



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUTO DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO DE ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO
AGRÍCOLA REGIONAL

**INCIDENCIA DEL GUSANO COGOLLERO *Spodoptera frugiperda*
SMITH EN OCOYUCAN, PUEBLA Y ACTIVIDAD BIOINSECTICIDA DE
SEMILLAS DE *Carica papaya* L. Y *Trichilia havanensis* JACQ.**

RODOLFO FIGUEROA BRITO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2011



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA EN
ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **RODOLFO FIGUEROA BRITO**, alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección de los Profesores **JESÚS FRANCISCO LÓPEZ OLGUÍN Y ARTURO HUERTA DE LA PEÑA**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis "**INCIDENCIA DEL GUSANO COGOLLERO *Spodoptera frugiperda* SMITH EN OCOYUCAN, PUEBLA Y ACTIVIDAD BIOINSECTICIDA DE SEMILLAS DE *Carica papaya* L. Y *Trichilia havanensis* JACQ**" y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, los Consejeros o Directores de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

II. Puebla de Zaragoza, Febrero de 2011.

Alumno
Rodolfo Figueroa Brito

Vo. Bo.
Dr. Jesús Francisco López Olguín

Vo. Bo.
Dr. Arturo Huerta de la Peña

*Nota: por favor llenar a máquina.

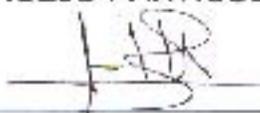
La presente tesis, titulada: **Incidencia del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* Smith en Ocoyucan, Puebla y actividad bioinsecticida de semillas de *Carica papaya* L. y *Trichilia havanensis* Jacq.**, realizada por el alumno: **Rodolfo Figueroa Brito**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



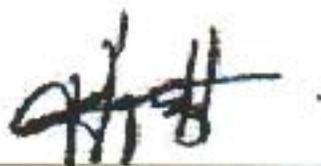
DR. ARTURO HUERTA DE LA PEÑA

ASESOR:



DR. JESÚS FRANCISCO LÓPEZ OLGUÍN

ASESOR:



DR. JOSÉ LÓPEZ COLLADO

ASESOR:



DR. ADRIAN ARGUMEDO MACÍAS

H. Puebla de Zaragoza, Febrero de 2011

INCIDENCIA DEL GUSANO COGOLLERO *Spodoptera frugiperda* SMITH EN
OCOYUCAN, PUEBLA Y ACTIVIDAD BIOINSECTICIDA DE SEMILLAS DE
Carica papaya L. Y *Trichilia havanensis* JACQ

Rodolfo Figueroa Brito, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2011

Resumen

El maíz es el principal cultivo de México y constituye la base de la alimentación de la población. Entre los factores que limitan la producción en este cultivo están los insectos plaga, destacando los daños ocasionados por el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*. Se evaluaron en laboratorio los productos naturales de las semillas de *Carica papaya* y *Trichilia havanensis* sobre *S. frugiperda* y su enemigo natural *Chrysoperla carnea*. En invernadero, se evaluó el sulfato de amonio (13.6 g), urea (6 g), fosfonitrato (6.56 g) y la vermicomposta con tierra negra (1:3) en bolsas de plástico (6 kg) junto con el extracto acuoso de semillas de *C. papaya* al 20 % en plantas de maíz. En campo, se entrevistaron 35 productores de maíz del municipio de Ocoyucan, Puebla, con el propósito de conocer el control tradicional del gusano cogollero y su relación con el manejo del cultivo. Los resultados mostraron que los ácidos linoléico, esteárico y la mezcla esteárico + palmítico de la papaya fueron tóxicos, inhibieron el peso larval, prolongaron el desarrollo larval-pupal y provocaron deformaciones en el gusano cogollero. En contraste, estos compuestos fueron inocuos a *C. carnea*. Un efecto similar ocasionaron los polvos de semillas de *T. havanensis* al ser tóxicos, inhibir el peso larval y prolongar el desarrollo larval-pupal de *S. frugiperda*; sin embargo, éstos no afectaron a *C. carnea*. El sulfato de amonio, la urea y el fosfonitrato estimularon a *S. frugiperda* para ocasionar mayor daño a la planta. No obstante, el sulfato de amonio + el extracto acuoso de semillas de *C. papaya* manifestaron el menor daño del insecto al maíz. Según opinión de productores el gusano cogollero *S. frugiperda*, el chapulín *Sphenarium* sp y la gallina ciega *Phyllophaga* spp son los principales insectos plaga en Ocoyucan, Puebla. Para el control de estas plagas, los productores aplican Malatión® (46.4 %), Paration Metílico® (15.7 %) y Diazinón® (44.5 %) respectivamente. El gusano cogollero, también causa daños a la cebolla, el frijol, el sorgo y el tomate, pero prefiere al maíz, al cual daña desde un 15 % en las hojas hasta un 90 % en el cogollo de la planta. En los cultivos señalados causa daños entre un 10-20 % en las hojas de la cebolla, sorgo, tomate y desde un 25 % en el ejote hasta un 65 % en las hojas del frijol.

Palabras clave: daño-maíz, manejo tradicional, Caricaceae, Meliaceae, productos naturales, actividad biológica, efectos secundarios, *Chrysoperla carnea*.

INCIDENCE OF FALL ARMYWORM *Spodoptera frugiperda* SMITH IN OCOYUCAN, PUEBLA AND BIOACTIVITY OF *Carica papaya* L. AND *Trichilia havanensis* JACQ. SEEDS

Rodolfo Figueroa Brito, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2011

Abstract

Maize is the main crop in Mexico and a staple food of the population. Among the factors limiting the crop production are insect pests, such as the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. In laboratory conditions, natural products of *Carica papaya* seeds and *Trichilia havanensis* were evaluated on *S. frugiperda* and its natural enemy *Chrysoperla carnea*. In greenhouse, I evaluated vermicompost, chemical fertilizers with nitrogen and a 20 % diluted aqueous extract of seeds of *C. papaya* in maize plants. I interviewed 35 corn producers from the Ocoyucan municipality, Puebla, to know the traditional control of *S. frugiperda* and its relationship to crop management. The effects on *S. frugiperda* showed that the linoleic acid, stearic acid and stearic + palmitic mixture of papaya were toxic, inhibited larval weight, delayed larval and pupal development and caused malformations. In contrast, these compounds were harmless to *C. carnea*. A similar effect caused seed powders of *T. havanensis* to be toxic, inhibiting the larval weight and delayed larval and pupal development of *S. frugiperda*, but they did not affect *C. carnea*. The sources of nitrogen stimulated *S. frugiperda* to cause damage to the plant. However, ammonium sulphate + aqueous extract of seeds of *C. papaya* showed the least insect damage to maize. The fall armyworm *S. frugiperda*, the grasshopper *Sphenarium* sp and white grubs *Phyllophaga* spp are major insect pests in Ocoyucan, Puebla. To control these pests, farmers apply Malathion® (46.4 %), Methyl Parathion® (15.7 %) and Diazinon® (44.5 %), respectively. The armyworm, also attacks onions, beans, sorghum and tomato, but prefers corn, which damage 15 % of leaves and up to 90 % of shoots in the plant. Damage to other crops, rang from 10-20 % in the leaves of onion, sorghum, tomato, 25 % in bean and 65 % in bean leaves.

Key words: damage-corn, traditional management, Caricaceae, Meliaceae, natural products, biological activity, secondary effects, *Chrysoperla carnea*.

A mis padres:

Raúl y Quintila

Para mis hermanos y hermanas

Alfredo

Verónica

María del Carmen

Raúl

María del Rosario

A mi esposa Paula Valente

Con mucho cariño para mi hija:

Mariadna Guadalupe

Para los hombres y mujeres que luchan
por construir un medio ambiente más sano.

Entre más conocimientos se obtienen,
más humildes deben ser las personas.
La humildad engrandece a los hombres y mujeres.

AGRADECIMIENTOS

A los doctores Jesús Francisco López Olguín, Arturo Huerta de la Peña, José López Collado, Adrián Argumedo Macías, Andrés Pérez Magaña y Laura Caso Barrera miembros de mi Consejo Particular por su apoyo académico para la realización de este trabajo.

Al Dr. Luis Ricardo Hernández Molina por su apoyo, que me brindo durante la realización de la parte fitoquímica de los productos naturales de *Trichilia havanensis*, en la Universidad de las Américas, Puebla.

A la Dra. Elisa Viñuela Sandoval, por haber aceptado dirigir mi estancia de investigación sobre efectos secundarios de ácidos grasos de *Carica papaya* en *Chrysoperla carnea*, en la Universidad Politécnica de Madrid.

Al presidente del comisariado ejidal, Sr. José Félix Concepción Montes Villa, al presidente de la comisión de vigilancia, Sr. José Gregorio Simón Flores y los productores de maíz de la comunidad del San Bernardino Chalchihuapan, San Hipólito Achiapa y Santa Clara Ocoyucan por su tiempo y la información proporcionada.

A Héctor Huerta de la Peña, por su colaboración.

A Isaac y Elizabeth, a la familia Huerta de la Peña y a la señora Rosa por su amistad para que nuestra estancia fuera más placentera.

A CONACYT por haber proporcionado el financiamiento para llevar a cabo esta investigación.

A las autoridades del Instituto Politécnico Nacional por otorgarme las facilidades para cursar este postgrado.

Al Colegio de Postgraduados, por haberme abierto las puertas para concretar mi postgrado.

CONTENIDO

| | Página |
|---|--------|
| INTRODUCCIÓN GENERAL | 1 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 1 |
| 2. OBJETIVOS..... | 3 |
| 3. HIPÓTESIS..... | 3 |
| 4. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 4 |
| 4.1. <i>Spodoptera frugiperda</i> | 4 |
| 4.1.1. Daños al maíz..... | 4 |
| 4.1.2. Control químico..... | 5 |
| 4.2. Manejo agroecológico para una agricultura sostenible..... | 5 |
| 4.2.1. Manejo agroecológico para el control de plagas..... | 6 |
| 4.2.2. Manejo agroecológico para el control de <i>Spodoptera frugiperda</i> | 7 |
| 4.2.2.1. Prácticas agrícolas..... | 7 |
| 4.2.2.2. Labranza cero o de conservación..... | 7 |
| 4.2.2.3. Fecha y densidad de siembra..... | 7 |
| 4.2.2.4. Siembra en asociación..... | 8 |
| 4.2.2.5. Policultivos..... | 8 |
| 4.2.2.6. Rotación de cultivos..... | 8 |
| 4.2.2.7. Variedades resistentes..... | 8 |
| 4.2.2.8. Fertilización orgánica..... | 9 |
| 4.2.2.9. Control mecánico..... | 9 |
| 4.2.2.10. Control biológico..... | 9 |
| 4.2.2.10.1. Entomopatógenos..... | 9 |
| 4.2.2.10.2. Entomófagos..... | 10 |

| | |
|---|----|
| 4.2.2.10.2.1. Parasitoides..... | 10 |
| 4.2.2.10.2.2. Depredadores..... | 11 |
| 4.2.2.11. Control botánico..... | 12 |
| 4.2.2.11.1. Laboratorio..... | 12 |
| 4.2.2.11.2. Invernadero..... | 15 |
| 4.2.2.11.3. Campo..... | 15 |
| 4.2.2.11.4. Uso de insecticidas vegetales en Puebla..... | 17 |
| 4.2.2.11.5. Estudios con <i>Carica papaya</i> (L.) (Caricaceae)..... | 17 |
| 4.2.2.11.6. Estudios con <i>Trichilia havanensis</i> (Jacq.) (Meliaceae)..... | 20 |
| 4.3. Efectos secundarios de insecticidas botánicos sobre <i>Chrysoperla carnea</i> | 21 |
| 5. MATERIALES Y MÉTODOS GENERALES..... | 23 |
| 5.1. Etapa de laboratorio..... | 23 |
| 5.1.1. Colecta y cría de <i>Spodoptera frugiperda</i> | 24 |
| 5.1.2. Obtención de cría de <i>Chrysoperla carnea</i> | 24 |
| 5.1.3. Obtención de extractos acuosos y compuestos de <i>Carica papaya</i> | 24 |
| 5.1.4. Obtención de polvo y extracto acuoso de <i>Trichilia havanensis</i> | 24 |
| 5.1.5. Bioensayo general para <i>Spodoptera frugiperda</i> | 25 |
| 5.1.6. Bioensayos generales para <i>Chrysoperla carnea</i> | 26 |
| 5.2. Etapa de invernadero..... | 26 |
| 5.2.1. Obtención de fertilizantes químicos, vermicomposta, semillas de maíz y cría de <i>Spodoptera frugiperda</i> | 26 |
| 5.2.2. Obtención del extracto acuoso de semillas de <i>Carica papaya</i> | 26 |
| 5.2.3. Bioensayo en invernadero..... | 26 |
| 5.3. Etapa de campo..... | 27 |
| 5.3.1. Encuesta..... | 27 |

| | |
|---|----|
| 5.4. Análisis estadísticos..... | 28 |
| CAPITULO I. ACTIVIDAD INSECTICIDA DE COMPUESTOS DE <i>Carica papaya</i> (L.) SOBRE EL GUSANO COGOLLERO <i>Spodoptera frugiperda</i> SMITH (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) | 30 |
| Resumen..... | 30 |
| Abstract..... | 30 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 31 |
| 2. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 32 |
| 2.1. Colecta y cría de <i>Spodoptera frugiperda</i> | 32 |
| 2.2. Obtención de compuestos puros..... | 32 |
| 2.3. Bioensayo..... | 33 |
| 3. RESULTADOS..... | 34 |
| 3.1. Mortalidad del insecto..... | 34 |
| 3.2. Peso larval (7-14 días)..... | 35 |
| 3.3. Desarrollo larval y pupal (expresado en días)..... | 37 |
| 3.4. Porcentaje de deformaciones del insecto..... | 37 |
| 4. DISCUSIÓN..... | 38 |
| 4.1. Mortalidad del insecto..... | 38 |
| 4.2. Peso larval (7-14 días)..... | 39 |
| 4.3. Desarrollo larval y pupal (expresado en días)..... | 40 |
| 4.4. Porcentaje de deformaciones del insecto..... | 41 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 42 |
| 6. LITERATURA CITADA..... | 42 |

| | |
|--|----|
| CAPITULO II. COMPATIBILIDAD DE <i>Chrysoperla carnea</i> (STEPHENS) CON SEMILLAS DE <i>Trichilia havanensis</i> (JACQ.) Y <i>Carica papaya</i> (L.) | 47 |
| Resumen..... | 47 |
| Abstract..... | 47 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 48 |
| 2. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 49 |
| 2.1. Cría de <i>Chrysoperla carnea</i> | 49 |
| 2.2. Obtención de extractos acuosos de <i>Carica papaya</i> y <i>Trichilia havanensis</i> | 50 |
| 2.3. Obtención de ácidos grasos de <i>Carica papaya</i> | 50 |
| 2.4. Tratamientos..... | 50 |
| 2.4.1. Ensayo por inmersión de huevos de <i>Chrysoperla carnea</i> | 51 |
| 2.4.2. Ensayo residual de larvas L ₂ y adultos de <i>Chrysoperla carnea</i> | 51 |
| 2.4.3. Análisis estadístico..... | 53 |
| 3. RESULTADOS..... | 53 |
| 3.1. Ensayo por inmersión de huevos de <i>Chrysoperla carnea</i> | 53 |
| 3.1.1. Efectos en la supervivencia..... | 53 |
| 3.1.2. Efectos en la reproducción..... | 54 |
| 3.2. Ensayo residual en larvas L ₂ y adultos de <i>Chrysoperla carnea</i> | 56 |
| 3.2.1. Efectos en la supervivencia..... | 56 |
| 3.2.2. Efectos en la reproducción..... | 56 |
| 4. DISCUSIÓN..... | 58 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 63 |
| 6. LITERATURA CITADA..... | 64 |

| | |
|--|-----------|
| CAPITULO III. FUENTES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y ACTIVIDAD INSECTICIDA DEL EXTRACTO ACUOSO DE <i>Carica papaya</i> L. SOBRE <i>Spodoptera frugiperda</i> SMITH EN MAÍZ..... | 70 |
| Resumen..... | 70 |
| Abstract..... | 70 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 71 |
| 2. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 73 |
| 2.1. Colecta y cría de <i>Spodoptera frugiperda</i> | 73 |
| 2.2. Obtención del extracto acuoso de semillas de <i>Carica papaya</i> | 73 |
| 2.3. Obtención de los sustratos y semillas de maíz..... | 74 |
| 2.4. Bioensayo..... | 74 |
| 3. RESULTADOS..... | 75 |
| 3.1. Porcentaje de germinación..... | 75 |
| 3.2. Longitud de segunda y quinta hoja del maíz..... | 75 |
| 3.3. Tamaño del tallo y altura de plantas de maíz..... | 76 |
| 3.4. Estimación del daño de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> al maíz..... | 77 |
| 4. DISCUSIÓN..... | 78 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 81 |
| 6. LITERATURA CITADA..... | 81 |
| CAPITULO IV. ACTIVIDAD INSECTICIDA DE <i>Trichilia havanensis</i> JACQ. (MELIACEAE) SOBRE LARVAS DE <i>Spodoptera frugiperda</i> (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)..... | 87 |
| Resumen..... | 87 |
| Abstract..... | 87 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 88 |

| | |
|--|------------|
| 2. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 89 |
| 2.1. Colecta y cría de <i>Spodoptera frugiperda</i> | 89 |
| 2.2. Obtención de polvos vegetales..... | 90 |
| 2.3. Bioensayo 1..... | 90 |
| 2.4. Bioensayo 2..... | 90 |
| 2.5. Análisis estadísticos..... | 91 |
| 3. RESULTADOS..... | 91 |
| 3.1. Bioensayo 1..... | 91 |
| 3.2. Bioensayo 2..... | 92 |
| 4. DISCUSIÓN..... | 93 |
| 5. CONCLUSIÓN..... | 96 |
| 6. LITERATURA CITADA..... | 96 |
| CAPITULO V. MANEJO DEL CULTIVO DE MAÍZ E INCIDENCIA Y CONTROL DEL GUSANO COGOLLERO <i>SPODOPTERA FRUGIPERDA</i> (SMTH) EN OCOYUCAN, PUEBLA..... | 101 |
| Resumen..... | 101 |
| Abstract..... | 102 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 103 |
| 2. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 104 |
| 2.1. Marco geográfico de la investigación..... | 104 |
| 2.2. Municipio de Ocoyucan..... | 105 |
| 2.2.1. Localidad San Bernardino Chalchihuapan..... | 106 |
| 2.2.2. Localidad San Hipólito Achiapa..... | 106 |
| 2.2.3. Localidad Santa Clara Ocoyucan..... | 107 |
| 2.3. Encuesta..... | 107 |

| | |
|--|-----|
| 3. RESULTADOS..... | 108 |
| 3.1. Estructura agraria..... | 108 |
| 3.2. Manejo de cultivo..... | 108 |
| 3.2.1. Preparación de terreno..... | 109 |
| 3.2.2. Siembra y fertilización..... | 109 |
| 3.2.3. Insectos plagas..... | 110 |
| 3.2.4. Malas hierbas..... | 115 |
| 3.2.5. Enfermedades..... | 118 |
| 3.2.6. Prácticas agrícolas..... | 119 |
| 3.2.7. Costo-Beneficio del maíz..... | 119 |
| 3.3. Preferencia de <i>Spodoptera frugiperda</i> a cultivos agrícolas..... | 121 |
| 4. DISCUSIÓN..... | 122 |
| 4.1. Estructura agraria..... | 122 |
| 4.2. Manejo de cultivo..... | 122 |
| 4.2.1. Preparación de terreno..... | 122 |
| 4.2.2. Siembra y fertilización..... | 122 |
| 4.2.3. Insectos plagas..... | 123 |
| 4.2.4. Malas hierbas..... | 124 |
| 4.2.5. Enfermedades..... | 125 |
| 4.2.6. Prácticas agrícolas..... | 125 |
| 4.2.7. Costo-Beneficio del maíz..... | 126 |
| 4.3. Preferencia de <i>Spodoptera frugiperda</i> a cultivos agrícolas..... | 126 |
| 4.4. Estrategia para el control de <i>Spodoptera frugiperda</i> | 127 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 133 |

| | |
|------------------------------------|------------|
| 6. LITERATURA CITADA..... | 134 |
| CONCLUSIONES GENERALES..... | 144 |
| LITERATURA CITADA..... | 147 |
| APÉNDICE..... | 180 |

INDICE DE CUADROS

| | Página |
|--|--------|
| INTRODUCCIÓN GENERAL | |
| Cuadro 1 Plantas activas de Puebla ($\geq 50\%$) sobre <i>Spodoptera frugiperda</i> | 18 |
| CAPITULO I | |
| Cuadro 1 Mortalidad (\pm EE) del primer estadio larval de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentado con dieta artificial a diferentes concentraciones de ácidos grasos de <i>Carica papaya</i> | 35 |
| Cuadro 2 Peso y desarrollo (\pm EE) de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentado con dieta artificial con diferentes concentraciones de ácidos grasos de <i>Carica papaya</i> | 36 |
| Cuadro 3 Deformaciones de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentado con dieta artificial con diferentes concentraciones de ácidos grasos de <i>Carica papaya</i> | 37 |
| CAPITULO II | |
| Cuadro 1 Mortalidad (\pm EE) de huevos de <i>Chrysoperla carnea</i> tratada con 50, 100 y 1000 ppm de compuestos de semillas de <i>Carica papaya</i> en ensayo de inmersión de huevos..... | 54 |
| Cuadro 2 Efectos en la reproducción de <i>Chrysoperla carnea</i> (\pm EE) en ensayo de inmersión de huevos con extractos acuosos de <i>Carica papaya</i> y <i>Trichilia havanensis</i> | 55 |
| Cuadro 3 Efectos en la reproducción de <i>Chrysoperla carnea</i> (\pm EE) en ensayo de inmersión de huevos con compuestos de semillas de <i>Carica papaya</i> | 56 |
| Cuadro 4 Mortalidad (\pm EE) de <i>Chrysoperla carnea</i> tratada con 50, 100 y 1000 ppm de compuestos de semillas de <i>Carica papaya</i> en ensayo residual. (A) Larva L ₂ . (B) Adulto..... | 57 |

| | | |
|----------|--|----|
| Cuadro 5 | Efectos en reproducción de <i>Chrysoperla carnea</i> (\pm EE) en ensayo residual de larvas (L ₂) y adultos con compuestos de semillas de <i>Carica papaya</i> | 57 |
|----------|--|----|

CAPITULO III

| | | |
|----------|--|----|
| Cuadro 1 | Longitud de hoja, diámetro del tallo y altura del maíz tratado con fertilización química o orgánica, con o sin extracto acuoso de semillas de <i>Carica papaya</i> | 76 |
|----------|--|----|

| | | |
|----------|---|----|
| Cuadro 2 | Estimación de daño de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> en maíz..... | 77 |
|----------|---|----|

CAPITULO IV

| | | |
|----------|--|----|
| Cuadro 1 | Mortalidad (\pm EE) de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentadas con dieta artificial, tratadas con polvos de semilla, pericarpio y semilla + pericarpio de <i>Trichilia havanensis</i> al 15 %..... | 91 |
|----------|--|----|

| | | |
|----------|---|----|
| Cuadro 2 | Mortalidad (\pm EE) de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentadas con dieta artificial, tratadas con polvos de semilla, pericarpio y semilla + pericarpio de <i>Trichilia havanensis</i> al 10 y 15 %..... | 92 |
|----------|---|----|

CAPITULO V

| | | |
|----------|--|-----|
| Cuadro 1 | Estructura agraria de parcelas de cultivo de tres localidades del municipio de Ocoyucan, Puebla, México..... | 109 |
|----------|--|-----|

| | | |
|----------|--|-----|
| Cuadro 2 | Preparación del terreno para el cultivo de maíz en tres localidades del municipio de Ocoyucan, Puebla, México..... | 109 |
|----------|--|-----|

| | | |
|----------|--|-----|
| Cuadro 3 | Siembra y fertilización de maíz en tres localidades del municipio de Ocoyucan, Puebla, México..... | 110 |
|----------|--|-----|

| | | |
|----------|--|-----|
| Cuadro 4 | Utilización de insecticidas en el cultivo de maíz en San Bernardino Chalchihuapan, Ocoyucan, Puebla, México..... | 111 |
|----------|--|-----|

| | | |
|----------|--|-----|
| Cuadro 5 | Utilización de insecticidas en el cultivo de maíz en San Hipólito Achiapa, Ocoyucan, Puebla, México..... | 113 |
|----------|--|-----|

| | | |
|----------|--|-----|
| Cuadro 6 | Utilización de insecticidas en el cultivo de maíz en Santa Clara Ocoyucan, Ocoyucan, Puebla, México..... | 115 |
|----------|--|-----|

| | | |
|-----------|---|-----|
| Cuadro 7 | Utilización de herbicidas en el cultivo de maíz en San Bernardino Chalchihuapan, Ocoyucan, Puebla, México..... | 117 |
| Cuadro 8 | Utilización de herbicidas en el cultivo de maíz en San Hipólito Achiapa, Ocoyucan, Puebla, México..... | 117 |
| Cuadro 9 | Utilización de herbicidas en el cultivo de maíz en Santa Clara Ocoyucan, Ocoyucan, Puebla, México..... | 118 |
| Cuadro 10 | Utilización de fungicidas en el cultivo de maíz en San Bernardino Chalchihuapan, Ocoyucan, Puebla, México..... | 118 |
| Cuadro 11 | Prácticas agrícolas utilizadas en el cultivo de maíz en tres localidades del municipio de Ocoyucan, Puebla, México..... | 119 |
| Cuadro 12 | Rendimiento y costo-beneficio del cultivo de maíz en tres localidades del municipio de Ocoyucan, Puebla, México..... | 120 |
| Cuadro 13 | Destino de la cosecha de maíz en tres localidades del municipio de Ocoyucan, Puebla, México..... | 120 |
| Cuadro 14 | Tipo de ganado y porcentaje de cabezas que poseen los productores de tres localidades del municipio de Ocoyucan, Puebla, México..... | 121 |
| Cuadro 15 | Preferencia de cultivo y control químico de <i>Spodoptera frugiperda</i> en tres localidades del municipio de Ocoyucan, Puebla, México..... | 121 |

INDICE DE FIGURAS

Página

CAPITULO I

- Figura 1 Mortalidad (\pm EE) del primer estadio larval de *Spodoptera frugiperda* alimentado con dieta artificial con ácidos grasos de *Carica papaya*..... 34
- Figura 2 Mortalidad (\pm EE) del primer estadio larval de *Spodoptera frugiperda* alimentado con dieta artificial por concentración..... 34

CAPITULO III

- Figura 1 Porcentaje de germinación de maíz “San Juan” con tierra negra o mezclada con vermicomposta..... 75

CAPITULO V

- Figura 1 Ubicación geográfica de las localidades de estudio del municipio de Ocoyucan, Puebla..... 105
- Figura 2 Conjunto de estrategias como tecnología alternativa del manejo agroecológico para el insecto plaga *Spodoptera frugiperda* en maíz..... 128

INTRODUCCIÓN GENERAL

El maíz *Zea mays* L. (Poaceae) es un cereal de gran importancia en México porque forma parte de la dieta básica de sus habitantes. México, con una población de más de 107.6 millones de habitantes (INEGI, 2009), tiene un consumo per cápita de 284 g / día (FAO, 2006). Hoy en día, la tortilla -hecha de harina de maíz- en México suministra más de la mitad de las calorías y una tercera parte de las proteínas consumidas, cifras que aumentan en las zonas rurales al 65 % y hasta un 70 %, respectivamente (FAO, 2004).

De igual manera, este grano es materia prima fundamental en diversos procesos productivos, por ejemplo, la industria de la masa y la tortilla, alimentos balanceados, frituras, botanas; asimismo algunas industrias químicas elaboran jarabe alto en fructuosa, bioetanol, aceite comestible, bebidas alcohólicas y ácido láctico con base de maíz (CEDRSSA, 2006).

A nivel mundial, en 2005, se sembraron 145,209 mil hectáreas de maíz, con una producción de 712,334 mil toneladas. En México, en el 2006 se sembraron 7, 807, 340 hectáreas, de las cuales 7, 294, 842 fueron cosechadas con una producción de 21, 893, 209 toneladas, con un valor de 44,017.4 millones de pesos. En tanto, el consumo nacional aparente (exportaciones-importaciones) para este mismo año fue de 7,567 millones de toneladas de maíz, con un valor de 1, 091.16 millones de dólares, las cuales se adquirieron de EU para satisfacer la demanda interna de nuestro país (FAO, 2006).

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una de las limitantes del cultivo del maíz son los insectos plaga, debido a que lo atacan desde la raíz hasta la parte apical de la planta.

El gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) es la principal plaga del maíz en México, tanto por su amplia distribución como por el daño que causa a la planta en todas sus fases de desarrollo. Ataca preferentemente la parte del cogollo del maíz, impidiendo el crecimiento y ocasionando pérdidas considerables en la producción. Los productores aplican insecticidas químicos para controlar a este insecto, pero aumentan la dosis y reducen el intervalo de aplicación de los químicos, lo

cual ocasiona que *S. frugiperda* forma resistencia a estos productos. Además los insecticidas químicos también pueden causar efectos secundarios a los enemigos naturales de *S. frugiperda*, por ejemplo, la crisopa *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) (Medina *et al.*, 2003a).

Es necesario evaluar alternativas menos dañinas que los insecticidas químicos que no causen daños al ambiente, como los extractos y otros productos naturales con estructuras novedosas, biodegradables y que mantengan la biodiversidad. Los productos de origen natural, como el nim, son menos dañinos para humanos y muchos artrópodos benéficos, los cuales pueden ser usados en programas de manejo de insectos plaga por ser compatibles con organismos no blanco, tales como depredadores, parasitoides y polinizadores.

En estudios anteriores se han evaluado diferentes partes de plantas mexicanas en forma de polvo al 15 % incorporados en una dieta artificial de *S. frugiperda* las semillas de *Carica papaya* L. (Caricaceae) variedades Mamey, Maradol, Amarilla y/o Hawaiana presentaron un efecto tóxico sobre *S. frugiperda* (Figueroa-Brito *et al.*, 1998, 1999, 2000; Franco, 2006, *et al.*, 2006) éstas han sido evaluadas en invernadero (Figueroa-Brito, 2002, García, 2004) y/o se han fraccionado (Franco, 2006) y purificado sus compuestos (Figueroa-Brito, 2002, *et al.*, 2002a,b,c) con actividad de varios mezclas de compuestos sobre *S. frugiperda*.

Con *Trichilia havanensis* Jacq. (Meliaceae) se ha evaluado un pulverizado del fruto al 1 y 5 % sobre larvas recién nacidas de *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae). La mortalidad de las larvas de *S. littoralis* fue significativa con el polvo de *T. havanensis* al 5 %. La ingestión de dieta con *T. havanensis* (1 y 5 %) indujo una reducción significativa en el peso en las larvas y un importante retrasó en su desarrollo (López-Olguín *et al.*, 1997). Respecto a *S. frugiperda*, el extracto clorofórmico de semillas de *Trichilia havanensis* (Jacq.) así como varias mezclas de compuestos presentaron efecto tóxico (Rosas-Alfaro, 2010).

Sin embargo aún no se ha identificado el ingrediente activo de *C. papaya* y *T. havanensis* contra *S. frugiperda*, por lo que se requiere continuar investigaciones para

aislar y purificar el o los compuestos presentes para determinar sus principios activos sin que estos afecten a su enemigo natural *C. carnea*.

El conducto de esta investigación fue la búsqueda de respuesta a las siguientes preguntas:

¿En un proceso exploratorio de las semillas de *C. papaya* y *T. havanensis*, cuáles son sus ingredientes activos en larvas de *S. frugiperda*?

¿Cómo afectan estos ingredientes activos a su depredador *C. carnea*?

¿Con cuál tipo de fertilización: química u orgánica y aplicación del extracto acuoso de papaya se disminuye más el porcentaje de daño del gusano cogollero en plantas de maíz en invernadero?

¿Cuál es el porcentaje de daño causado por el *S. frugiperda* y cuál es el conocimiento campesino del manejo del maíz para su control?

2. OBJETIVOS

1.- Evaluar los compuestos puros de *Carica papaya*, así como el polvo de *Trichilia havanensis*, sobre larvas de *Spodoptera frugiperda* en laboratorio.

2.- Evaluar los extractos acuosos y compuestos puros de *Carica papaya* y extractos acuosos de *Trichilia havanensis*, sobre la supervivencia y fecundidad de *Chrysoperla carnea*.

3.- Estimar el daño del gusano cogollero en plantas de maíz tratadas con extracto de papaya y aplicación de fertilizantes químicos nitrogenados y vermicomposta en invernadero.

4.- Conocer el control tradicional del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* y su relación con el manejo del cultivo.

3. HIPÓTESIS

3.1. Los productos naturales de *Carica papaya* y *Trichilia havanensis* son activos en *Spodoptera frugiperda* y no afectan a *Chrysoperla carnea*.

3.2. La aplicación del extracto acuoso de papaya y fertilización orgánica protegen a las plantas de maíz del daño ocasionado por *Spodoptera frugiperda* en invernadero.

3.3. Con el conocimiento campesino del maíz, se puede innovar el control de *Spodoptera frugiperda* con un manejo agroecológico sin afectar al ambiente.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

El maíz *Zea mays* L. (Poaceae) es uno de principales cultivos que ocupan la mayor superficie sembrada a nivel mundial porque su producción se utiliza en la alimentación humana.

El cultivo de maíz tiene varios usos: alimento, forraje, aceite, etc. pero una de sus limitantes son los insectos plaga debido a que lo atacan desde la raíz hasta la parte apical de la planta, siendo el gusano cogollero *S. frugiperda* su principal plaga.

4.1. *Spodoptera frugiperda*. El gusano cogollero es la principal plaga del maíz en México y otros países de América. Este insecto es un gran problema en zonas tropicales y subtropicales de clima cálido, como los estados de Sonora, Michoacán, Guerrero, Morelos, Oaxaca, Veracruz, Quintana Roo, Yucatán y Puebla. Es una especie polífaga que infesta muchas plantas cultivadas como sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.), pastos, solanáceas, amarilidáceas, quenopodiáceas, fabáceas y crucíferas.

4.1.1. Daños al maíz. El daño es ocasionado por la larva, la cual recién nacida se alimenta de el envés de las hojas realizando perforaciones, posteriormente se dispersa y penetra al cogollo de la planta ocasionando una disminución del crecimiento, marchitamiento y la muerte de la planta. En infestaciones severas en plantas pequeñas actúa como trozador o barrenador, cortando o minando los tallos a nivel del suelo del maíz, impidiendo con esto un buen crecimiento. En plantas grandes ataca la floración, espiga y el elote en formación, lo que propicia pérdidas en la producción de 20 a 100 % (Del Rincón *et al.*, 2006).

En el estado de Puebla se reporta que el gusano cogollero del maíz es uno de los principales problemas entomológicos en la zona de Amatlán, Puebla porque afecta un 28 % de las plantas (Aragón, 1987; López-Olguín y Aragón, 1987). Este insecto ocasiona pérdidas de 310, 358 y 604 kg / ha, equivalentes al 10.8, 12.5 y 21.1 % de la

producción con niveles de daño leve, moderado y severo, respectivamente (Hernández, 1988). El nivel de daño económico de la plaga en la zona de Amatlán, resultó ser de 11.54, 9.97 y 5.92 % y el umbral económico de 10.54, 8.97 y 4.94 % de plantas atacadas para los niveles de daño respectivos. Con estos resultados se concluyó que el gusano cogollero del maíz ocasionó pérdidas de importancia económica para los productores de la región (Hernández, 1988).

4.1.2. Control químico. Para contrarrestar el daño causado por este insecto, sus poblaciones han sido controladas por insecticidas y los primeros productos utilizados para su control fueron a base de arsénico (Esmenjaud, 1984). Posteriormente otros productos fueron usados como los carbamatos (Metomyl®), organofosforados (Parathion®, Phosalone® y Chlrofenvinfos®), órgano-halógenos (Endosulfan® y Toxafeno®) y piretroides (Delta-metrina® y Cypermetrina®) (Severini, 1985).

En México, el organofosforado Clorpirifos® (concentrado emulsificable, 0.7 kg / ha) como los carbamatos Carbaril® (polvo humectable, 1 kg / ha) y Cabofuran® (granulado 2-2.5 L / ha) están siendo utilizados en el cultivo de maíz (Lagunes y Rodríguez, 1988). En los últimos 20 años Bahena *et al.* (2003) reportan que el uso de los insecticidas químicos ha predominado para el control de *S. frugiperda* lo que indujo al desarrollo de resistencia por primera vez a los carbamatos Carbaryl® (Young y McMillian, 1979) y Metomyl® (Morrillo y Notz, 2001), a los organofosforados (Pacheco-Covarrubias, 1993) como el Parathion® (Wood *et al.*, 1981), a piretroides (Yu, 1991) como la Lambdacihalotrina® (Morrillo y Notz, 2001) y permetrinas (Wood *et al.*, 1981). Este insecto presenta cierta capacidad de desintoxicación, por oxidación microsomal, de enzimas esterasas y transferasas ligadas a la edad de las larvas, presentando mecanismos de resistencia múltiple (Yu, 1992). Ante la resistencia y los problemas que ocasionan los insecticidas químicos al ambiente, se han usado otros tipos de control para *S. frugiperda*.

4.2. Manejo agroecológico para una agricultura sostenible. Debido a la crisis ecológica provocada por los sistemas convencionales de producción basados en el monocultivo y altos insumos ha surgido como alternativa la agricultura sustentable, con una conversión agroecológica de sistemas que se basen en consumos locales e

internos, con un manejo diversificado. No se trata de la eliminación de los insumos externos sin un reemplazo compensatorio o alternativo que equilibre el sistema, sino un proceso de transición en el que intervienen: 1) la eliminación progresiva de los insumos químicos; 2) el racionamiento del uso agroquímico mediante el manejo integrado de plagas (MIP) y nutrientes; 3) la sustitución de insumos agroquímicos por otros alternativos de baja energía y de carácter biológico y 4) el rediseño diversificado de los sistemas agrícolas con un óptimo equilibrio de cultivos y animales, estimulando sinergismos de manera que el sistema pueda subsidiar su propia fertilidad, permita la regulación natural de plagas y optimice la producción de cultivos (Altieri, 1996).

La agroecología proporciona métodos para un análisis más profundo e integral de la agricultura. La agroecología ha redimensionado los conceptos y principios de la protección de las plantas, entendiendo el comportamiento de las plagas y tratar de mitigar sus consecuencias a través del MIP sustituyendo los insumos químicos por biológicos, entre otras alternativas, para favorecer el tránsito hacia la sustentabilidad.

Inclusive, el Manejo Integrado de Plagas (MIP) se nutre de métodos agroecológicos los cuales contribuyen a nuevos enfoques en las prácticas agrícolas. Por ello, ha surgido con fuerza el concepto de Manejo Agroecológico de Plagas (MAP), el cual es similar en esencia al MIP, salvo que excluye el uso de los agroquímicos. El MAP incluye varias prácticas de manejo y entre las cuales se encuentra el uso de productos alternativos como extractos de plantas con propiedades repelentes, disuasivos a la alimentación o tóxicos como la aplicación de insecticidas biológicos, que por su origen no resultan ser contaminantes y tienen un efecto sobre algún estado de desarrollo de los insectos plaga (Bahena, 2003).

4.2.1. Manejo agroecológico para el control de plagas. En un sentido restringido Hecht (1996), señala que la agroecología se refiere al estudio de fenómenos netamente ecológicos dentro del campo de cultivos, tales como las relaciones depredador-presa, o competencia de cultivo-maleza. O bien, otras interacciones de tipo antagonistas como cultivo-patógeno, cultivo-plaga donde el hombre invierte grandes cantidades de energía para controlarlas.

4.2.2. Manejo agroecológico para el control de *Spodoptera frugiperda*. Ante la resistencia y los problemas que ocasionan los insecticidas químicos al ambiente, se ha usado otros tipos de control para *S. frugiperda* como el uso de prácticas de cultivo, labranza cero o de conservación, fecha y densidad de siembra, siembra en asociación, policultivos, rotación de cultivos, resistencia vegetal, abonos orgánicos, como los controles: mecánico, biológico y botánico.

4.2.2.1. Prácticas agrícolas. Para disminuir la presencia de *S. frugiperda* se recomiendan las labores de barbecho y rastreos para destruir las pupas invernales, ayudan a disminuir su densidad poblacional al ser expuestas a condiciones adversas, reduciendo las poblaciones en el siguiente ciclo agrícola (Morón y Terrón, 1988).

4.2.2.2. Labranza cero o de conservación. La preparación de suelos favorece o perjudica a las poblaciones de los insectos. Con una disminución de la labranza se disminuye el porcentaje de plantas dañadas por *S. frugiperda*, porque en labranza convencional fluctuó de 11 a 20 % y en labranza de conservación de 2 a 4 %, durante los 50 días posteriores a la emergencia del maíz (Bolaños-Espinoza *et al.*, 2001). Gregory y Raney (1981) señalaron que los daños causados por el gusano cogollero fueron mayores en maíz cultivado bajo el sistema convencional que en el de conservación. De la misma manera, Shenk y Saunders (1984) reportaron que las infestaciones por *S. frugiperda* fueron reducidas en labranza cero con relación con las infestaciones que se presentaron en labranza convencional. Los porcentajes de plantas infestadas fueron de 26.6, 24.6 y 7.7 %, en labranza convencional, siembra directa previo un pase de cincel y en siembra directa, respectivamente (Piñango *et al.*, 2001).

4.2.2.3. Fecha y densidad de siembra. En el cultivo de maíz, por ejemplo, con un cambio de fecha de siembra se rompe la sincronía entre la fenología del cultivo y el gusano cogollero lo que tardará su establecimiento en el cultivo. Sembrar tres días antes de la luna llena ayuda a escapar del ataque del cogollero, ya que la germinación ocurre cuando hay menos ataque de larvas grandes; además, las plantas sembradas en este tiempo son más vigorosas y resistentes al daño de cogollero y otras plagas. Con un alargamiento de la densidad de siembra entre mata y mata del maíz se evita la infestación de las larvas de *S. frugiperda* a otras plantas, por su comportamiento gregario.

4.2.2.4. Siembra en asociación. La siembra de maíz-yuca intercalada a diferentes distancias (0.90 x 1.00, 1.40 x 1.00 y 1.80 x 1.00 m) demostró que los niveles de *S. frugiperda* disminuyeron respecto al monocultivo (Mojena *et al.*, 2000).

4.2.2.5. Policultivos. En el maíz se han generado aportaciones a través del conocimiento campesino como la siembra de policultivos maíz-frijol-calabaza, porque el frijol fija nitrógeno necesario para el maíz y la calabaza, por ser una planta rastrera mantiene la humedad del suelo. Existen algunas experiencias donde se ha demostrado cómo el maíz intercalado con frijol, haba o bien estudiando el complejo natural de malezas, aumentó el número de insectos benéficos y provocó una interferencia en la colonización de *S. frugiperda*; del mismo modo se observó como la presencia del parasitoide *Meteorus* spp fue mayor en los policultivos en comparación con el monocultivo (Altieri, 1992).

4.2.2.6. Rotación de cultivos. El uso de la rotación de cultivos interrumpe el ciclo biológico de *S. frugiperda*, por ejemplo, maíz con leguminosas, especialmente frijoles de cobertura (Ríos y Baca, 2002).

4.2.2.7. Variedades resistentes. El uso de plantas resistentes es un método viable para el manejo de *S. frugiperda*, ya que ofrece una alternativa biológica, económica y ambiental al control químico. Este método utiliza genotipos que presentan una oposición al ataque de esta plaga y mecanismos de selección de germoplasma de líneas con resistencia de maíz a la alimentación de sus hojas por *S. frugiperda* (Williams y Davis, 1989; Williams *et al.*, 1990), como la antibiosis (bajo peso) y no preferencia (pocas larvas por planta y pocas larvas prefiriendo muestras de hojas) (Wiseman *et al.*, 1996a). Se han realizado investigaciones en laboratorio con estigmas (cabellos) de maíces resistentes “Zapalote chico”, “Zacalote chico” # 2451 (PC3)” o maíces susceptibles “Stoneweell’s Evergreen” (Molina-Ochoa *et al.*, 2001). A nivel de campo se han realizado infestaciones de larvas de *S. frugiperda* en maíces resistentes y susceptibles (Wiseman *et al.*, 1996b). En estas investigaciones se ha visto la inhibición de la alimentación (Chang *et al.*, 1987), prolongación del desarrollo de la larva (Carpenter y Wiseman, 1999), pupa, hasta la emergencia del adulto y reducción del peso de la larva, pupa (Abel *et al.*, 2000) y viabilidad.

4.2.2.8. Fertilización orgánica. El uso de sistemas orgánicos mejora la salud de las plantas y disminuye los problemas de malezas, insectos plaga y enfermedades porque se rompen sus ciclos de vida (Altieri y Nicholls, 2000, 2003; Nicholls y Altieri, 2005). En Brasil se recomienda fertilizar el maíz con biofertilizante para fortalecer al cultivo y disminuir el daño de *S. frugiperda*. La aplicación de 20 m³ ha⁻¹ de biofertilizante, efluente de biodigestor, a los 29, 36 y 46 días después de la siembra de maíz, disminuye significativamente el daño de gusano cogollero a 1.8 en comparación a 2.6 del testigo, en una escala de daño del 0 al 5, en Jaboticabal, SP, Brasil (Bortoli *et al.*, 1987).

4.2.2.9. Control mecánico. Eliminación de gramíneas silvestres que le sirven de hospederos alternativos. Apretar con las manos el cogollo de las plantas afectadas, de esta forma se eliminan las larvas. Aplicación de arena en el cogollo, cortar y enterrar hojas y frutos dañados. Destruir rastros durante la época seca, ya sea por incorporación o por quema, esto destruye larvas en diapausa. La finalidad es disminuir un crecimiento poblacional de *S. frugiperda* (Ríos y Baca, 2002).

4.2.2.10. Control biológico. El uso de los enemigos naturales como alternativa al control químico se define como la manipulación deliberada por el hombre 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 económicamente importantes (Ruiz, 2001).

4.2.2.10.1. Entomopatógenos. Los agentes de control se pueden clasificar por grupos: hongos, bacterias, nematodos, virus, protozoarios y rickettsias. Algunos han logrado mejores procesos comerciales, pero entre todos no alcanzan a cubrir el 2 % del total de las ventas mundiales de los insecticidas. Su comportamiento está influenciado por factores bióticos y abióticos.

La bacteria *Bacillus thuringiensis* (Berliner) es la más usada, inicialmente se aplicó en dieta artificial sobre larvas de *S. frugiperda*. La bacteria presenta unos genes en forma de cristales (Cry), los cuales codifican proteínas con actividad insecticida contra el insecto.

Las cepas de los hongos *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin, *Paecilomyces fumosoroseus* (Wise) Bronw y Smith y *Paecilomyces javanicus* (Friederich y Bally) a concentración de 1×10^8 conidios / mL, son altamente virulentas en huevos y larvas de *S. frugiperda* con una mortalidad del 94 y 100 %, respectivamente (Lezama-Gutiérrez *et al.*, 1996).

El nematodo *Hexameris albicans* Siebold invade a su hospedero *S. frugiperda* a través de la cutícula. Además, *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar puede ser virulento en los estadios larvales y pupa de *S. frugiperda* y se le puede considerar como un agente potencial para el control biológico de esta plaga. Otros nematodos como *Steinernema feltiae* Filipjev y *Noctuidonema guyanense* Remiilet y Silvain también atacan a esta plaga (Lezama-Gutiérrez, 1993).

En el complejo *Spodoptera* ocurren varios virus, tanto *S. frugiperda* como para *Spodoptera ornithogalli* Guenee (Lepidoptera: Noctuidae) son hospederos del virus de la poliedrosis nuclear (NPV), virus de la granulosis (GV) y ascovirus (Lezama-Gutiérrez, 1993).

4.2.2.10.2. Entomófagos. Existen insectos que se alimentan de *S. frugiperda*. Estos insectos entomófagos son los parasitoides y los depredadores. Los primeros generalmente viven sobre o dentro de otros insectos, llamados hospederos, de los cuales obtienen su alimento. Los depredadores, capturan, matan y devoran rápidamente huevos y larvas pequeñas de *S. frugiperda*.

4.2.2.10.2.1. Parasitoides. Los principales parasitoides que atacan huevos, larvas y pupas de *S. frugiperda* y que contribuyen a la regulación de las poblaciones de esta plaga, pertenecen a las familias Braconidae, Ichneumonidae, Scelionidae y Trichogrammatidae, del orden Hymenoptera, y la familia Tachinidae del orden Diptera (Ruiz, 2001).

Al ser atacadas por larvas de *S. frugiperda*, las plantas de maíz emiten una mezcla específica de compuestos volátiles y pequeñas cantidades de acetato de fenetilo y AE-humuleno, que resulta altamente atractiva para las avispas parasitoides como

Macropplitis rufiventris que buscan las larvas, sus presas, para depositar sus huevecillos en su interior (Anaya y Espinoza, 2006).

Se encontró que el parasitoide *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) llega a ocasionar hasta un 60 % de parasitismo en huevos en Barbados, Honduras y Trinidad. En el sur de Florida se liberaron aproximadamente 670, 000 individuos en un lapso de dos años para el control de *S. frugiperda* (Waddill y Whitcomb, 1982).

Otro parasitoide muy importante es *Trichogramma* sp ya que parasita de 45 a 55 % de huevos y de 10 a 25 % larvas del gusano cogollero, del cual se han liberado 25, 000 huevos para el control de *S. frugiperda* (Ramírez *et al.*, 2006). *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) se reproduce para el control de *S. frugiperda* (Tamez *et al.*, 2001). El parasitoide *Chelonus insularis* Cresson (Hymenoptera: Braconidae) es el más utilizado en el cultivo de maíz y arroz en Norte y Centroamérica (Ashley, 1986, Molina-Ochoa *et al.*, 2003).

También se ha mencionado a *Cotesia marginiventris* Cresson y *Rogas laphygmae* Viereck (Hymenoptera: Braconidae) como efectivos en el control de esta plaga (Ashley, 1986). Los parasitoides *Campoletis sonorensis* Cameron, *Campoletis grioti* Blanchard, *Diapetimorpha introita* Cresson, *Eiphosoma vitticole* Cresson y *Ophion flavidus* Brulle (Hymenoptera: Ichneumonidae), como los dípteros *Archytas marmoratus* Townsend y *Lespesia archippivora* Riley (Diptera: Tachinidae) son otros enemigos naturales de *S. frugiperda* (Escribano *et al.*, 2000; Molina-Ochoa *et al.*, 2001, 2003; Proshold y Carpenter, 2000).

4.2.2.10.2.2. Depredadores. El gusano cogollero es atacado por muchos depredadores, tanto de huevos como larvas, como las catarinitas *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville (Coleoptera: Coccinellidae), mayates del suelo *Calosoma* spp (Coleoptera: Carabidae), crisopas *C. carnea*, chinche ojona *Geocoris* spp (Hemiptera: Lygaeidae), chinche pirata *Orius* spp (Hemiptera: Anthocoridae), chinche *Nabis* spp (Hemiptera: Nabidae) y chinche asesina *Zelus* spp (Hemiptera: Reduviidae) (Metcalf y Flint, 1984). En una investigación en maíces resistentes o susceptibles el adulto de *Orius insidiosus* Say (Hemiptera: Anthocoridae) se alimentó de *S. frugiperda* (Isenhour *et al.*, 1989).

El uso de los preparados de ajo, como el producto comercial Biocrack[®], favorece la presencia de depredadores de Anthocoridae, Carabidae, Coccinellidae, Dermaptera, Reduviidae, Syrphidae, Vespidae y arañas. Se ha observado que el nim deja a las larvas sobrevivientes menos vigorosas, con menor movilidad y más expuestas a los depredadores como tijerillas *Doru taeniatum* Dohrn (Dermaptera: Forficulidae) y hormigas *Ectatomma ruidum* Roger (Hymenoptera: Formicidae) y favorece la presencia de al menos 10 grupos de depredadores (Bahena *et al.*, 2003).

4.2.2.11. Control botánico. Las evaluaciones efectuadas en laboratorio, invernadero y campo de extractos vegetales con diversos disolventes (principalmente agua), diferentes partes de la planta, varios períodos de reposo, múltiples concentraciones, en mezclas, fracciones o compuestos puros y con distintos parámetros de evaluación han conformado una relación de especies con actividad insecticida. En secuencia alfabética por nombre científico se presenta la información existente en cada una de las especies vegetales.

4.2.2.11.1. Laboratorio. El extracto etanólico, la fracción isopropil acetato y el ácido gálico de *Alchornea glandulosa* Poepp & Endl. (Euphorbiaceae) reducen significativamente el crecimiento de las larvas de *S. frugiperda* (Urrea-Bulla *et al.*, 2004).

De la chirimoya *Annona cherimolia* Miller (Annonaceae) se evaluaron nueve compuestos acetogeninos, resultando ser el compuesto squamocina a 50 µg / g dieta, el más activo por provocar un 100 % de mortalidad larval. Seguido por los compuestos neonanonina, itrabina, asimicina y cherimolina-1 por provocar un 100 % de mortalidad del estado pupal (Álvarez *et al.*, 2007). En la Sierra de Santa Cruz, Bolivia, de *Annona montana* Macfad, los compuestos acetogeninos annonacina (1), cis-annonacina-10-uno (2), densicomacina-1 (3), gigantetronenina (4), murihexocina-B (5) y tucupentol (6) a 100 mg en un gramo de dieta provocaron el 100 % de mortalidad durante las etapas de larvas o pupas. Además, los compuestos 2, 3 y 4 a la misma dosis disuaden un 80 % la alimentación (Toto *et al.*, 2010).

De los extractos de diclorometano del cedro nogalillo *Cedrela dugessi* S. Watson y el cedro bateo *Cedrela salvadorensis* Standley (Meliaceae) se aisló el compuesto gedunina y las mezclas de fotogeduninos epidémicos que fueron evaluados en ensayos

de no elección, causando una importante mortalidad de larvas, LC₅₀ de 39 y 10 ppm, respectivamente, así como una reducción del crecimiento. Además, fue posible observar una significativa reducción de peso de pupa y la emergencia de adultos (Céspedes *et al.*, 2000).

Del extracto etanólico de las partes aéreas de *Flourensia oolepis* Blake (Asteraceae), en un ensayo de elección, la flavanona pinocembrina 1 mostró fuerte actividad disuasoria de 91 % a 50 µg / cm. La inhibición de la alimentación del 50 % (ED₅₀) fue de 8,8 g / cm (Díaz-Napal *et al.*, 2009).

En ensayos sin elección en dieta se evaluaron los extractos hexánico y metanólico de las partes aéreas de *Gutierrezia microcephala* (DC.) A. Gray (Asteraceae), como varios de sus compuestos aislados. La flavona, clerodano, su ester metil, como ambos extractos causaron una importante mortalidad de larvas a 3.9, 10.7, 3.4, 7.9 y 7.5 ppm, respectivamente, así como la reducción del crecimiento. Ellos también incrementaron el tiempo de desarrollo de las larvas sobrevivientes y retrasaron la pupación y emergencia de adultos. Además, los dos extractos como los compuestos clerodano y su ester metil, causaron inhibición de la acetilcolinesterasa con 93.7, 100, 90.2 y 62 % a 50 ppm, respectivamente (Calderón *et al.*, 2001).

Los extractos hexánicos y clorofórmicos de semillas de *Ipomoea pauciflora* Martens y Galeotti (Convolvulaceae) a 4 mg / mL causaron un 96.9 y 93.8 % de mortalidad, respectivamente; y necesitaron 1.85 y 0.54 mg / mL para eliminar la mitad de población (CL₅₀), varias de sus fracciones continuaron siendo tóxicas debido a la presencia de ácidos grasos y aldehídos. Además, estos extractos afectaron el peso de las larvas sobrevivientes (Guzmán-Pandoja *et al.*, 2010).

En las Meliáceas ha destacado el paraíso *Melia azedarach* L. (Meliaceae) como una de las plantas con mayor efecto contra esta plaga. El extracto etanólico del fruto a 2000 µg / cm² inhibió la alimentación (Carpinella *et al.*, 2003).

Del extracto de metanol de las raíces y partes aéreas de *Myrtillocactus geometrizans* (Mart.) DC. (Cactaceae) se aislaron los compuestos peniocerol 1, macdougallina 2 y chichipegenina 3. Los productos naturales 1, 2 como sus mezclas, y los extractos de

metanol y diclorometano mostraron actividad insecticida entre 50 y 300 ppm en la dieta y regulatoria de crecimiento entre 5 y 50 ppm. El inicio de pupación se retrasó notablemente. La emergencia disminuyó drásticamente. En las pupas y adultos que lograron salir, se observaron muchas deformaciones (Céspedes *et al.*, 2005).

Del extracto de diclorometano de las hojas de *Oxandra cf. xylopioides* (Annonaceae), el compuesto berenjenol (21:24-epoxi-24-metil-cicloartano) se evaluó a 25, 50, 100, 200 y 400 ppm en una dieta artificial, con efecto tóxico a 400 ppm, y el 50 % de larvas se mueren cuando son alimentadas con una dieta que contiene 319.6 mg de Berenjenol / kg de dieta (Rojano *et al.*, 2007a). Además, otro compuesto isoespintanol de la misma planta tiene efecto tóxico, siendo la dosis de 2700 ppm la que presenta mayor mortalidad. Se determinó una DL₅₀ de 147,07 ppm y una DL₉₀ de 1394 ppm (Rojano *et al.*, 2007b).

La mezcla de amidas naturales, piplartina, 4'-desmetilpiplartina y cenocladamina, aisladas de *Piper cenocladum* (Piperaceae) reduce la supervivencia y el peso pupal y prolonga el tiempo de desarrollo, con respuesta aditiva, indicando que estos compuestos pueden actuar como sinergistas (Dyer *et al.*, 2003); y la amida natural piperina, a una DL₅₀ de 41.79 (22.6-86.9) µg mg⁻¹ fue tóxica en larvas de segundo instar, a las 48 h (Batista-Pereira *et al.*, 2006).

El extracto hidroalcohólico de la corteza de la raíz de *Siphoneugena densiflora* Berg. (Myrtaceae), incorporado a la dieta merídica a la concentración final de 1,000 ppm, ocasionó 100 % de mortalidad larval (Gallo *et al.*, 2004); como dos compuestos de quercitina que ocasionaron un 78-85 % de mortalidad (Gallo *et al.*, 2006).

Los extractos acuosos de hoja y tallo de *Trichilia pallens* C. DC. (Meliaceae) al 5 % provocaron 100 y 75.5 % de mortalidad larval a los 5 días de aplicados (Bogorni y Vendramim, 2003). De *Trichilia pallida* (Swartz), el extracto acuoso del tallo al 5 % ocasionó total mortalidad y del 1 al 3 % este extracto evitó que entre 67 y 96 % de las larvas terminaran su periodo larval, respectivamente; en la población sobreviviente se observó mayor duración larval, menor peso de pupas, inhibición del crecimiento y la alimentación. Además, el extracto acuoso del tallo al 0.1 y 1 % en hojas de genotipos de maíz susceptible (C 901) y resistente (CMS 23) ocasionó una mortalidad larval que

fluctuó entre de 51.2 y 100 % y de 84.1 y 100 %, respectivamente; y la aplicación de los extractos de tallo y hoja de *T. pallida* al 5 % en maíz susceptible (AG 303) y resistentes (Mp 705, Mp 707 y ZC) provocaron el 100 % de mortalidad larval (Torrecillas y Vendramim, 2001). Las soluciones de 0.05 a 3 % del extracto de acetato de etilo de hojas y ramas de *T. pallida* por inmersión de hojas de maíz causaron el 100 % de mortalidad, la supervivencia y el desarrollo se vieron afectados a partir de concentraciones de 0.006 % y la concentración letal (CL₅₀) fue de 0.048 % (Roel *et al.*, 2000a).

Los estilbenos 4, 4'-dihidroxi-estilbano, resveratrol y 3, 5, 3', 5'-tetrahidroxi-4-metoxi-estilbano obtenidos del extracto metanólico de la corteza del izote *Yucca periculosa* Becker (Liliaceae), inhibieron el crecimiento (Torres *et al.*, 2003).

4.2.2.11.2. Invernadero. La aplicación del extracto y té del jocotillo *Trichilia americana* (Sesse & Mocino) (Meliaceae) al 5 %, en plantas de maíz infestadas artificialmente con larvas de primer instar, disminuye un 60 % el daño (Ayala, 1985).

La aplicación del extracto acuoso de perilla peluda *Lopezia hirsuta* al 5 %, por tres veces en plantas de maíz infestadas previamente de manera artificial con larvas de primer instar, disminuye en 40 % el daño (Ayala, 1985).

En invernadero la aplicación por tres veces del té de la higuera *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae) en plantas de maíz infestadas artificialmente con larvas de primer instar disminuyó el daño en 40 % (Ayala, 1985).

4.2.2.11.3. Campo. Del ajo *Allium sativum* L. (Liliaceae), en el valle de Sacapulas, Santa Cruz del Quiché, Guatemala, el extracto de Ajo + Aceite mineral + jabón a una dosis de 34.5 L / ha, alcanzó los mayores rendimientos (3.05 ton / ha) (Hamilton en Solórzano, 2000). El uso de preparados como el producto comercial Biocrack[®], favorece la presencia de depredadores de Anthocoridae, Carabidae, Coccinellidae, Dermaptera, Reduviidae, Syrphidae, Vespidae y arañas (Bahena *et al.*, 2003).

Una receta de cebollín *Asphodelus fistulosus* L. (Liliaceae) consistió en moler 10 g de bulbo-hoja-flor en 1 L de agua y después de reposar por 24 h se agregó jabón neutro al 1 % y se aplicó directamente al cogollo del maíz durante cuatro semanas (1 o 2 aplicaciones

por semana), cuando inició la infestación de la plaga, se cosecharon 6,338 kg ha⁻¹, en comparación con el rendimiento de 5,316 y 5,139 kg ha⁻¹ de dos testigos (Villar *et al.*, 2000).

La aplicación en campo del extracto acuoso de la semilla de nim *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae) al 6.7 % y de Lufenuron[®] (Match CE a 300 mL ha⁻¹) en plantas de maíz reduce el daño de la larva (Bogorni *et al.*, 2003). Después de la aplicación del polvo de semilla (20 kg / ha) y extractos acuosos de semilla y hojas de nim (25 a 50 g / L) al cogollo del maíz, a los 14 días, los niveles más bajos de infestación de las larvas se registraron en el polvo de semillas de nim (20 kg / ha) y el extracto acuoso de semillas de nim (50 g / L). Con una segunda aplicación se logró, al cabo de seis días, bajar drásticamente la infestación en todos los tratamientos del nim (Dreyer, 2001). En un primer experimento se evaluaron épocas de aplicación del aceite de *A. indica* a 20.8 % en dos líneas de maíz, una resistente (CML-67) y otra susceptible (CML-131) en Poza Rica, Veracruz, México (Gutiérrez-García *et al.*, 2010). En el segundo experimento, sobre las mismas dos líneas de maíz, se aplicaron 20.8, 2 y 0.2 % de aceite de *A. indica*. En las fechas de aplicación del nim, el daño foliar de la línea susceptible osciló de 6.7 a 8.1 en promedio, según la escala de Mihm, representó alto daño y en la línea resistente, daño foliar moderado (4.6 a 6.0). En el experimento de concentraciones de nim, en invierno se observaron daños de 4.4 a 6.2 en promedio y en primavera-verano los daños fueron de 6.5 a 8.5 en ambas líneas (Gutiérrez-García *et al.*, 2010). El nim permitió mayor protección cuando se aplicó antes de que se presentará la plaga a concentraciones menores al 2 % y se reforzó con posteriores aplicaciones a intervalos de una aplicación por semana (Gutiérrez-García *et al.*, 2010); lo que favoreció la presencia de al menos 10 grupos de depredadores (Bahena *et al.*, 2003).

En el municipio de Guastatoya, El Progreso, Guatemala, el paraíso *Melia azedarach* (10 g polvo) aplicado cinco veces en el ciclo del maíz, presentó los mejores rendimientos de grano y la menor incidencia de cogollero, así mismo la más alta tasa de retorno (Marín en Solórzano, 2000).

Las cenizas de nopal sin espina *Opuntia ficus-indica* (L.) Mil. (Cactaceae) en solución acuosa al 3 y 4.5 % controlan en 51.9 y 61 % las larvas de gusano cogollero por un

período de 13 días. En contraste, el insecticida Stermin[®] (Metamidofos) controla al 72.1 % de la población; en tanto que al 4.5 % la solución de ceniza disminuye en 57.5 % el número de plantas dañadas en comparación al 61.2 % del Stermin[®], en Arequipa, Perú (Arning, 2001).

En México, los Tzeltales de Tenejapa, Chiapas, usan la higuierilla *Ricinus communis* que ha resultado efectiva como extracto acuoso para el control de larvas (Trujillo y García, 2001).

La hierba del negro *Sphaeralcea angustifolia* (Cav.) G. Don. (Malvaceae) al 10 %, en solución con jabón neutro al 1 %, protegió al maíz y permitió cosechar 6,695 kg ha⁻¹, en comparación a 5,316 y 5,139 kg ha⁻¹ de los testigos (Villar *et al.*, 2000).

La aspersión del extracto acuoso de la hoja de *Trichilia pallens* al 6.7 % en plantas de maíz reduce el daño de la larva (Bogorni *et al.*, 2003). A concentraciones más bajas se comprobó el efecto de *Trichilia pallida*.

4.2.2.11.4. Uso de insecticidas vegetales en Puebla. Algunas plantas presentan actividad contra *S. frugiperda* en el estado de Puebla, las cuales fueron activas (≥ 50 %) en la mortalidad, disminución del peso e inhibición de la alimentación del insecto. En condiciones de campo se reportan plantas que incrementaron la germinación y producción del maíz (Lagunes, 1984; López-Olguín y Aragón, 1990; Aragón *et al.*, 1991; López-Olguín *et al.*, 1993; Galán, 1993; Téllez, 1997, Cuadro 1).

4.2.2.11.5. Estudios con *Carica papaya* (L.) (Caricaceae). Figueroa-Brito (2002) evaluó el polvo de 10 plantas al 15 % en una dieta artificial del insecto. Los resultados indicaron que las semillas de *C. papaya* fueron las más activas al provocar un 100 % de mortalidad de *S. frugiperda*. Con estos resultados, se decidió evaluar las semillas de cuatro variedades (Mamey, Maradol, Amarilla y Hawaiana) de *C. papaya* a cuatro concentraciones: 5, 10, 15 y 20 % mezclados en la dieta artificial, en larvas del primer estadio del insecto. Los resultados indicaron que las concentraciones 10, 15 y 20 % en las cuatro variedades son altamente tóxicas en el insecto por ocasionar el 100 % de mortalidad larval en 24 h de evaluación. En cambio, a la concentración del 5 %,

sólo las variedades Amarilla y Hawaiana son activas (60 % de mortalidad) (Figueroa-Brito, 2002).

Cuadro 1. Plantas activas de Puebla (≥ 50 %) sobre *Spodoptera frugiperda*.

| Plantas | Laboratorio | | | Campo | |
|---------------------------------|----------------|-------------------------|-----------------------------|-------------|------------|
| | Mortalidad (%) | Disminución de peso (%) | Inhibición alimentación (%) | Germinación | Producción |
| <i>Baccharis salicifolia</i> | | | | | |
| extracto acuoso fresco 5 % | | 55.8 | | | |
| extracto acuoso polvo 5 % | | 60 | | | |
| <i>Buddleia cordata</i> | | | | | |
| extracto acuoso fresco 5 % | | 50 | | | |
| <i>Cestrum elegans</i> | | | | | |
| macerado acuoso 1 % | | | 59.6 | | |
| 5 % | | | 79.8 | | |
| 10 % | | | 86 | | |
| <i>Chenopodium ambrosioides</i> | | | | | |
| macerado acuoso 1 % | | | 65.5 | | |
| 5 % | | | 75.8 | | |
| 10 % | | | 88.5 | | |
| <i>Chenopodium graveolens</i> | | | | | |
| extracto acuoso polvo 5 % | | 60 | | | |
| <i>Choisya ternata</i> | | | | | |
| extracto acuoso polvo 5 % | | 50 | | | |
| <i>Cuscuta tinctoria</i> | | | | | |
| macerado acuoso 1 % | | | 67.4 | | |
| 5 % | | | 78.8 | | |
| 10 % | | | 85.2 | | |
| <i>Cuscuta corymbosa</i> | | | | | |
| extracto acuoso fresco 5 % | | 50 | | | |
| extracto acuoso polvo 5 % | | 50 | | | |
| <i>Eupatorium odoratum</i> | | | | | |
| infusión 5 % | | | 84.2 | | |
| <i>Micromeria brownei</i> | | | | | |
| macerado acuoso 1 % | | | 80.5 | | |
| 5 % | | | 81.5 | | |
| 10 % | | | 83.7 | | |
| <i>Ocimum micranthum</i> | | | | | |
| macerado acuoso 1 % | 50 | | 64.4 | | |
| 5 % | 63.5 | | 68.5 | | |
| 10 % | 78.8 | | 75.4 | | |
| <i>Pimenta dioica</i> | | | | | |
| macerado acuoso 1 % | 55.2 | | 49.8 | | |
| 5 % | 62.1 | | 94.8 | | |
| 10 % | 79.1 | | 94.8 | | |
| <i>Ricinus communis</i> | | | | | |
| macerado acuoso 10 % | 51.8 | | | | |
| <i>Ruta chalapensis</i> | | | | | |
| extracto acuoso polvo 5 % | | 50 | | | |
| <i>Solanum mammosun</i> | | | | | |
| extracto acuoso fresco 5 % | | 85 | | | |
| <i>Solanum marginatum</i> | | | | | |
| extracto acuoso fresco 5 % | | 58.6 | | | |
| <i>Tagetes foetidissima</i> | | | | | |
| extracto acuoso fresco 5 % | | 55.1 | | | |
| <i>Trichilia havanensis</i> | | | | | |
| extracto acuoso 5 % | | 50 | 86.6 | | 100 |
| 10 % | 52.6 | | 86.6 | | |
| pasta | | | | 21.8 | 31.1 |
| polvo 5 % | | | | 3 | |
| 10 % | | | | 12 | |

Fuente: Lagunes, 1984; López-Olguín y Aragón, 1990; Aragón *et al.*, 1991; Galán, 1993; López-Olguín *et al.*, 1993; López-Olguín, 1994; Téllez, 1997.

En una segunda prueba se determinó el tiempo letal del polvo de las semillas de las cuatro variedades a concentraciones del 10 y 15 %. Los resultados indicaron que todas las variedades provocan 100 % de mortalidad larval a las 72 y 96 h. Excepto la variedad Hawaiana al 10 %, la cual tardó más tiempo en alcanzar el 100 % de mortalidad.

Mediante análisis Probit, los datos de mortalidad larval de *S. frugiperda* mostraron que las variedades al 15 % provocaron mortalidad en menor tiempo que al 10 %, excepto la variedad Hawaiana (TL_{90} = 141.9 h). Al analizar los tiempos letales por variedad, la Mamey al 15 % fue la mejor con un TL_{50} = 12.01 h y un TL_{90} = 59.21 h, seguida de las variedades Amarilla y Maradol, respectivamente (Franco, 2006). En una tercera prueba, para determinar si estas semillas continuaron siendo activas en larvas de mayor tamaño del insecto se evaluó el polvo de semillas de *C. papaya* de la variedad Mamey al 5, 10 y 15 % en larvas de quinto instar. Los resultados indicaron que las semillas de *C. papaya* al 10-15 % continuaron siendo altamente tóxicas (85-100 % de mortalidad) en *S. frugiperda*. Además, las semillas de *C. papaya* al 10 % también resultaron ser tóxicas, al provocar un 70 % de pupas “deformes” (partidas ventralmente). Respecto al desarrollo del insecto, éste se afectó con la concentración al 5 %. Las concentraciones al 5-10 % afectaron el peso del insecto (Figuroa-Brito, 2002). Con esto se concluyó que el mejor tratamiento fue el polvo vegetal de semillas variedad Mamey al 15 % en larvas del primer estadio y de 100 mg (quinto instar) por ser altamente tóxico (100 % de mortalidad). Por tal motivo, se evaluaron semillas, flores y hojas en forma fresca o polvo (var. Mamey), en cuatro concentraciones, en tres disolventes: hexano, acetona y agua, como en tres tipos de bioensayos para determinar que parte de la planta (semilla, flor o hoja), en qué forma (fresco o polvo), a qué concentración(es) de la planta, con que disolvente y tipo bioensayo se obtiene la mejor actividad de *C. papaya* en *S. frugiperda*. Los resultados concluyeron que la semilla es la parte más tóxica. El estado fresco de la planta es el más significativo. La acetona es el mejor disolvente y el bioensayo de toxicidad por administración oral es el mejor (Figuroa-Brito, 2002). En síntesis, el mejor tratamiento, fue el extracto acetónico de las semillas en fresco por provocar el 100 % de mortalidad larval en las cuatro concentraciones. Pero al no tener un buen fraccionamiento de este extracto, se seleccionó el extracto acetónico de semillas en polvo para el fraccionamiento biodirigido. De estas fracciones se realizó una selección

de varias de ellas para la prueba biológica con el bioensayo de administración oral. Las reuniones se evaluaron a 1000 ppm en larvas del primer estadio de *S. frugiperda*. Los resultados indicaron que la reunión 85-100 fue la más significativa con un 100 % de mortalidad larval, seguida de la reunión 42-49 con un 95 % de mortalidad. Otras reuniones que también fueron activas son: 111-132 18-25, y 26-29 con un 90, 75, y 55 % de mortalidad larval, respectivamente. En los testigos se registró una mortalidad del 5 y 10 %. Estos resultados son muy importantes ya que al ser fraccionado el extracto acetónico de las semillas en polvo varias de sus reuniones siguen siendo muy activas (90-100 % de mortalidad larval). En cambio, respecto al desarrollo larval del insecto, este no se vio afectado por ninguna reunión con relación a los testigos (Figueroa-Brito, 2002). En una segunda prueba, se evaluaron las mezclas y/o compuestos puros de las semillas de *C. papaya* a 1000 ppm en larvas del primer estadio y de 50 mg (tercer instar) de *S. frugiperda*. Los resultados indicaron que el compuesto glucósido de β -sitosterilo como la mezcla de ácidos grasos: mirístico, palmítico, oleico, esteárico y araquidónico con haptadecen-8-oico, o linoleico, son activos al provocar una mortalidad del insecto del 80, 60 y 70 %, respectivamente, en larvas del primer estadio de *S. frugiperda*. Pero estas mezclas de ácidos grasos no son activos en larvas de 50 mg (tercer instar). Un efecto similar se observó con el compuesto o la mezcla de compuestos oleato de 1-glicerilo y palmitato de 2-glicerilo, los cuales no son activos en ambos tamaños de larvas del insecto. Además, ninguna mezcla o compuesto puro presentó actividad en el desarrollo larval de *S. frugiperda* (Figueroa-Brito, 2002).

4.2.2.11.6. Estudios con *Trichilia havanensis* (Jacq.) (Meliaceae). El extracto acuoso de esta especie en condiciones de laboratorio, invernadero y campo resultó prometedor para el control de *S. frugiperda* (Lagunes, 1993). El extracto acuoso como infusión y macerado al 5 %, en mezcla con la dieta merídica e infestada con larvas de primer instar, inhiben en 66.8 y 68.6 % la alimentación larval a los 7 días, respectivamente (Villanueva, 1988). Como extracto acuoso al 1, 5 y 10 % ocasionó 8.8, 29.8 y 52.6 % de mortalidad y 46.3, 86.6 y 86.6 % de inhibición de la alimentación a los 7 días, respectivamente (López-Olguín *et al.*, 1993) y el extracto acuoso del fruto al 10 % fue activo en la mortalidad e inhibición de la alimentación de larvas de *S. frugiperda* (López-Olguín, 1994). En forma de extracto acuoso en fresco o polvo al 5 % ocasionó un 52-50 % de disminución del peso larval, y un 20-0 % de mortalidad corregida, respectivamente (Téllez, 1997). El extracto

clorofórmico de semillas, como varias mezclas de compuestos presentaron efecto tóxico sobre *S. frugiperda* (Rosas-Alfaro, 2010).

En tanto que en campo, el extracto acuoso del polvo al 5 y 10 % incrementó la germinación del maíz en un 3 y 12 %, respectivamente. Además, la pasta aumentó la germinación (21.8 %) y la producción (31.1 %) del maíz. El extracto acuoso dio el mejor resultado para el control de *S. frugiperda*, al incrementar el rendimiento de maíz cercano al 100 % respecto a las parcelas sin tratar (Villar *et al.*, 1990). La aplicación del extracto acuoso al 10 %, dos veces por semana, protege al maíz y permite cosechar 2,540 kg ha⁻¹ (Villar, 1988). En contraste, el extracto acuoso de polvo del fruto al 3 % (Aragón *et al.*, 1991) y 10 % (López-Olguín y Aragón, 1990) no afecta la incidencia de esta plaga ni el rendimiento del maíz. En ensayos de campo, Lagunes *et al.* (1984) la reportaron como método de protección en la agricultura de subsistencia.

Las investigaciones anteriores indican que se han evaluado diversas especies vegetales tanto en condiciones de laboratorio, invernadero como de campo, donde *T. havanensis* es una planta que tiene un potencial de control porque como extracto acuoso al 5-10 % es tóxica (≥ 50 %), inhibe la alimentación (≥ 85 %) y peso (50 %) de las larvas de *S. frugiperda* (Villanueva, 1988; López-Olguín *et al.*, 1993, López-Olguín, 1994; Téllez, 1997); y al igual que en forma de pasta incrementa el porcentaje de germinación y producción del maíz (Villar, 1988; Villar *et al.*, 1990). Esta planta también ha resultado ser efectiva para otras especies de *Spodoptera*, como *Spodoptera littoralis* (Boisduval) y *Spodoptera exigua* (Hübner) (López-Olguín *et al.*, 1997, 2007), o bien, otros insectos plaga, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (López-Olguín *et al.*, 1998), la mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata* Wied.) (López-Olguín *et al.*, 2002). En el caso de *C. papaya* los resultados obtenidos son promisorios, sin embargo hace falta explorar la efectividad de los compuestos en el control de *S. frugiperda* esto porque es necesario determinar el o sus principios activos de las semillas sobre este insecto plaga, los cuales no presenten efectos secundarios en enemigos naturales de *S. frugiperda* como *Chrysoperla carnea* Stephens.

4.3. Efectos secundarios de insecticidas botánicos sobre *Chrysoperla carnea*. *C. carnea* es un insecto benéfico propuesto por el grupo de trabajo de la OILB “Plaguicidas y Organismos Benéficos” de la Organización Internacional de Control Biológico

(IOBC) para realizar ensayos para registro de plaguicidas en la Unión Europea (UE). Se ha elegido por su distribución cosmopolita, su importancia como depredador en muchos cultivos, su amplio uso en el control biológico en condiciones de laboratorio, semi-campo y campo y su facilidad de cría en grandes cantidades (Hassan *et al.*, 1991, Sterk *et al.*, 1999, Vogt *et al.*, 2000, Huerta, 2004).

Los insecticidas botánicos en forma de molienda, extractos, mezclas de compuestos, compuestos puros y/o formulaciones pueden presentar efectos tóxicos para este enemigo natural. Así Huerta *et al.* (2003) vieron que la molienda o extracto acuoso al 1, 5 y 10 %, de semillas de la planta *T. havanensis* inhiben o disminuyen la fertilidad de *C. carnea*, además, la molienda de semillas al 10 % causó el 100 % de mortalidad de adultos de *C. carnea*. Vogt *et al.* (1998) determinaron que dos formulaciones de azadiractina (0.3 % NeeAzal-T/S[®] y 0.15 % Align[®]) aplicados a dosis máximas en campo vía contacto residual en larvas de *C. carnea* provocaron la muerte de prácticamente todos los insectos a lo largo de su desarrollo larvario, un retraso en éste, un menor peso de las larvas, descoordinación de sus movimientos y menor movilidad, así como diversas deformaciones al mudar: mandíbulas distorsionadas, melanización anormal, expulsión del intestino y restos de la exuvia adheridos al final del cuerpo. Un efecto similar se detectó con Align[®] (3.2 % azadiractina) aplicado tópicamente a dosis máxima en larvas (L₃) de *C. carnea*, (LD₉₀= 6.9 ng ingrediente activo por insecto) y en dosis subletales, azadiractina causó un efecto negativo sobre la oviposición (Medina *et al.*, 2003a, b, 2004). Align[®] y Pelitre Hort[®] (4 % natural piretrinas + 16 % piperonil butoxida) a sus dosis máximas de 150 mL / hl y 200 mL / hL, respectivamente, en ensayo de ingestión mataron cerca del 20 y 64 % de adultos de *C. carnea*, respectivamente. Además, azadiractina inhibe completamente la puesta de huevos (Medina *et al.*, 2006).

En cambio, este mismo grupo de investigadores concluyeron que la mezcla de limonoides F₁₈ (1,7-di-*O*-acetilhavanensina + 3,7-di-*O*-acetilhavanensina (4:1)) o azadirona (F₁₂) de la planta *T. havanensis* son inocuos en adultos y no afectan la fecundidad y fertilidad de *C. carnea* (Medina *et al.*, 2006), como Align[®] (azadiractina) no es tóxico en huevos y pupas de *C. carnea* (Viñuela *et al.*, 2001, Medina *et al.*, 2001, 2003b). Un efecto similar sucedió con tres extractos de la planta *Quassia amara* L.

(Simarubaceae), acuoso, alcohólico y alcohólico + cola de caballo + *Artemisia vulgaris* + sales de potasio, son inocuos en ensayos de contacto directo o residual en larvas y/o adultos de *C. carnea* (Vogt, 2001, Vogt y Ternes, 2006). Aunque los enemigos naturales se contaminan más fácilmente con residuos en la naturaleza, también pueden contaminarse a través de la cadena trófica al ingerir presas tratadas, aunque las probabilidades de contaminación son menores. Así cuando las larvas de *C. carnea* alimentadas con huevos de *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae) tratados con Align® (3.2 % azadiractina) a dosis máxima en campo, el insecticida no presentó efecto significativo, probablemente porque no tuvo la capacidad de penetrar el interior del huevo (Viñuela *et al.*, 2000). Cuando larvas de *C. carnea* fueron alimentadas con pulgones criados en plantas de habas tratadas con Align® a la dosis máxima en campo, se desarrollaron con normalidad y no se observaron efectos en la fecundidad (Medina *et al.*, 2002).

Por otra parte, cuando se contempla el esquema de la OILB, se comprueba que aunque los productos sean muy tóxicos, pueden ser inocuos en el campo. Cuando un insecticida es inocuo en el laboratorio para *C. carnea*, se espera que también lo sea en campo. Viñuela *et al.* (1996) comprobaron que los insecticidas botánicos Spruzit-flüssig® (1 % piretrinas naturales) y NeemAzal-T/S® (4 % azadiractina a), fueron inocuos en campo para las larvas de *C. carnea* (categoría 1). En contraste con las pruebas en laboratorio, ambos productos habían sido muy tóxicos (categoría 4), probablemente, porque en campo los insectos tienen más movilidad y refugios, y porque los productos botánicos se degradan fácilmente con la luz.

5. MATERIALES Y MÉTODOS GENERALES. La metodología en general se divide en tres etapas: laboratorio, invernadero y campo.

5.1. Etapa de laboratorio. La secuencia del estudio fue la colecta, secado y molienda de semillas de *C. papaya* y la compra de varios de sus ácidos grasos a proveedores comerciales (Figueroa-Brito, 2002). Así como la colecta, secado, molienda y extracción de semillas de *T. havanensis* (Aragón *et al.*, 1991; López-Olguín y Aragón, 1990; López-Olguín *et al.*, 1993; López-Olguín, 1994; Rosas-Alfaro, 2010). Además de la cría de insectos y ensayos para evaluar la actividad biológica de los diversos productos vegetales.

5.1.1. Colecta y cría de *Spodoptera frugiperda*. Se realizaron colectas de larvas de *S. frugiperda* en cultivos de maíz en Yautepec, Morelos durante el mes de julio del 2007. Las larvas colectadas fueron llevadas al laboratorio y alimentadas de manera individual con dieta artificial de Burton y Perkins (1987) contenida en recipientes cilíndricos de plástico con tapa. De esta manera fueron colocados bajo condiciones controladas en una cámara de cría. Al emerger los adultos, estos fueron colocados en bolsas de papel encerado que contuvieron una caja Petri de plástico de 10 cm de diámetro con un algodón humedecido con una solución azucarada (10 %) para su alimentación. Estos adultos se aparearon entre sí al azar. Larvas recién nacidas de la F₂ se usaron en los ensayos.

5.1.2. Obtención de cría de *Chrysoperla carnea*. Una colonia de laboratorio de *C. carnea* (25 ± 2 °C, 70 ± 5 % humedad relativa y fotoperiodo de 16:8 (L: O)) fue establecida en 2008 de adultos colectados del cultivo de alfalfa de San Matías Tlalancaleca, Puebla, México y en 2009 de larvas compradas en Bélgica. Las larvas fueron alimentadas con huevos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Pylalidae) y los adultos con una dieta artificial descrita por Vogt *et al.* (2000).

5.1.3. Obtención de extractos acuosos y compuestos de *Carica papaya*. Frutos maduros de *C. papaya* de las variedades Maradol, Hawaiana y Mamey fueron comprados en supermercados de Puebla. En el laboratorio se partieron estos frutos y se colectaron las semillas que se dejaron secar y pulverizaron. Estos polvos se diluyeron con agua para preparar los extractos acuosos para ser usados en los ensayos. Del extracto acetónico de semillas de *C. papaya* se obtuvieron mezclas de ácidos grasos activos sobre *S. frugiperda* (Figueroa-Brito, 2002). Los compuestos comerciales araquidónico, mirístico, linoleico, esteárico, palmítico y la mezcla esteárico + palmítico fueron usados en los ensayos.

5.1.4. Obtención de polvo y extracto acuoso de *Trichilia havanensis*. Se colectaron frutos maduros de *T. havanensis* de plantas de San Antonio Rayón, Jonotla, estado de Puebla. Esto frutos se secaron bajo la sombra durante 15 días, posteriormente se pulverizaron en un molino usando un tamiz de 1 mm. Obtenidos los polvos, estos fueron colocados en bolsas de plástico con sus respectivos datos de colecta y guardados en

refrigeración (4 °C), o bien, se pusieron en extracción con agua para obtener los extractos acuosos. Ambos productos fueron usados en los bioensayos.

5.1.5. Bioensayo general para *Spodoptera frugiperda*. Para preparar 250 g de dieta artificial se utilizó la propuesta por Burton y Perkins (1987), mezclada con diferentes concentraciones del polvo vegetal (10 y 15 %) de *T. havanensis* como los ácidos grasos de *C. papaya* (10, 50, 100 y 1000 ppm). Los ingredientes de la dieta y los diferentes productos se mezclaron siguiendo la metodología propuesta por Franco (2006). Se añadieron 5 mL de la dieta en contenedores de plástico y una vez que la dieta gelificó, una larva del primer estadio fue colocada por cada contenedor. Cada tratamiento fue repetido cinco o cuatro veces utilizando 20 larvas por repetición y de esta manera, los contenedores con la dieta fueron colocados en una cámara de cría bajo condiciones controladas. Los registros de la evaluación de las variables fueron: a) Mortalidad de larvas, pupas y no emergencia del adulto; se hicieron observaciones a las 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24 y cada 24 h de exposición a los tratamientos, b) Suma de crecimiento: peso larval (7-14 días) y pupal (total esclerotización). c) Proporción de crecimiento: duración de crecimiento de larvas, pupas y adultos (expresados en días). d) Incidencia de anomalías anatómicas: deformación de larvas y pupas (síndromes), como adultos (alas arrugadas) (Aldana *et al.*, 2010). El conteo de larvas y pupas deformes y/o adultos con presencia de alas arrugadas fue promediado.

5.1.6. Bioensayos generales para *Chrysoperla carnea*. Adultos de *C. carnea* fueron obtenidos del pie de cría, los cuales fueron confinados en cajas de plástico descritas por Medina *et al.* (2001), durante el tiempo que duraron los experimentos. En estas cajas los adultos copularon y posteriormente ovipositaron en mallas de algodón. De esta manera se obtuvieron huevos de 24 h, larvas F₂ y adultos recién emergidos que fueron utilizados en los experimentos. De resultados de Rosas-Alfaro (2010), se seleccionaron los polvos de frutos de *T. havanensis*; como de Figueroa-Brito (2002) y Franco *et al.* (2006) los polvos de *C. papaya* vars. Maradol, Hawaiana y Mamey a 1, 10, 100 y 1000 ppm para el efecto de reproducción del ensayo por inmersión de huevos. Además de Figueroa-Brito (2011, datos no publicados) se seleccionaron los ácidos grasos: linoleico, araquidónico, esteárico y la mezcla esteárico + palmítico (1:1) a 50, 100 y 1000 ppm para los bioensayos. Todos los polvos y/o compuestos fueron diluidos

y aforados en 100 mL de agua destilada. En las concentraciones de los compuestos además se agregó el 1 % de acetronitrilo + 1 % de acetato de etilo. Tween 20 (0.1 %) fue usado como emulsificante (Medina *et al.*, 2006). Para lograr la mejor dilución de los compuestos se agregó acetato de etilo al 1 %. Acetronitrilo, acetato de etilo y Tween 20 fueron útiles para revolver los compuestos y fueron previamente elegidos entre varios solventes y emulsificantes con la garantía de que fueron inofensivos en el insecto benéfico. El grupo testigo contuvo agua (para polvos) + acetronitrilo (1 %) + acetato de etilo (1 %) + Tween 20 (0.1 %) (para compuestos puros). Estos tratamientos fueron utilizados en ensayos por inmersión de huevos y residual en larvas L₂ y adultos.

5.2. Etapa de invernadero. La secuencia del estudio fue la obtención de fertilizantes químicos nitrogenados y vermicomposta, semillas de maíz y cría de *S. frugiperda*. Así como la preparación de los sustratos, extracto acuoso de semillas de *C. papaya* y ensayos para evaluar la actividad de los fertilizantes y extracto de papaya.

5.2.1. Obtención de fertilizantes químicos, vermicomposta, semillas de maíz y cría de *Spodoptera frugiperda*. Los fertilizantes químicos nitrogenados fueron el sulfato de amonio, urea y fosfonitrato y como fertilizante orgánico la vermicomposta. El maíz utilizado fue la var. San Juan recomendada para regiones con poca lluvia. Los fertilizantes químicos, vermicomposta y las semillas de maíz fueron proporcionados por el Dr. Ramón Díaz Ruiz del CP-Campus Puebla. La cría de *S. frugiperda* fue la misma descrita anteriormente.

5.2.2. Obtención del extracto acuoso de semillas de *Carica papaya*. Del polvo de semillas de *C. papaya* variedad Maradol se pesaron 20 g que fueron colocados en un matraz Erlenmeyer de 2 L con 1 L de agua para la maceración durante 12 h a temperatura ambiente. Después, la mezcla se filtró y los restos fueron eliminados. La solución al 20 % (20 g semilla / 1 L de agua) fue usada en la prueba biológica.

5.2.3. Bioensayo en invernadero. Se llenaron 330 bolsas de plástico (6 kg) con tierra negra o tierra negra + vermicomposta (3:1), a las cuales se les sembraron dos granos de maíz. De esta manera fueron colocadas en grupos de 30 bolsas en un invernadero de plástico de dos aguas del CP-Campus Puebla. A la siguiente semana, 60 plantas desarrolladas con tierra negra fueron fertilizadas con sulfato de amonio, urea o

fosfonitrato. El resto de las bolsas con sólo tierra negra o mezclada con vermicomposta no fueron fertilizadas. Dos semanas después se preparó el extracto acuoso de las semillas de *C. papaya* al 20 % el cual se asperjó en 30 plantas fertilizadas con sulfato de amonio, urea, fosfonitrato o tierra negra + vermicomposta. Como testigos se utilizaron tierra negra + extracto de papaya, tierra negra + Malation® y sólo tierra negra. Cada tratamiento fue repetido 6 veces utilizando una n= 5 plantas por repetición. Posteriormente, el cogollo de todas las plantas fue infestado con larvas de *S. frugiperda*. Las variables respuesta fueron el porcentaje de germinación (dos semanas de la siembra), longitud de la segunda y quinta hoja, diámetro de tallo, altura de la planta, como la estimación de daño por el consumo del área foliar de la planta (causada por larvas de *S. frugiperda*).

5.3. Etapa de campo. La metodología empleada en la investigación abarcó 4 etapas: a) determinación del tamaño de muestra de la población de productores de maíz del municipio de Ocoyucan, Puebla; b) aplicación de un cuestionario a la muestra de productores de maíz y c) análisis de datos provenientes de las entrevistas.

5.3.1. Encuesta. En esta etapa de la investigación se levantó una encuesta modificada de Damián *et al.* (2004), de una muestra simple aleatoria de 35 productores beneficiados del Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO) como también a productores cooperantes de las localidades de San Bernardino Chalchihuapan, San Hipólito Achiapa y Santa Clara Ocoyucan del municipio de Ocoyucan, Puebla.

La información acopiada por la encuesta abarcó datos de las disciplinas: a) estructura agraria, b) economía, que incluyó los gastos de producción así como el acceso que tuvo el productor a los créditos, asistencia técnica y a los recursos naturales. Como el rendimiento e ingresos derivados de la producción y c) manejo de cultivo, donde se preguntó sobre las prácticas agrícolas que estuvieran o no incluidas en el paquete tecnológico del maíz, con énfasis en las principales plagas del cultivo como sus posibles enemigos naturales, además de su control con insecticidas químicos y/o botánicos. Los cuestionarios se aplicaron del 18 al 30 de agosto del 2009, donde participaron cuatro personas: el presidente del comisariado ejidal, el presidente de la comisión de vigilancia y dos encuestadores los cuales aplicaron las encuestas.

5.4. Análisis estadísticos. Para los experimentos de laboratorio con los ácidos grasos de semillas de *C. papaya* sobre *S. frugiperda* (capítulo uno), se utilizó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones por tratamiento. La mortalidad se analizó por medio de una regresión logística (PROC LOGISTIC) en función de los compuestos y las concentraciones. El peso larval (mg) y desarrollo larval y pupal del insecto (d) se analizaron por medio de una ANOVA de una vía (PROC GLM) con separación de medias de Tukey. Para las variables peso y desarrollo se utilizó el modelo: peso larval, desarrollo larval o desarrollo pupal = tratamiento. Para la variable deformaciones se compararon los porcentajes de insectos deformados que ocasionaron los compuestos, con la prueba de Tukey a un nivel de significancia de 0.05 previo ANOVA de una vía (PROC GLM). Se utilizó el MODELO: deformes = tratamiento. Todas las pruebas fueron realizadas con SAS versión 9.0 (SAS, 2002).

En el capítulo dos, se evaluaron los extractos acuosos de semilla, pericarpio y semilla + pericarpio de *T. havanensis* y de semillas de *C. papaya* de tres variedades (Mamey, Maradol y Hawaiana), como sus ácidos grasos en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. Se compararon las medias de los porcentajes de mortalidad y de las variables de reproducción del insecto (fecundidad y fertilidad) con la prueba de Tukey a una probabilidad de 0.05, previo ANOVA de una vía, con el paquete estadístico SAS (versión 9.0) (SAS, 2002).

En el capítulo tres, se evaluó en invernadero sobre plantas de maíz, el efecto de cinco tipos de fertilizantes (sulfato de amonio, urea, fosfonitrato, vermicomposta y un testigo) además de la aplicación o no de un extracto acuoso de semillas de *C. papaya* y un insecticida, de tal suerte que se tienen dos testigos positivos y uno negativo. Los tratamientos se establecieron en un diseño completamente al azar y cada tratamiento fue repetido 6 veces utilizando 5 plantas por repetición. Las variables respuesta se analizaron por medio de una anova (proc glm), seguido de una prueba de Tukey (germinación) y/o contrastes ortogonales (demás variables) para probar tratamientos específicos. Todas las pruebas fueron realizadas con SAS versión 9.0 (SAS, 2002).

En el capítulo cuatro, se evaluó en laboratorio el polvo de semillas, pericarpio y semillas + pericarpio de *T. havanensis* sobre *S. frugiperda* en un diseño completamente al azar con cinco repeticiones por tratamiento. Los datos de mortalidad fueron analizados por

medio de una ANOVA (proc glm), seguidos de la transformación en arcoseno y sometidos a una prueba de Tukey. Todas las pruebas se realizaron con el paquete estadístico de SAS versión 9.0 con un nivel de significancia de 0.05 (SAS, 2002).

En el capítulo cinco se determinó el manejo del cultivo e incidencia y control de *S. frugiperda* en el municipio de Ocoyucan, Puebla. De una lista de 120 productores beneficiados del Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO) se determinó el tamaño de muestra de 36 productores. Los productores seleccionados se entrevistaron para la recolección de la información. Se realizó un análisis descriptivo a todos los resultados, los cuales fueron expresados por sus promedios.

CAPÍTULO I.

ACTIVIDAD INSECTICIDA DE COMPUESTOS DE *Carica papaya* (L.) SOBRE EL GUSANO COGOLLERO *Spodoptera frugiperda* SMITH (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

Resumen

Se evaluó la actividad tóxica de compuestos ácidos grasos comerciales de semillas de *Carica papaya* en larvas de *Spodoptera frugiperda*. Estos compuestos se aplicaron en 10, 50, 100, y 1000 ppm en una dieta artificial del insecto plaga. Los resultados indicaron que el compuesto linoleico es el más activo por ser tóxico, inhibir el peso larval, prolongar el desarrollo larval-pupal y provocar deformaciones de *S. frugiperda*. El compuesto esteárico resultó ser tóxico, inhibió peso larval y prolongó el desarrollo pupal. La mezcla entre los compuestos esteárico + palmítico resultó ser más tóxica, esto sugiere un efecto sinergista, donde el compuesto palmítico actúa como potenciador, debido a que de forma individual no es tóxico, pero, al estar mezclado con el compuesto esteárico, este último aumenta su actividad tóxica e incluso provoca en el insecto deformaciones. Los compuestos palmítico y mirístico seguidos de la papaína comercial provocaron el mayor número de insectos deformados. Debido a la actividad tóxica y disuasoria que ocasionan, los ácidos grasos de semillas de *C. papaya*, pueden ser utilizados en un programa de manejo agroecológico para el control de la plaga *S. frugiperda*.

Palabras clave: Caricaceae, ácidos grasos, actividad biológica y gusano cogollero.

Abstract

The toxic activity of commercial fatty acid compounds from *Carica papaya* seeds was evaluated on *Spodoptera frugiperda* larvae. These compounds were applied in 10, 50, 100 and 1000 ppm in an artificial diet of the insect pest. The results indicated that the linoleic acid was the most active compound because it is toxic, inhibits the larval weight, delays the larval-pupal development and causes malformations in *S. frugiperda*. Stearic compound turned out to be toxic, inhibited larval weight and prolonged pupal development. The mixture of palmitic + stearic compounds proved to be more toxic, suggesting a synergistic effect by the palmitic acid because by itself is not toxic and when mixed with the stearic compound, increases its toxic activity and causes insect

malformations. Compounds palmitic and myristic followed by commercial papain caused the highest number of malformed insects. Because of the toxic and deterrent activity of fatty acids of seeds of *C. papaya*, these can be used in an agroecological management program to control *S. frugiperda*.

Key words: Caricaceae, fatty acids, biological activity and fall armyworm.

1. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* Linneo 1753, Poaceae) es un grano de gran importancia alimenticia. En 2005 a nivel mundial se produjeron 706, 263 t., de las cuales 22, 000 se cosecharon en México, pero en el país se consumieron 27, 900 t., existiendo una diferencia de 5, 900 t. que fueron importadas (USDAFAS, 2005). Uno de los factores limitantes para la producción del maíz lo constituyen los problemas fitosanitarios ya que es atacado por muchos insectos plaga, de las cuales *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) es la más importante. Esta especie, ataca todas las etapas de desarrollo de la planta en las zonas maiceras del Continente Americano y particularmente de las regiones tropicales y subtropicales de América Latina. Este insecto causa daños superiores al 10 % en Colombia (Mojocoa, 2004), 34 % en Brasil (Carnevalli y Florcovski, 1995), 40 % en Perú (Herrera, 1979), 50 % en Argentina (Murua y Virla, 2004), 60 % en Honduras (SAG, 1998) y hasta un 80 % en Venezuela (Fernández y Clavijo, 1985). En México ocasiona pérdidas entre un 20 y un 100 % (Del Rincón *et al.*, 2006).

Para su control se utilizan insecticidas sintéticos y con su uso indiscriminado se provocan daños a la salud de productores y consumidores (Huff y Haseman, 1991), formación de genotipos resistentes (Lagunes y Villanueva-Jiménez, 1994), eliminación de enemigos naturales de *S. frugiperda* lo que trae como consecuencia un incremento del costo de producción del maíz.

Una alternativa para esta problemática, es el uso de productos de origen vegetal, los cuales protegen a las plantas de patógenos y herbívoros (Ware y Mhitaker, 2004) y no eliminan enemigos naturales debido a su especificidad (Bahena *et al.*, 2003), además los insectos desarrollan menos resistencia (Boyetchko *et al.*, 1998). De manera específica, las semillas de *Carica papaya* (Linneo 1753, Caricaceae) son tóxicas sobre

las larvas del primer estadio de *S. frugiperda*. Esto ha sido demostrado por estudios previos, donde los polvos de semillas de *C. papaya* var. Mamey (Figueroa-Brito *et al.*, 2000, 2002a,b,c), como las vars. Maradol, Amarilla y Hawaiana (García, 2004; Franco, 2006; Franco *et al.*, 2006) a concentraciones de 10, 15 y 20 % causaron el 100 % de mortalidad larval de *S. frugiperda* en menos de 96 h. Existen más reportes de la actividad tóxica de mezclas de compuestos del extracto acetónico de semillas de *C. papaya* var. Mamey incorporadas a la dieta artificial. Los resultados indicaron que las mezclas de los compuestos mirístico, palmítico, oleico, esteárico y araquidónico con heptadecen-8-oico, o linoleico ocasionaron un 55-100 % de mortalidad de larvas del primer estadio de *S. frugiperda* (Figueroa-Brito, 2002). Es necesario estudiar estos ácidos grasos en forma pura para determinar si continúan siendo tóxicos en *S. frugiperda*.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Colecta y cría de *Spodoptera frugiperda*. Se realizaron colectas de larvas de *S. frugiperda* en cultivos de maíz en Yautepec, Morelos durante el mes de Julio del 2007. Con ayuda de pinceles y pinzas entomológicas se colectaron 153 larvas de diferentes estadios del insecto del cogollo del maíz (aprox. 15 días de desarrollo). Las larvas colectadas fueron llevadas al laboratorio y alimentadas de manera individual con la dieta artificial (Burton y Perkins, 1987) contenida en viales de plástico con tapa de 3 x 3.5 cm de altura y diámetro, respectivamente. Las larvas puparon en estos mismos viales y al emerger los adultos, fueron colocados en bolsas de papel encerado que contuvieron una caja Petri de plástico de 10 cm de diámetro con un algodón humedecido con una solución azucarada (10 %) para su alimentación. Estos adultos se aparearon entre sí al azar. Larvas recién nacidas de la F₂ se usaron en los bioensayos.

2.2. Obtención de compuestos puros. El extracto acetónico de semillas de *C. papaya* fue sometido a cromatografía en columna (CC) para fraccionar y purificar sus compuestos, donde se obtuvieron dos mezclas de los ácidos grasos: mirístico, palmítico, oleico, heptadecen-8-oico, linoleico, esteárico y araquidónico, las cuales resultaron activas sobre *S. frugiperda* (Figueroa-Brito, 2002). Los compuestos araquidónico, mirístico, linoleico, esteárico, palmítico y mezcla esteárico + palmítico

fueron comprados a proveedores comerciales y usados en la prueba experimental. La enzima papaína fue usada como referencia en forma comercial y de laboratorio.

2.3. Bioensayo. Para preparar 250 g de dieta artificial, se utilizó la propuesta por Burton y Perkins (1987) con agar (3.75 g), frijol (30 g), germen de trigo (13.75 g), levadura de cerveza (8.75 g), ácido ascórbico (0.87 g), ácido sórbico (0.27 g), metil parahidrobenzoato (0.55 g), formaldehído al 10 % (2.5 mL), agua para frijol (116 mL) y agua para agar (90 mL) mezclados con concentraciones de 10, 50, 100 y 1000 ppm de cada uno de los compuestos. Los tratamientos testigos fueron: dieta artificial, extracto acetónico de semillas de *C. papaya* var. Mamey (EASPMey) (10 ppm) y Malation[®] (4 ppm, 83.7 %, Malathion[®] 1000 E, concentrado emulsionable, Grupo Dragon, Izucar de Matamoros, Puebla, México). Los ingredientes de la dieta y la concentración de los compuestos se mezclaron siguiendo la metodología propuesta por Franco (2006). Se colocaron 5 mL de la dieta en contenedores de plástico de 3 x 3.5 cm de altura y diámetro, respectivamente. Una vez que la dieta gelificó, una larva del primer estadio se colocó mediante un pincel fino, en cada contenedor. Los tratamientos fueron arreglados bajo un diseño completamente al azar y cada tratamiento fue repetido cinco veces utilizando 20 larvas por repetición. Los contenedores con la dieta fueron colocados en una cámara de cría (marca Lab-Line Environette 844, serial no. 0600-003, Biotronette Plant Growth, USA) a 27 °C ± 1.5 °C, 60 % ± 7 °C HR y un fotoperiodo de 12:12 h luz: oscuridad. Las variables respuesta fueron: *a*) mortalidad del insecto; *b*) promedio del peso larval (7-14 días); *c*) tiempo de desarrollo larval y pupal (expresado en días) y *d*) porcentaje de anomalías en el insecto (larvas con parálisis, incapacidad de completar la muda de pupas y adultos, y adultos con alas arrugadas).

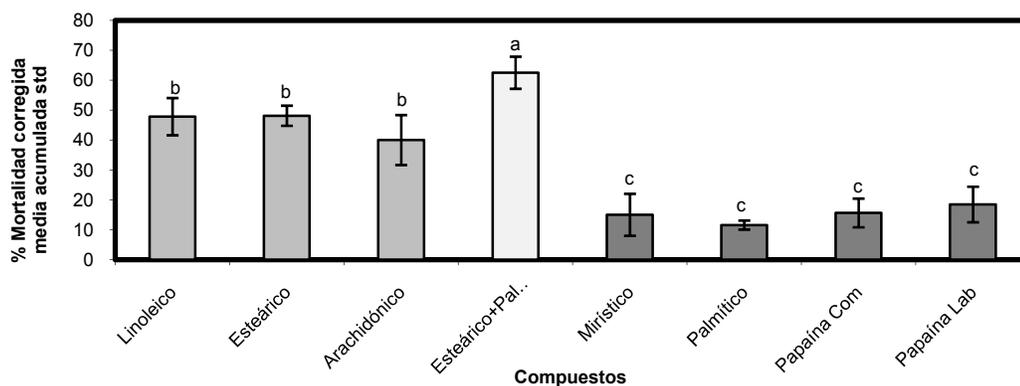
La mortalidad se analizó por medio de una regresión logística (PROC LOGISTIC) en función de los compuestos y las concentraciones. El peso larval (mg) y desarrollo larval y pupal del insecto (*d*) se analizaron por medio de una ANOVA de una vía (PROC GLM) con separación de medias de Tukey. Para las variables peso y desarrollo se utilizó el modelo: peso larval, desarrollo larval o desarrollo pupal = tratamiento.

Para la variable deformaciones se compararon los porcentajes de insectos deformados que ocasionaron los compuestos, con la prueba de Tukey a un nivel de significancia de

0.05 previo ANOVA de una vía (PROC GLM). Se utilizó el MODELO: deformes = tratamiento. Todas las pruebas fueron realizadas con SAS versión 9.0 (SAS, 2002).

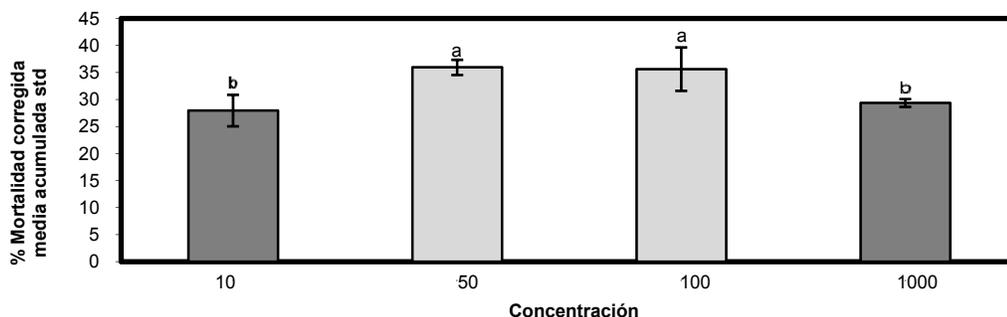
3. RESULTADOS

3.1. Mortalidad del insecto. En la mortalidad del insecto, por tipo de compuesto, se provocó un efecto significativo ($\chi^2= 436.54$; $gl= 5$; $p < 0.0001$), de los cuales, la mezcla esteárico + palmítico fue la más significativa (51.4 %, Figura 1). Respecto a la concentración, los compuestos evaluados a 50 y 100 ppm fueron más activos en la mortalidad del insecto ($\chi^2= 38.44$; $gl= 4$; $p < 0.0001$, Figura 2) siendo significativamente diferentes a 10 y 1000 ppm.



Entre los promedios que comparten la misma letra, no hay diferencias significativas ($P < 0.001$) según prueba de Tukey. Se reportan porcentajes de mortalidad. Las líneas verticales corresponden al error estándar (EE).

Figura 1. Mortalidad (\pm EE) del primer estadio larval de *Spodoptera frugiperda* alimentado con dieta artificial con ácidos grasos de *Carica papaya*.



Entre los promedios que comparten la misma letra, no hay diferencias significativas ($P < 0.001$) según prueba de Tukey. Se reportan porcentajes de mortalidad. Las líneas verticales corresponden al error estándar (EE).

Figura 2. Mortalidad (\pm EE) del primer estadio larval de *Spodoptera frugiperda* alimentado con dieta artificial por concentración.

A 10 y 100 ppm, la mezcla esteárico + palmítico fue la más activa por provocar un 74 y 94 % de mortalidad del insecto, respectivamente. Mientras que a 50 y 1000 ppm, los compuestos linoleico y araquidónico fueron los más tóxicos al ocasionar un 83 y 70 % de mortalidad del insecto, respectivamente. En un segundo orden de importancia el compuesto esteárico a 10 y 50 ppm, como el compuesto linoleico a 100 y 1000 ppm, pueden ser considerados activos. Los compuestos mirístico y palmítico, como la papaína comercial y de laboratorio no fueron tóxicos. Ningún compuesto resultó ser igual o más activo que los testigos Malation® y EASPMey (100 % de mortalidad) a 4 y 10 ppm, respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Mortalidad (\pm EE) del primer estadio larval de *Spodoptera frugiperda* alimentado con dieta artificial a diferentes concentraciones de ácidos grasos de *Carica papaya*.

| Compuestos | Mortalidad \pm ES (%) | | | |
|-----------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 10 ppm | 50 ppm | 100 ppm | 1000 ppm |
| Linoleico | 31 \pm 2.1 hijk | 83 \pm 2.6 abc | 66 \pm 7.0 bcdef | 53 \pm 7.9 cdefghij |
| Esteárico | 60 \pm 4.7 cdefgh | 75 \pm 4.7 abcd | 53 \pm 2.6 cdefghij | 46 \pm 6.1 defghijk |
| Araquidónico | 38 \pm 5.3 fghijk | 41 \pm 7.0 efghijk | 59 \pm 4.0 cdefghi | 70 \pm 5.8 abcde |
| Esteárico + Palmítico | 74 \pm 5.1 abcd | 63 \pm 6.3 cdefg | 94 \pm 5.2 ab | 49 \pm 2.1 defghijk |
| Mirístico | 41 \pm 3.9 efghijk | 26 \pm 5.4 jk | 32 \pm 6.3 hijk | 29 \pm 8.4 ijk |
| Palmítico | 35 \pm 4.7 ghijk | 22 \pm 7.1 k | 31 \pm 6.1 hijk | 29 \pm 3.3 ijk |
| Papaína Comercial | 35 \pm 9.1 ghijk | 34 \pm 4.0 ghijk | 26 \pm 4.0 jk | 36 \pm 7.0 ghijk |
| Papaína Laboratorio | 20 \pm 6.6 k | 56 \pm 4.0 cdefgij | 27 \pm 5.4 jk | 31 \pm 3.5 hijk |
| Testigo | 20 \pm 3.3 k | 20 \pm 3.3 k | 20 \pm 3.3 k | 20 \pm 3.3 k |
| EASPMey | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |
| Malation | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a |

*Medias en la misma columna seguidas por diferentes letras fueron significativamente diferentes (prueba de Tukey, $p < 0.05$).

E.E.: error estándar. EASPMey= extracto acetónico de semillas de *C. papaya* var. Mamey.

3.2. Peso larval (7-14 días). A los 7 días, el compuesto linoleico en las cuatro concentraciones, el compuesto esteárico a 10, 50 y 100 ppm y el insecticida Malation® fueron los más activos en la inhibición del peso larval del insecto (Cuadro 2), con relación a los demás compuestos y el testigo negativo de dieta artificial. De manera particular, el compuesto linoleico a 50 y 100 ppm como el compuesto esteárico a 10 ppm, provocaron la mayor disminución del peso larval del insecto (4.5, 4.6 y 4.7 mg, respectivamente, Cuadro 2). A los 14 días, los compuestos linoleico, esteárico y araquidónico en sus cuatro concentraciones, la mezcla esteárico + palmítico a 50, 100 y 1000 ppm y el insecticida Malation® continuaron siendo los más activos en la inhibición

del peso del insecto, con relación a los demás compuestos y el testigo negativo de dieta artificial (Cuadro 2). De manera particular, el Malation[®], el compuesto linoleico a 50, 100, 1000 y 10 ppm como la mezcla esteárico + palmítico a 1000 ppm provocaron la mayor disminución del peso larval del insecto (21.1, 28.5, 31.2, 39.9, 55.1 y 30.8 mg, respectivamente, Cuadro 2).

Cuadro 2. Peso y desarrollo (\pm EE) de *Spodoptera frugiperda* alimentado con dieta artificial con diferentes concentraciones de ácidos grasos de *Carica papaya*.

| Compuestos | Peso larval (mg) | | Desarrollo (d) | |
|--------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|
| | 7 días | 14 días | Larvas | Pupas |
| Linoleico 10 | 8.9 \pm 0.7 j | 55.1 \pm 4.7 i | 34.2 \pm 0.9 bcd | 12.4 \pm 1.6 abcd |
| 50 | 4.5 \pm 1.4 j | 28.5 \pm 9.1 i | 41.1 \pm 2.5 a | 10.9 \pm 1.8 bcdefg |
| 100 | 4.6 \pm 1.4 j | 31.2 \pm 2.1 i | 39.8 \pm 1.5 ab | 12.2 \pm 1.4 abcde |
| 1000 | 6.3 \pm 0.6 j | 39.9 \pm 5.3 i | 34.4 \pm 2.1 bc | 13.1 \pm 1.3 abc |
| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Esteárico 10 | 4.7 \pm 1.9 j | 60.9 \pm 7.9 i | 29.6 \pm 3.9 cde | 9.8 \pm 1.6 defgh |
| 50 | 8.4 \pm 1.9 j | 79.5 \pm 4.6 i | 36.5 \pm 2.4 ab | 10.2 \pm 1.9 cdefgh |
| 100 | 6.1 \pm 1.9 j | 57.1 \pm 8.8 i | 33.8 \pm 3.2 bcd | 10.8 \pm 0.7 bcdefg |
| 1000 | 68.2 \pm 9.1 j | 127.4 \pm 9.4 i | 21.1 \pm 0.9 ghijk | 12.2 \pm 1.7 abcde |
| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Araquidónico 10 | 152.2 \pm 6.1 ij | 301.4 \pm 5.2 i | 25.9 \pm 1.3 efgh | 9.4 \pm 1.1 efghi |
| 50 | 77.2 \pm 6.1 j | 154.4 \pm 4.4 i | 24.2 \pm 1.7 efghi | 10.6 \pm 0.8 bcdefg |
| 100 | 127.7 \pm 6.1 j | 255.5 \pm 3.1 i | 27.2 \pm 1.3 efg | 8.3 \pm 1.3 fghij |
| 1000 | 59.5 \pm 9.9 j | 192.1 \pm 6.6 i | 15.5 \pm 2.1 kl | 8.2 \pm 1.6 ghij |
| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Esteárico + Palmítico 10 | 69.9 \pm 6.1 j | 1756.8 \pm 8.0 f | 10.1 \pm 1.4 l | 13.3 \pm 0.8 ab |
| 50 | 78.8 \pm 6.3 j | 233.9 \pm 4.7 i | 21.3 \pm 4.6 ghijk | 12.2 \pm 0.4 abcd |
| 100 | 87.6 \pm 6.3 j | 291.8 \pm 9.8 i | 26.7 \pm 2.3 efg | 7.0 \pm 0.8 ij |
| 1000 | 60.9 \pm 8.6 j | 30.8 \pm 2.8 i | 16.9 \pm 2.2 jk | 7.0 \pm 1.4 ij |
| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Mirístico 10 | 457.9 \pm 5.2 gh | 5493.7 \pm 5.6 a | 18.1 \pm 0.7 ijk | 8.9 \pm 0.8 fghi |
| 50 | 770.4 \pm 6.3 f | 5047.9 \pm 8.2 b | 19.8 \pm 4.6 hijk | 9.2 \pm 0.4 fghi |
| 100 | 285.5 \pm 6.3 hij | 4614.1 \pm 9.3 c | 19.8 \pm 0.9 hijk | 9.6 \pm 0.8 defghi |
| 1000 | 450.6 \pm 6.7 ghi | 5520.2 \pm 9.7 a | 17.4 \pm 1.5 jk | 9.9 \pm 0.8 defgh |
| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Palmítico 10 | 693.9 \pm 7.6 fg | 1374.0 \pm 9.4 g | 21.3 \pm 1.3 ghijk | 7.5 \pm 1.4 hij |
| 50 | 1293.7 \pm 7.8 e | 1728.2 \pm 4.5 f | 19.6 \pm 3.3 ijk | 14.7 \pm 1.5 a |
| 100 | 820.4 \pm 7.8 f | 1670.9 \pm 6.4 f | 22.5 \pm 1.5 fghij | 12.8 \pm 0.8 abc |
| 1000 | 807.3 \pm 3.2 f | 1850.4 \pm 5.6 f | 19.6 \pm 1.2 ijk | 14.2 \pm 1.1 a |
| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Papaína Com 10 | 1496.1 \pm 4.5 de | 3268.8 \pm 6.1 d | 20.0 \pm 7.5 ghij | 11.2 \pm 1.6 bcdef |
| 50 | 2327.3 \pm 5.7 b | 3168.4 \pm 8.3 de | 19.4 \pm 1.5 ijk | 14.7 \pm 1.4 a |
| 100 | 3029.8 \pm 5.7 a | 3273.4 \pm 4.5 d | 18.6 \pm 1.7 ijk | 12.8 \pm 0.8 abc |
| 1000 | 1738.8 \pm 8.5 cd | 2939.2 \pm 6.4 e | 21.5 \pm 1.3 ghijk | 14.4 \pm 1.5 a |
| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Papaína Lab 10 | 87.2 \pm 7.6 j | 1177.9 \pm 3.5 g | 28.4 \pm 0.4 cdef | 10.7 \pm 1.7 bcdefg |
| 50 | 53.0 \pm 4.3 j | 813.5 \pm 8.2 h | 29.0 \pm 1.0 cde | 14.4 \pm 1.2 a |
| 100 | 97.4 \pm 4.3 j | 1313.8 \pm 8.6 g | 28.2 \pm 0.2 def | 9.1 \pm 0.6 fghi |
| 1000 | 1939.5 \pm 6.4 c | 3317.4 \pm 9.8 d | 28.8 \pm 1.3 cde | 14.2 \pm 1.3 a |
| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Malation | *9.72 j | *21.1 i | ---- | ---- |
| Testigo | 52.8 \pm 6.5 j | 670.7 \pm 8.6 h | 34.5 \pm 1.7 bc | 5.7 \pm 0.5 j |

Medias en la misma columna seguidas por diferentes letras fueron significativamente diferentes (prueba de Tukey, $p < 0.05$). E.E.: error estándar. *Valor único.

3.3. Desarrollo larval y pupal (expresado en días). El desarrollo de las larvas y pupas de *S. frugiperda* del extracto de semillas de *C. papaya* y el insecticida Malation® no fueron analizados por provocar ambos tratamientos un 100 % de mortalidad del insecto es este tiempo.

El desarrollo larval del insecto fue significativo en los compuestos evaluados ($F= 44.29$; $gl= 32, 132$; $p < 0.001$), siendo el compuesto linoleico en las cuatro concentraciones y el esteárico a 50 y 100 ppm los que provocaron el mayor alargamiento del desarrollo larval (41.1-33.8 d). En un segundo orden de importancia la papaína del laboratorio en sus cuatro concentraciones ocasionó un desarrollo larval entre 29.0-28.2 días, respectivamente.

Respecto al desarrollo pupal del insecto este fue significativamente afectado por los compuestos ($F= 23.33$; $gl= 32, 123$; $p < 0.0001$). De los cuales, las papaínas comercial y de laboratorio y el compuesto palmítico a 50 y 1000 ppm con 14 días de desarrollo pupal provocaron el mayor alargamiento pupal (8 d) con relación al testigo de dieta artificial (6 d). En un segundo orden de importancia la mezcla de esteárico + palmítico a 10 ppm y linoleico a 1000 ppm alargaron 7 días más el desarrollo pupal del insecto.

3.4. Porcentaje de deformaciones del insecto. El Cuadro 3 ilustra que la papaína comercial a 1000 ppm fue la más activa, seguida por el compuesto mirístico a 10, 100 y 1000 ppm al ocasionar un 8 %, como un 5 o 4 % de insectos deformados, respectivamente. Además, los compuestos palmítico a 10, 50 y 100 ppm, esteárico a 1000 ppm, mezcla esteárico + palmítico a 10 y 1000 ppm ocasionaron entre un 3 y 2 % de insectos deformados. Los demás compuestos no formaron insectos deformados.

Cuadro 3. Deformaciones de *Spodoptera frugiperda* alimentado con dieta artificial con diferentes concentraciones de ácidos grasos de *Carica papaya*.

| Compuesto | ppm | Deformaciones (%) |
|-----------------------|------|-------------------|
| Esteárico | 1000 | 2 e |
| Esteárico + palmítico | 10 | 3 d |
| | 1000 | 1 f |
| Mirístico | 10 | 5 b |
| | 100 | 4 c |
| | 1000 | 4 c |
| Palmítico | 10 | 2 e |
| | 50 | 2 e |
| | 100 | 3 d |
| Papaína comercial | 50 | 1 f |
| | 1000 | 8 a |

Medias en la misma columna seguidas por diferentes letras fueron significativamente diferentes (prueba de Tukey, $p < 0.05$).

4. DISCUSIÓN

4.1. Mortalidad del insecto. Este trabajo muestra que la mezcla de los compuestos esteárico + palmítico fue la más tóxica sobre *S. frugiperda*, al ocasionar una mortalidad del insecto que varió entre un 50 y 94 % a las cuatro concentraciones evaluadas. En un segundo orden de importancia los compuestos linoleico, esteárico y araquidónico fueron activos al provocar más del 50 % de mortalidad del insecto con dos o tres de sus concentraciones. En cambio, los compuestos mirístico, palmítico y la papaína comercial y de laboratorio no fueron tóxicos a ninguna concentración ensayada. Este último resultado sugiere que el compuesto palmítico tiene un efecto potenciador al ser mezclado con el compuesto esteárico, debido a que de manera individual no es activo y la actividad tóxica del compuesto esteárico sólo es menor. Pero ningún compuesto o la mezcla de compuestos fue más activo que el insecticida Malation[®] o el extracto acetónico de semillas de *C. papaya* var. Mamey los cuales ocasionaron el 100 % de mortalidad del insecto.

Estos resultados reafirman el efecto tóxico de las semillas de *C. papaya*, como el estudio realizado por Figueroa-Brito (2002), con el polvo de semillas de *C. papaya* (var. Mamey) a concentraciones de 10, 15 y 20 %, el cual causó un 100 % de mortalidad larval de *S. frugiperda* en tan sólo 24 h. En otro estudio, se evaluaron los polvos de semillas de otras tres vars. de la papaya (Maradol, Hawaiana y Amarilla) a concentraciones del 10, 15 y 20 %, las cuales también provocaron un 100 % de mortalidad larval de *S. frugiperda* (García, 2004). Posteriormente Franco *et al.* (2006) concluyeron que los polvos de las vars. Maradol, Mamey, Amarilla y Hawaiana de *C. papaya* a concentraciones de 10 y 15 % fueron altamente tóxicas por presentar una mortalidad del 100 % de larvas en tan sólo 96-72 h, respectivamente.

Se han realizado otras evaluaciones de las semillas de la papaya en forma de extractos, donde la actividad tóxica de estas semillas continuó siendo igual que el polvo. Esto fue demostrado por Figueroa-Brito (2002), quien evaluó los extractos hexánicos, acetónicos y metanólicos de la var. Mamey de *C. papaya*, de los cuales el extracto acetónico fue tóxico sobre las larvas de *S. frugiperda*, ya que a concentraciones de 10-15 % ocasionó un 100 % de mortalidad larval. Además, Franco (2006) evaluó los extractos hexánicos, acetónicos y metanólicos de las vars. Maradol, Mamey, Amarilla y

Hawaiana del polvo de semilla de *C. papaya* a concentraciones de 10, 100 y 1000 ppm, donde varios extractos fueron activos, sobresaliendo el extracto acetónico de la var. Maradol en todas las concentraciones por causar un 98.8-100 % de mortalidad del insecto. En el presente trabajo un efecto similar sucedió con el extracto acetónico de la var. Mamey al ocasionar un 100 % de mortalidad del insecto. Siendo incluso este extracto más efectivo que el insecticida Malation® por ocasionar el 100 % de mortalidad larval del insecto en menos tiempo.

En el presente estudio, la actividad tóxica de la mezcla esteárico + palmítico (10-100 ppm) y los compuestos araquidónico a 1000 ppm como linoleico y esteárico a 50 ppm con 74, 94, 70, 83 y 75 % de mortalidad, respectivamente, fue superior a lo reportado por Céspedes *et al.*, (2000) y Gallo *et al.* (2006) de compuestos de otras plantas. Por ejemplo, la mortalidad larval registrada de los limonoides gedunina a 52 ppm y cedrelanoide a 70 ppm aislados de *Cedrela* spp fue de 70.8 y 38 % de mortalidad, respectivamente (Céspedes *et al.*, 2000); mientras que con 1 mgg⁻¹ de los compuestos β -pedunculagina, castalagina, casuarinina, ácido ellágico, ácido ellágico 4-O- α -L-rhamnopiranosido y ácido sirángico aislados de *Siphoneugena densiflora* Berg (Myrtaceae) causaron un 0.0, 1.6, 3.1, 8.9, 21.0 y 26.1 % respectivamente, como los compuestos 2-O-hidroxiecdisona y 6-O- β -D-glucopiranosido provocaron un 2.8 y 0.0 % de mortalidad larval de *S. frugiperda*, respectivamente (Gallo *et al.*, 2006).

Existen más reportes de la actividad tóxica de mezclas de compuestos del extracto acetónico de semillas de *C. papaya* var. Mamey incorporadas a la dieta artificial. Los resultados indicaron que las mezclas de los compuestos mirístico, palmítico, oleico, esteárico y araquidónico con heptadecen-8-oico, o linoleico ocasionaron un 55-100 % de mortalidad de larvas del primer estadio de *S. frugiperda* (Figueroa-Brito, 2002). En el presente estudio, resultados similares fueron encontrados con la mezcla esteárico + palmítico al resultar ser más tóxica en la mortalidad del insecto que cualquier compuesto evaluado de forma individual. Esto sugiere que existe un efecto sinergista donde el compuesto palmítico actúa como potenciador.

4.2. Peso larval (7-14 días). Respecto al peso del insecto los compuestos linoleico y esteárico resultaron ser los más activos, seguidos de la mezcla de compuestos

esteárico + palmítico a 1000 ppm. Incluso, los compuestos linoleico y esteárico a los 7 días de crecimiento del insecto, provocaron mayor disminución del peso del insecto que el insecticida Malation[®]. En otros trabajos con semillas de *C. papaya*, Figueroa-Brito (2002) concluyó que el extracto hexánico de semillas de la var. Mamey, al igual que las fracciones 3-7 y 10-14, como mezclas de los ácidos mirístico, palmítico, oleico, esteárico y araquidónico con heptadecen-8-oico o linoleico a 25 ppm provocaron una alta inhibición del peso larval. Un efecto similar sucedió con el extracto hexánico de la var. Hawaiana y las fracciones 4, 5, 6, 7 y 10 del extracto acetónico de la var. Maradol a 10 ppm que inhibieron el peso larval (Franco, 2006).

Los resultados de los ácidos grasos linoleico, esteárico y esteárico + palmítico del presente estudio, concuerdan con los resultados de Figueroa-Brito (2002) y Franco (2006) con los extractos y/o mezclas de compuestos de semillas de *C. papaya* porque en los tres trabajos se inhibe el peso larval de *S. frugiperda*. Además, las semillas de *C. papaya* son más activas a 10 ppm en la inhibición del peso larval de *S. frugiperda* que el compuesto gedunina y las mezclas de fotogeduninos epidémicos y fotogeduninos acetatos a 52 ppm de *Cedrela salvadorensis* Standley y *Cedrela dugessi* S. Watson (Meliaceae) (Céspedes *et al.*, 2000).

4.3. Desarrollo larval y pupal (expresado en días). En el desarrollo del insecto, los compuestos linoleico (50 y 100 ppm) y esteárico (50 ppm) con 41, 40 y 36 días, respectivamente, resultaron ser los más activos en el desarrollo larval por provocar un alargamiento de 7, 6 y 2 días con relación al testigo de dieta artificial (34 d). En el desarrollo de las pupas, todos los compuestos provocaron que éste se alargara con respecto al tratamiento testigo. De los cuales, las dos papainas comercial y de laboratorio y el compuesto palmítico a 50 y 1000 ppm prolongaron el desarrollo de la pupa hasta 8 días más que el tratamiento testigo. La mezcla de compuestos esteárico + palmítico a 10 ppm y linoleico a 1000 ppm también alargaron 7 días más el desarrollo de la pupa del insecto.

Resultados similares fueron reportados por Franco (2006) quien mencionó que las fracciones 2, 4 y 5 del extracto acetónico de semillas var. Maradol a 10 ppm prolongaron el desarrollo de la pupa. En ambos trabajos se prolonga el desarrollo pupal

y en el presente estudio además se prolonga el desarrollo larval. Con estos resultados se reafirma un efecto antialimentario de las semillas de *C. papaya* sobre *S. frugiperda*.

4.4. Porcentaje de deformaciones del insecto. En otro estudio, las larvas de *S. frugiperda* sobrevivientes de las mezclas de fotogeduninos epidémicos y fotogeduninos acetatos a 10-52 ppm provocaron la formación de pupas deformes que no sobrevivieron (Céspedes *et al.*, 2000). Además Álvarez *et al.* (2007), concluyeron que los compuestos neonanonina, itrabina, asimicina y cherimolina-1 provocaron un 100 % de mortalidad del estado pupal y estos autores mencionaron que el 100 % de mortalidad pupal está aparentemente relacionada con la presencia de deformaciones en el abdomen de pupas o bien adultos que no lograron salir de la cubierta del pupario. Existe un estudio con semillas de papaya con resultados similares, realizado por Figueroa-Brito (2002) con el polvo de las semillas var. Mamey al 15 % al ser evaluado sobre larvas del quinto instar de *S. frugiperda* afectó su fase pupal al ocasionar deformaciones de pupas partidas de forma ventral y aumentar a un 100 % la mortalidad del insecto. Este mismo autor mencionó que los extractos hexánicos y acetónicos de hojas y flores de *C. papaya* var. Mamey causaron un 10 % de deformaciones en los adultos sobrevivientes, siendo las alas arrugadas el efecto más frecuente. Lo mismo sucedió con el extracto acetónico de semillas de la var. Amarilla, el cual causó un 71 % de deformaciones en los adultos sobrevivientes (Franco, 2006). En el presente trabajo sucedió un efecto similar porque la enzima papaína comercial y los compuestos mirístico, palmítico, esteárico y la mezcla esteárico + palmítico también provocaron la formación de pupas deformes y adultos que no lograron salir del pupario o bien adultos sobrevivientes que presentaron alas con deformaciones lo cual impide al insecto volar y resulta difícil que se alimenten y reproduzcan.

Con los resultados del presente estudio, se afirma la importancia de evaluar otros compuestos puros de las semillas de papaya (por ej. ácidos grasos: oleico, heptadecenoico como ergost-4-en-3-ona, caspest-4-en-3-ona, oleato de 1-glicerilo y palmitato de 2-glicerilo) para determinar su actividad tóxica, disuasoria y fisiológica en este insecto. Resultados en este sentido han sido bien ilustrados por el compuesto gedunina, mezclas de fotogeduninos epidémicos y fotogeduninos acetatos (Céspedes *et al.*, 2000), como el compuesto azadirachtina (Blaney *et al.*, 1990).

El objetivo de este estudio es utilizar estrategias menos dañinas que los insecticidas químicos, que no causen daños al ambiente, con estructuras novedosas, biodegradables que mantengan la biodiversidad, como los compuestos papaína y cistecina del látex de *C. papaya* evaluados contra *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) (Konno *et al.*, 2004), o bien, los compuestos acetogeninos de *A. cherimolia* sobre *S. frugiperda* (Álvarez *et al.*, 2007) y que no afecten a los enemigos naturales de *S. frugiperda* como el depredador *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) y el parasitoide *Trichogramma* sp (El-Wakeil *et al.*, 2006; Aggarwal y Brar, 2006).

5. CONCLUSIONES

- 1.- Los compuestos linoleico, esteárico y araquidónico, como la mezcla esteárico + palmítico provocaron el mayor porcentaje de mortalidad de *S. frugiperda*.
- 2.- Los compuestos linoleico y esteárico son los más activos en la disminución del peso larval del insecto. En segundo orden de importancia la mezcla esteárico + palmítico y compuesto araquidónico también disminuyen el peso larval.
- 3.- El desarrollo del insecto, se prolongó con el compuesto linoleico, seguido de la mezcla esteárico + palmítico y las dos papaínas (laboratorio y comercial).
- 4.- Los compuestos palmítico y mirístico seguidos de la papaína comercial provocaron el mayor número de insectos deformados.

6. LITERATURA CITADA

- Aggarwal, N., and D. S. Brar. 2006. Effects of different neem preparations in comparison to synthetic insecticides on the whitefly parasitoid *Encarsia sophia* (Hymenoptera: Aphelinidae) and the predator *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) on cotton under laboratory conditions. *Journal of Pest Science*, 79(4): 201-207.
- Álvarez, C. O., A. Neske, S. Popich, and A. Bardón. 2007. Toxic effects of annonaceous acetagenins from *Annona cherimolia* (Magnoliales: Annonaceae) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Pesticide Science*, 80(1): 63-67.
- Bahena J., F., Sánchez, M. y A. Miranda M. 2003. Extractos vegetales y bioplaguicidas, alternativas para el combate del “gusano cogollero del maíz” *Spodoptera*

- frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Entomología Mexicana*, 2: 366-372 pp.
- Blaney, W. M., M. S. J. Simmonds, S. V. J. Ley, C. Anderson, and P. L. Toogood. 1990. Antifeedant effects of azadirachtin and structurally related compounds on lepidopterous larvae. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 55(2): 149-160.
- Boyetchko, S., E. Pedersen, Z. Punja, and M. Reddy. 1998. Formulations of biopesticides. *Methods in Biotechnology*, 5: 487-508.
- Burton, L. R., and W. D. Perkins. 1987. Rearing the corn earworm and fall armyworm for maize resistance studies. *Proceedings of the International Symposium on Methodologies for Developing Host Plant Resistance to Maize Insects*. CIMMYT. México. 35-37 pp.
- Carnevali, P. C., and F. L. Florcovski. 1995. Efeito de diferentes fontes de nitrogênio em milho (*Zea mays* L.) sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797). *Ecossistema*, 20: 41-49.
- Céspedes, C. L., J. S. Calderón, L. Lina, and E. Aranda. 2000. Growth inhibitory effects on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* of some limonoids isolated from *Cedrela* spp. (Meliaceae). *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 48(5): 1903-1908.
- Del Rincón C., M. C., J. Méndez L. y E. Ibarra J. 2006. Caracterización de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* con actividad insecticida hacia el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 45(2): 157-164.
- El-Wakeil, N. E., N. M. Gaafar, and S. Vidal. 2006. Side effects of some neem products on natural enemies of *Helicoverpa* (*Trichogramma* spp) and *Chrysoperla carnea*. *Archives of Photopatology and Plant Protection*, 39(6): 445-455.
- Fernández B., R. I. y S. Clavijo, A. 1985. Efectos de los insecticidas (Diazinón y *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki) sobre los rendimientos del maíz, el porcentaje de infección por *Spodoptera frugiperda* (S.) y el grado de daño en parcelas experimentales de maíz. *Boletín Entomológico Venezolano*, 4(7): 53-59.

- Figuroa-Brito, R., M. Camino L., J. Taboada R., L. Aldana LI. y M. E. Valdés E. 2000. La efectividad de *Carica papaya* contra el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda*. XXXV Congreso Nacional de Entomología. Acapulco, Guerrero. 793-797 pp.
- Figuroa-Brito, R. 2002. Evaluación de extractos vegetales contra el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 14-24 pp.
- Figuroa-Brito, R., M. Camino, M. C. Pérez-Amador, V. Muñoz, E. Bratoeff, and C. Labastida. 2002a. Fatty acid composition and toxic activity of the acetonic extract of *Carica papaya* L. (Caricaceae) seeds. *Phyton International Journal of Experimental Botany*, 69: 97-99.
- Figuroa-Brito, R., J. S. Calderón, M. C. Pérez-Amador, V. Muñoz, M. C. Hernández, M. E. Valdés, and L. Aldana. 2002b. Toxicity and growth inhibitory effects of extracts and some fractions from *Carica papaya* against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Latinoamericana de Química*, 30(3): 98-102.
- Figuroa-Brito, R., M. Camino L., L. Aldana LI., M. E. Valdés E., J. Taboada R., J. S. Calderón P., F. Gómez-Garibay, C. Céspedes A., Y. Ríos G. y B. Aguilar G. 2002c. Productos naturales con actividad insecticida en el control de insectos plagas. *Simposio de Productos Naturales en Fitosanidad*. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (UAG) y Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (IPN). Cocula, Guerrero. 21-28 pp.
- Franco A., S. L. 2006. Evaluación del efecto tóxico de semillas de cuatro variedades de *Carica papaya* (Caricaceae) contra *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México. 38 p.
- Franco A., S. L., A. Jiménez P., C. Luna L. y R. Figuroa-Brito. 2006. Efecto tóxico de semillas de cuatro variedades de *Carica papaya* (Caricaceae) en *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 45(2): 171-177.

- Gallo M., B. C., C. Rocha W., S. da Cunha U., A. Diogo F., C. da Silva F., C. Viera P. J. D. Vendramin, B. Fernandes J., F. da Silva, M., and G. Batista-Pereira. 2006. Bioactivity of extracts and isolated compounds from *Vitex polygama* (Verbenaceae) and *Siphoneugena densiflora* (Myrtaceae) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pest Management Science*, 62: 1072-1081.
- García R., R. 2004. Efectividad de polvos de cuatro variedades de *Carica papaya* (Caricaceae) contra *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Guerrero. Unidad Académica de Ciencias Agrícolas y Ambientales. Iguala, Guerrero. 18-20 pp.
- Herrera A., J. 1979. *Principales plagas del maíz*. Boletín Especial de la Dirección de Agricultura y Ganadería del Perú. 10 p.
- Huff, J. E., and J. K. Haseman. 1991. Exposure to contain pesticides may pose real carcinogenic risk. *Chemical and Engineering News*, 69: 33-37.
- Konno, K., C. Hirayama, M. Nakamura, K. Tateishi, Y. Tamura, M. Hattori, and K. Kanno. 2004. Papain protects papaya trees from herbivorous insects: role of cysteine proteases in latex. *Plant Journal*, 37(3): 370-378.
- Lagunes T., A. y J. A. Villanueva-Jiménez. 1994. *Toxicología y manejo de insecticidas*. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. 35 Aniversario. 1ª Ed. México. 264 p.
- Mojocoa A., M. 2004. Efecto del uso del clorpirifos en maíz (*Zea mays* L.) sobre los artrópodos no-blancos del suelo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad de Tolima, Ibagué, Colombia. 8 p.
- Murua, M. G. y G. Virla E. 2004. Presencia invernal de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el área maicera de la provincia de Tucumán. Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, la Plata*, 105 (2): 46-52.
- SAS INSTITUTE 2002. SAS System for Windows, release 9.0. SAS Institute, Cary, NC.

Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). 1998. Manejo integrado del gusano cogollero. Proyecto de Sanidad Vegetal-GTZ. Tegucigalpa, M. D. C. Honduras, 3 p.

United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service (USDAFAS). 2005. World corn production, consumption and Stocks. [<http://www.corn.org/web/wcornprd.htm>, november 30, 2006], Westchester, EEUU.

Ware, W. G., and M. D. Whitaker. 2004. *An introduction to insecticides (4th edition)*. In: G. Ware, W. and Whitaker, D. M. (eds), *The Pesticide Book*. Ed. Thomson Publications, Fresno, California, USA. 41-74 pp.

CAPÍTULO II.

COMPATIBILIDAD DE *Chrysoperla carnea* (STEPHENS) CON SEMILLAS DE *Trichilia havanensis* (JACQ.) Y *Carica papaya* (L.)

Resumen

Se evaluó la actividad tóxica de los extractos acuosos y compuestos de *Carica papaya* y extractos acuosos de *Trichilia havanensis* sobre huevos, larvas y adultos de *Chrysoperla carnea*. Un primer ensayo consistió en evaluar los extractos acuosos de semillas de *C. papaya* variedades Mamey, Maradol y Hawaiana, y los extractos acuosos de semillas, pericarpio y semillas + pericarpio de *T. havanensis* a 1, 10, 100 y 1000 ppm sobre huevos. En un segundo ensayo de inmersión de huevos se evaluaron los compuestos comerciales linoleico, araquidónico, esteárico y esteárico + palmítico de *C. papaya* a 50, 100 y 1000 ppm. En un tercer ensayo de efecto residual, larvas (L₂) y adultos de *C. carnea* fueron expuestas a los compuestos puros de *C. papaya* a 50, 100 y 1000 ppm. En todos los ensayos se determinó el efecto en la mortalidad y reproducción de *C. carnea*. Los resultados indicaron que los extractos acuosos de *T. havanensis* y *C. papaya*, como sus ácidos grasos, no afectaron la mortalidad, ni la fecundidad y fertilidad del depredador *C. carnea*. Sin embargo, en el ensayo de inmersión de huevos, a 1000 ppm, el extracto acuoso de semillas de *C. papaya* var. Mamey y *T. havanensis*, así como el compuesto araquidónico, la fecundidad de huevos fue reducida en un 18.7, 14.2 y 22.2 %, respectivamente. Además, en ensayo residual de larvas (L₂), el compuesto araquidónico a 1000 ppm redujo la fertilidad de *C. carnea* en un 6.2 %. Debido a que los extractos acuosos de *T. havanensis* y *C. papaya* (excepto var. Mamey) como sus compuestos linoleico, esteárico y la mezcla esteárico + palmítico no afectaron la mortalidad y reproducción del depredador *C. carnea*, estos productos pueden ser utilizados en un programa de manejo agroecológico para el control de la plaga *Spodoptera frugiperda* en cultivos de maíz.

Palabras clave: Caricaceae, Meliaceae, efectos secundarios, Chrysopidae.

Abstract

The toxic activity of aqueous extracts and compounds of *Carica papaya* and aqueous extracts of *Trichilia havanensis* were evaluated on eggs, larvae and adults of *Chrysoperla carnea*. One experiment evaluated the effect of aqueous extract of seeds of

C. papaya varieties Mamey, Maradol and Hawaii and aqueous extract of seeds, pericarp and seeds + pericarp of *T. havanensis* at 1, 10, 100 and 1000 ppm in immersion test eggs. In a second trial, eggs were immersed into linoleic, arachidonic, stearic and stearic + palmitic compounds of *C. papaya* at 50, 100 and 1000 ppm dilutions. In a third test, larvae (L₂) and adult of *C. carnea* were exposed to pure compounds from *C. papaya* at 50, 100 and 1000 ppm to check for residual effects. In all trials, the effects on mortality and reproduction of *C. carnea* were determined. The results indicated that the aqueous extracts of *C. papaya* and *T. havanensis* and its fatty acids did not affect mortality or fertility and fertility of the predator *C. carnea*. But in the immersion test of eggs, at 1000 ppm, the aqueous extract of seeds of *C. papaya* var. Mamey and *T. havanensis*, as well as the arachidonic compound, oviposition of eggs was reduced by 18.7, 14.2 and 22.2 % respectively. Moreover, residual test on L₂ larvae showed that the arachidonic compound at 1000 ppm reduced fertility in *C. carnea* by 6.2 %. Because the aqueous extracts of *T. havanensis* and *C. papaya* (except var. Mamey) and its compounds linoleic, stearic and mixture stearic + palmitic acid did not affect mortality and reproduction of the predator *C. carnea*, they can be used in an agroecological management program to control *Spodoptera frugiperda* in corn.

Keywords: Caricaceae, Meliaceae, side effects, Chrysopidae.

1. INTRODUCCIÓN

Chrysoperla carnea Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) es considerado como uno de los más eficientes depredadores de los estados inmaduros de los noctuidos *Spodoptera frugiperda* Smith, *Heliothis zea* Boddie y *H. virescens* Fabricius. Debido a la relativa resistencia a varios insecticidas, *C. carnea* es susceptible de tomar parte en programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP), presentando una ventaja sobre otros depredadores o parasitoides que tienen mayor sensibilidad hacia los insecticidas (Senior y McEwen, 2001).

En México *S. frugiperda* es la principal plaga del maíz (*Zea mays* L.) debido a que ataca todas las etapas de desarrollo de la planta y ocasiona pérdidas de 20 a 100 % (Del Rincón *et al.*, 2006). Para su control, se utilizan insecticidas sintéticos, a los cuales ha formado resistencia (Young y McMillian, 1979, Wood *et al.*, 1981, Yu, 1991, Morrillo y Notz, 2001). Una alternativa a los insecticidas sintéticos es el uso de nuevos

compuestos insecticidas de origen natural, por su alta selectividad y baja persistencia en el ambiente (Isman, 1999).

En estudios previos, el extracto clorofórmico de semillas de *Trichilia havanensis* (Jacq.), como varias mezclas de compuestos presentaron efecto tóxico sobre *S. frugiperda* (Rosas-Alfaro, 2010). Efectos similares se observaron con el extracto acetónico de semillas de papaya *Carica papaya* (Linneo), como sus mezclas o compuestos puros de ácidos grasos, que fueron tóxicos o inhibieron a *S. frugiperda* (Figueroa-Brito *et al.*, 2002a, b). Por último, los ácidos grasos comerciales linoleico y esteárico, como esteárico-palmitico, mantienen su actividad tóxica (RFigueroa, 2010, datos no publicados). Los ácidos grasos no generan contaminación ambiental y son compatibles con agentes de control biológico (Oetting y Lamiter, 1995). Diversos estudios sobre efectos secundarios de los ácidos grasos sobre insectos no blanco han sido documentados recientemente (Ichaud y Mckenzie 2004; Stansly y Liu, 1997). Éstos resultaron tener baja toxicidad sobre *Chrysoperla rufilabris* Burmeister y *C. carnea* (Badawy y El-Arnaouty, 2000; Ichaud y Mckenzie, 2004). Sin embargo se ha descrito que otros productos de origen natural presentan efectos secundarios sobre *C. carnea*, como la azadiractina, que redujo su fertilidad (Medina *et al.*, 2004).

Por lo tanto, es necesaria la evaluación de los extractos acuosos de semillas y ácidos grasos de *C. papaya* como los extractos acuosos de semillas, pericarpio y semillas + pericarpio de *T. havanensis*, sobre *C. carnea* para determinar si no le causan efectos adversos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Cría de *Chrysoperla carnea*. Una colonia de laboratorio de *C. carnea* a 25 ± 2 °C, 70 ± 5 % humedad relativa y fotoperiodo de 16:8 (L: O) fue establecida a partir de adultos colectados en cultivos de alfalfa en San Matías Tlalancaleca, Puebla, México en 2008 y de larvas compradas en Bélgica en 2009. Las larvas fueron alimentadas con huevos de *Ephestia kuehniella* (Zeller) y los adultos con una dieta artificial descrita por Vogt *et al.* (2000). Adultos de *C. carnea* fueron obtenidos del pie de cría, los cuales fueron confinados en cajas de plástico descritas por Medina *et al.* (2001) durante el tiempo que duraron los experimentos. En estas cajas los adultos copularon y posteriormente ovipositaron en mallas de algodón. De esta manera su obtuvieron:

huevos de 24 h, larvas F₂ y adultos recién emergidos que fueron utilizados en los experimentos.

2.2. Obtención de extractos acuosos de *Carica papaya* y *Trichilia havanensis*.

Frutos maduros de *C. papaya* de las variedades Mamey, Maradol y Hawaiana fueron comprados en supermercados, en Puebla, México en febrero del 2008. Además, frutos maduros de *T. havanensis* fueron colectados de plantas de San Antonio Rayón, Jonotla, Puebla, México en noviembre del 2007. Estos frutos de ambas plantas fueron llevados al laboratorio para ser separados por semilla (*C. papaya*), pericarpio y semilla + pericarpio (*T. havanensis*). Todos los materiales seleccionados se dejaron secar a la sombra y posteriormente se pulverizaron en un molino eléctrico marca Nixtamatic usando un tamiz de 1.5 mm. Obtenidos los polvos, se colocaron en bolsas de plástico con sus respectivos datos de colecta en refrigeración (4 °C) para ser usados en los ensayos.

2.3. Obtención de ácidos grasos de *Carica papaya*. Los ácidos grasos comerciales: esteárico[®] (97 % esteárico, hojuelas blancas, Fermont, Nuevo León, México), octadecanoico[®] (52 % esteárico, 45 % palmítico, polvo blanco, Sigma, Steinheim, Alemania), araquidónico[®] (98 % araquidónico, polvo blanco, Sigma, Steinheim, Alemania) y linoleico[®] (95 % linoleico, concentrado de suspensión, Steinheim, Alemania) fueron usados en la evaluación de efectos en huevos, larvas y adultos.

2.4. Tratamientos. De resultados de Rosas-Alfaro (2010), se seleccionó el polvo de semillas de *T. havanensis*; y de los resultados de Figueroa-Brito (2002) y Franco *et al.* (2006) el polvo de semillas de *C. papaya* vars. Mamey, Maradol y Hawaiana disueltos en agua a 1, 10, 100 y 1000 ppm, para el estudio. Los extractos acuosos de ambas plantas fueron usados únicamente en el efecto de reproducción del ensayo por inmersión de huevos. Además, se seleccionaron los ácidos grasos: linoleico, araquidónico, esteárico y la mezcla esteárico + palmítico (1:1) a 50, 100 y 1000 ppm para este estudio. Todos los extractos acuosos y/o compuestos fueron diluidos y aforados en 100 mL de agua destilada. En las concentraciones de los compuestos se agregó el 1 % de acetronitrilo + 1 % de acetato de etilo. Tween 20 (0.1 %) fue usado como emulsificante (Medina *et al.*, 2006). Acetronitrilo, acetato de etilo y Tween 20 fueron útiles para disolver los compuestos y fueron previamente elegidos entre varios

solventes y emulsificantes con la garantía de que fueron inofensivos en el insecto benéfico. El testigo contuvo agua (para extractos) + acetronitrilo (1 %) + acetato de etilo (1 %) + Tween 20 (0.1 %) (para compuestos puros).

En total se realizaron tres tipos de ensayos. Cada ensayo, con sus respectivos tratamientos, se describe en los apartados siguientes. En todos los casos, el efecto de los tratamientos sobre las variables respuesta se evaluó mediante un diseño experimental completamente al azar con igual número de repeticiones por tratamiento.

2.4.1. Ensayo por inmersión de huevos de *Chrysoperla carnea*. Para evaluar el efecto en los huevos, se realizaron dos ensayos. En el primer ensayo se evaluaron los ácidos grasos linoleico, araquidónico, esteárico y la mezcla esteárico + palmítico (1:1) a 50, 100 y 1000 ppm, como sus respectivos testigos. En este ensayo se evaluó el efecto de los tratamientos en la supervivencia y reproducción de *C. carnea*.

En el segundo ensayo se evaluaron los extractos acuosos de semillas de *T. havanensis*; y *C. papaya* vars. Mamey, Maradol y Hawaiana a 1, 10, 100 y 1000 ppm. Los extractos acuosos de ambas plantas fueron usados únicamente en el efecto de reproducción de *C. carnea*.

De mallas de algodón con huevos de 24 h se seleccionaron 60 huevos aproximadamente. Cada malla fue considerada como una repetición y se establecieron cuatro repeticiones por cada tratamiento. Las mallas fueron sumergidas e impregnadas con soluciones de las concentraciones de los extractos acuosos y/o los compuestos, descritas previamente. De esta manera las mallas fueron colocadas en papel secante para eliminar el excedente de las soluciones y una vez que estuvieron completamente secas, éstas mallas fueron colocadas en cajas de plástico con huevos de *E. kuehniella* para prevenir el canibalismo de larvas neonatas antes de ser contadas bajo condiciones controladas. Los porcentajes de eclosión de huevos fueron calculados a los 5 o 6 días posteriores.

2.4.2. Ensayos residuales de larvas L₂ y adultos de *Chrysoperla carnea*. En el primer ensayo, placas de vidrio de 23 x 23 cm fueron asperjadas con 1 mL con las concentraciones de cada compuesto con ayuda del equipo Torre Potter, con un

depósito estándar de $1.54 (\pm 0.06) \text{ mg cm}^{-2}$ y una presión de 50 kPa calibrado (Hassan, 1994). Los testigos fueron tratados con agua + acetronitrilo (1 %) + acetato de etilo (1 %) + Tween 20 (0.1 %). Estas placas fueron colocadas en papel secante hasta que se evaporó el acetato de etilo. En cada placa fueron colocados siete vasos de plástico de $2 \times 1.8 \text{ cm}^3$ previamente impregnados con polvo de talco. Una larva de segundo ínstar (5 d de edad) fue colocada en cada vaso, en el que se le agregó como alimento huevos de *E. kuehniella*. De esta manera se consideró a la placa como una repetición y se realizaron cuatro repeticiones por tratamiento. Todas las placas estuvieron bajo condiciones controladas en la cámara de cría.

La mortalidad de las larvas se registró diariamente durante el tiempo de experimentación. Las pupas que sobrevivieron fueron confinadas a cajas de plástico para la emergencia de los adultos. Una vez que emergieron los adultos se juntaron y se pusieron a copular; nueve oviposiciones fueron seleccionadas, el substrato de oviposición (gasa de algodón) fue reemplazado diariamente a partir de la puesta de los huevos. La media del número de huevos por hembra establecida durante los primeros ocho días después del inicio de oviposición fue usada para evaluar la fecundidad. Para el ensayo de efectos de la fertilidad, huevos depositados del séptimo día (selección arbitraria entre los tratamientos) después de la primera oviposición, fueron colectados y colocados en cajas de plástico (9 x 4 cm de diámetro y altura) conteniendo huevos de *E. kuehniella* para prevenir el canibalismo de las larvas neonatas antes de los conteos. El número de larvas emergidas fue evaluado a los 5 o 6 días después.

En el segundo ensayo, se evaluó el efecto residual de los compuestos sobre adultos de *C. carnea*. Las placas de vidrio fueron impregnadas con las concentraciones de cada compuesto con ayuda de la Torre Potter. Estas placas fueron puestas sobre el papel secante para la evaporación del acetato de etilo. Dos placas impregnadas fueron usadas como base y tapa de una caja de plástico (11 x 5 cm de diámetro-altura) que tenían un agujero de 1 cm de diámetro, cubierto por una malla metálica e impregnada su pared de la dieta artificial para los adultos y provistas de agua. Tres pares de adultos coetáneos obtenidos del pie de cría *C. carnea* fueron introducidos en la caja de plástico. Fue necesario el uso de la anestesia de dióxido de carbono para facilitar la manipulación de adultos cuando fueron tratados con los compuestos (Viñuela, 1982).

De esta manera se consideró a la caja de plástico como una repetición y se realizaron cuatro repeticiones por tratamiento. Todas las cajas de plástico estuvieron bajo condiciones controladas en la cámara de cría. Después de dos días de exposición residual con los compuestos, los adultos cambiaron a cajas de plástico con una gasa de algodón para la puesta de los huevos. La siguiente metodología de mortalidad, fecundidad y fertilidad fue descrita en el primer ensayo, de acuerdo con Medina *et al.* (2001).

2.4.3. Análisis estadístico. Se compararon las medias de los porcentajes de mortalidad y de las variables de reproducción del insecto (fecundidad y fertilidad) con la prueba de Tukey a una probabilidad de 0.05, previo ANOVA de una vía, con el paquete estadístico SAS (versión 9.0) (SAS, 2002).

El análisis de datos se realizó de dos maneras, 1) para evaluar el efecto de los compuestos puros: linoleico, esteárico, araquidónico y mezcla esteárico + palmítico de *C. papaya*, sobre la mortalidad de *C. carnea*, con el fin de determinar cuál o cuáles compuestos son inocuos para el insecto, y 2) para evaluar el efecto de extractos acuosos de la semilla, pericarpio o la mezcla de ambos de *T. havanensis*, como los extractos acuosos de la semilla (vars. Mamey, Maradol y Hawaiana) y los compuestos puros de *C. papaya*, sobre las variables de reproducción de *C. carnea* (número de huevos puestos por hembra por día y el porcentaje de huevos eclosionados), con el fin de determinar cuáles extractos acuosos y/o compuestos no afectan la fertilidad y fecundidad del insecto.

3. RESULTADOS

3.1. Ensayo por inmersión de huevos de *Chrysoperla carnea*.

3.1.1. Efectos en la supervivencia. La mortalidad del insecto no fue detectada con los tratamientos de inmersión de huevos ($F = 2.01$; $gl = 14, 45$; $p > 0.389$) (Cuadro 1), es decir, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 1. Mortalidad (\pm EE) de huevos de *Chrysoperla carnea* tratada con 50, 100 y 1000 ppm de compuestos de semillas de *Carica papaya* en ensayo de inmersión de huevos.

| Compuestos | Mortalidad \pm EE (%) | | |
|-----------------------|-------------------------|------------------|------------------|
| | 50 ppm | 100 ppm | 1000 ppm |
| Linoleico | 8.0 \pm 0.8 a | 8.0 \pm 0.4 a | 12.0 \pm 1.1 a |
| Esteárico | 4.0 \pm 0.7 a | 8.6 \pm 0.4 a | 13.0 \pm 1.3 a |
| Araquidónico | 9.0 \pm 0.7 a | 12.5 \pm 0.8 a | 19.0 \pm 0.4 a |
| Esteárico + Palmítico | 5.0 \pm 0.8 a | 10.0 \pm 0.9 a | 9.5 \pm 0.8 a |
| Testigo | 10.7 \pm 0.4 a | 10.7 \pm 0.4 a | 10.7 \pm 0.4 a |

*Medias en columnas seguidas con la misma letra no fueron estadísticamente diferentes (prueba de Tukey, $p < 0.05$). EE: error estándar.

3.1.2. Efectos en la reproducción. El análisis de varianza mostró efecto significativo de los tratamientos sobre la fertilidad ($F = 1.79$; $gl = 29, 90$; $p = 0.0202$) y fecundidad ($F = 1.61$; $gl = 29, 90$; $p = 0.0468$) de *C. carnea*; sin embargo, la prueba de Tukey indica que únicamente los tratamientos consistentes en 1000 ppm de las semillas de *C. papaya* var. Mamey y *T. havanensis*, mostraron diferencia significativa en el número de huevos puestos por hembra por día, respecto al testigo. Por otra parte, de acuerdo con la prueba de Tukey, no se observaron diferencias significativas entre las medias del porcentaje de huevos eclosionados para los distintos tratamientos (Cuadro 2).

Respecto a los compuestos linoleico, esteárico, araquidónico y la mezcla esteárico + palmítico de semillas de *C. papaya*, el número de huevos puestos por hembra por día fue afectado por los tratamientos ($F = 2.95$; $gl = 15, 48$; $p = 0.0023$), donde el compuesto araquidónico a 1000 ppm disminuyó un 22 % la oviposición de huevos con respecto al testigo (Cuadro 3). En cambio, el porcentaje de huevos eclosionados no fue afectado por los tratamientos ($F = 0.44$; $gl = 15, 48$; $p > 0.9574$), lo que se ratifica con el resultado de la prueba de Tukey (Cuadro 3).

Cuadro 2. Efectos en la reproducción de *Chrysoperla carnea* (\pm EE) en ensayo de inmersión de huevos con extractos acuosos de *Carica papaya* y *Trichilia havanensis*.

| Tratamientos | Dosis (ppm) | Huevos/hembra/día | Eclosión de huevos (%) |
|-----------------------|-------------|-------------------|------------------------|
| <i>C. papaya</i> | | | |
| semillas Mamey | 0 | 29.9 \pm 0.4 a | 89.8 \pm 1.4 a |
| | 1 | 30.2 \pm 1.2 a | 90.7 \pm 1.2 a |
| | 10 | 28.5 \pm 3.7 ab | 85.5 \pm 3.7 a |
| | 100 | 27.4 \pm 3.1 ab | 87.9 \pm 3.8 a |
| | 1000 | 24.3 \pm 3.1 b | 84.1 \pm 3.8 a |
| semillas Maradol | 0 | 29.9 \pm 1.1 a | 89.9 \pm 3.4 a |
| | 1 | 28.0 \pm 1.5 ab | 90.9 \pm 3.7 a |
| | 10 | 28.9 \pm 1.7 ab | 86.8 \pm 4.7 a |
| | 100 | 29.9 \pm 1.0 a | 89.7 \pm 5.1 a |
| | 1000 | 29.0 \pm 1.0 ab | 87.1 \pm 3.0 a |
| semillas Hawaiana | 0 | 28.3 \pm 3.8 ab | 90.7 \pm 3.2 a |
| | 1 | 29.8 \pm 0.7 a | 89.6 \pm 2.2 a |
| | 10 | 29.5 \pm 0.4 a | 88.5 \pm 2.2 a |
| | 100 | 29.1 \pm 1.2 ab | 87.5 \pm 1.4 a |
| | 1000 | 28.5 \pm 1.2 ab | 85.7 \pm 3.7 a |
| <i>T. havanensis</i> | | | |
| semillas + pericarpio | 0 | 26.7 \pm 2.5 ab | 86.0 \pm 7.6 a |
| | 1 | 27.3 \pm 3.1 ab | 87.3 \pm 3.7 a |
| | 10 | 26.9 \pm 2.9 ab | 86.6 \pm 3.4 a |
| | 100 | 26.3 \pm 3.3 ab | 84.6 \pm 3.9 a |
| | 1000 | 26.3 \pm 3.3 ab | 84.4 \pm 2.7 a |
| semillas | 0 | 29.4 \pm 1.2 a | 87.1 \pm 3.6 a |
| | 1 | 28.3 \pm 3.9 ab | 85.1 \pm 2.3 a |
| | 10 | 26.8 \pm 2.3 ab | 85.8 \pm 3.1 a |
| | 100 | 26.2 \pm 2.9 ab | 84.3 \pm 4.8 a |
| | 1000 | 25.2 \pm 2.5 b | 81.3 \pm 6.6 a |
| Pericarpio | 0 | 28.9 \pm 0.9 ab | 86.8 \pm 2.9 a |
| | 1 | 29.1 \pm 0.7 ab | 87.3 \pm 2.2 a |
| | 10 | 28.4 \pm 1.5 ab | 85.4 \pm 2.1 a |
| | 100 | 28.1 \pm 0.7 ab | 84.4 \pm 4.6 a |
| | 1000 | 27.8 \pm 0.7 ab | 83.5 \pm 2.1 a |

En la misma columna y extracto acuoso, el dato (media \pm EE) seguido por la misma letra no hay diferencia estadística significativa (prueba de Tukey $p < 0.05$). EE: error estándar.

Cuadro 3. Efectos en la reproducción de *Chrysoperla carnea* (\pm EE) en ensayo de inmersión de huevos con compuestos de semillas de *Carica papaya*.

| Compuestos | Dosis (ppm) | Huevos/hembra/día | Eclosión huevos (%) |
|-----------------------|-------------|--------------------|---------------------|
| Linoleico | 0 | 28.5 \pm 1.4 abc | 85.7 \pm 4.3 a |
| | 50 | 28.6 \pm 2.8 ab | 86.0 \pm 5.3 a |
| | 100 | 26.2 \pm 3.8 abc | 84.2 \pm 5.3 a |
| | 1000 | 26.0 \pm 3.8 abc | 83.2 \pm 1.6 a |
| Esteárico | 0 | 28.9 \pm 1.6 a | 86.9 \pm 5.0 a |
| | 50 | 28.3 \pm 3.9 abc | 85.1 \pm 7.3 a |
| | 100 | 26.5 \pm 2.8 abc | 85.3 \pm 8.8 a |
| | 1000 | 25.6 \pm 2.8 abc | 82.1 \pm 2.6 a |
| Araquidónico | 0 | 28.8 \pm 1.2 ab | 86.4 \pm 3.7 a |
| | 50 | 28.8 \pm 2.6 ab | 86.6 \pm 3.8 a |
| | 100 | 22.6 \pm 3.6 bc | 84.1 \pm 3.2 a |
| | 1000 | 22.4 \pm 3.6 c | 82.6 \pm 0.9 a |
| Esteárico + Palmítico | 0 | 28.0 \pm 0.9 ab | 84.2 \pm 2.8 a |
| | 50 | 28.5 \pm 1.6 abc | 85.6 \pm 2.9 a |
| | 100 | 28.0 \pm 2.4 abc | 84.1 \pm 4.8 a |
| | 1000 | 27.2 \pm 2.4 abc | 81.6 \pm 7.3 a |

En la misma columna y extracto acuoso, el dato (media \pm EE) seguido por la misma letra no hay diferencia estadística significativa (prueba de Tukey $p < 0.05$). EE: error estándar.

3.2. Ensayo residual en larvas L₂ y adultos de *Chrysoperla carnea*.

3.2.1. *Efectos en la supervivencia.* La mortalidad del insecto no fue significativa con los tratamientos de ensayo residual en larvas L₂ (F = 0.42; gl = 14, 45; p = 0.9619, Cuadro 4 A) y ensayo en adultos (F = 0.44; gl = 14, 45; p = 0.9529, Cuadro 4 B).

3.2.2. *Efectos en la reproducción.* El ensayo residual de larvas (L₂) indicó que el número de huevos puestos por hembra por día no fue afectado por los tratamientos (Larvas: F = 2.39; gl = 15, 128; p = 0.0045) (Cuadro 5). En cambio, el porcentaje de huevos eclosionados presentó diferencias entre los tratamientos (Larvas: F = 2.3; gl = 15, 128; p < 0.0063) (Cuadro 5); de manera particular, el compuesto araquidónico a 1000 ppm provocó la disminución de la eclosión de huevos en un 6.2 %, la cual fue significativamente menor comparada con el testigo (Cuadro 5).

Para el caso de los adultos, con los compuestos linoleico, esteárico, araquidónico y mezcla esteárico + palmítico, el número de huevos puestos por hembra por día (Adultos: $F = 1.05$; $gl = 15, 128$; $p > 0.4113$) y el porcentaje de huevos eclosionados (Adultos: $F = 0.67$; $gl = 15, 128$; $p > 0.8096$) no presentaron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 5).

Cuadro 4. Mortalidad (\pm EE) de *Chrysoperla carnea* tratada con 50, 100 y 1000 ppm de compuestos de semillas de *Carica papaya* en ensayo residual. (A) Larva L₂. (B) Adulto.

| Compuestos | Mortalidad \pm EE (%) | | |
|-----------------------|-------------------------|------------------|------------------|
| | 50 ppm | 100 ppm | 1000 ppm |
| a) LARVAS | | | |
| Linoleico | 3.7 \pm 0.5 a | 7.4 \pm 1.3 a | 11.1 \pm 0.7 a |
| Esteárico | 3.7 \pm 0.7 a | 3.7 \pm 0.4 a | 7.4 \pm 1.3 a |
| Araquidónico | 7.4 \pm 0.7 a | 14.8 \pm 1.3 a | 18.5 \pm 1.1 a |
| Esteárico + Palmítico | 3.7 \pm 0.5 a | 11.1 \pm 1.8 a | 14.8 \pm 0.4 a |
| Testigo | 3.7 \pm 0.5 a | 3.7 \pm 0.5 a | 3.7 \pm 0.5 a |
| b) ADULTOS | | | |
| Linoleico | 3.5 \pm 0.4 a | 3.5 \pm 0.4 a | 7.4 \pm 0.8 a |
| Esteárico | 3.7 \pm 0.5 a | 3.7 \pm 0.5 a | 3.7 \pm 0.5 a |
| Araquidónico | 3.7 \pm 0.5 a | 7.4 \pm 0.4 a | 11.1 \pm 1.3 a |
| Esteárico + Palmítico | 3.5 \pm 0.8 a | 3.7 \pm 0.9 a | 7.4 \pm 0.8 a |
| Testigo | 3.5 \pm 0.4 a | 3.5 \pm 0.4 a | 3.5 \pm 0.4 a |

*Medias en la columna seguidas con la misma letra no fueron estadísticamente diferentes (prueba de Tukey, $p < 0.05$). EE: error estándar.

Cuadro 5. Efectos en reproducción de *Chrysoperla carnea* (\pm EE) en ensayo residual de larvas (L₂) y adultos con compuestos de semillas de *Carica papaya*.

| Compuestos | ppm | Larvas (L ₂) | | Adultos | |
|-----------------------|------|--------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| | | Huevos/hembra/día | Eclosión huevos (%) | Huevos/hembra/día | Eclosión huevos (%) |
| Linoleico | 0 | 28.5 \pm 1.5 a | 85.7 \pm 4.6 a | 25.8 \pm 2.4 a | 85.4 \pm 7.3 a |
| | 50 | 27.8 \pm 1.4 a | 83.5 \pm 4.2 ab | 28.1 \pm 1.5 a | 83.2 \pm 3.2 a |
| | 100 | 26.6 \pm 3.0 a | 83.7 \pm 6.5 ab | 27.1 \pm 2.9 a | 82.1 \pm 5.2 a |
| | 1000 | 28.6 \pm 0.7 a | 85.9 \pm 2.2 a | 26.5 \pm 3.0 a | 85.6 \pm 3.3 a |
| Esteárico | 0 | 27.9 \pm 0.6 a | 83.9 \pm 2.0 ab | 27.9 \pm 0.6 a | 83.9 \pm 2.0 a |
| | 50 | 27.1 \pm 2.3 a | 83.7 \pm 3.7 ab | 27.1 \pm 2.3 a | 83.7 \pm 3.7 a |
| | 100 | 26.1 \pm 2.3 a | 81.3 \pm 5.8 ab | 26.3 \pm 2.5 a | 81.3 \pm 5.8 a |
| | 1000 | 28.8 \pm 1.8 a | 85.2 \pm 5.2 ab | 27.0 \pm 2.5 a | 85.2 \pm 5.2 a |
| Araquidónico | 0 | 27.2 \pm 0.5 a | 84.5 \pm 1.2 ab | 26.9 \pm 1.8 a | 83.5 \pm 5.9 a |
| | 50 | 26.9 \pm 0.6 a | 81.4 \pm 1.9 ab | 27.1 \pm 2.7 a | 83.6 \pm 3.3 a |
| | 100 | 26.4 \pm 1.2 a | 80.9 \pm 2.0 ab | 26.7 \pm 2.1 a | 82.6 \pm 5.1 a |
| | 1000 | 26.4 \pm 0.4 a | 79.2 \pm 3.6 b | 28.4 \pm 1.0 a | 85.3 \pm 3.2 a |
| Esteárico + Palmítico | 0 | 27.6 \pm 0.5 a | 83.1 \pm 1.6 ab | 26.6 \pm 2.4 a | 85.1 \pm 5.8 a |
| | 50 | 27.2 \pm 0.8 a | 81.9 \pm 2.4 ab | 27.9 \pm 1.1 a | 83.8 \pm 3.5 a |
| | 100 | 26.3 \pm 2.2 a | 81.8 \pm 1.6 ab | 26.9 \pm 1.9 a | 83.4 \pm 3.7 a |
| | 1000 | 27.3 \pm 0.7 a | 82.1 \pm 2.2 ab | 28.4 \pm 1.1 a | 85.2 \pm 3.4 a |

*Medias en la misma columna seguidas por diferentes letras fueron significativamente diferentes (prueba de Tukey, $p < 0.05$). EE: error estándar.

4. DISCUSIÓN

Los extractos acuosos de pericarpio, semillas y semillas + pericarpio de *T. havanensis*, como extractos acuosos de semillas de tres variedades de *C. papaya* como sus ácidos grasos no afectaron la supervivencia de *C. carnea*. La fertilidad, no se vio afectada con independencia de los extractos acuosos, ácidos grasos o el tipo de ensayo (inmersión y/o efecto residual), sólo el extracto acuoso de semillas de *T. havanensis* y *C. papaya* var. Mamey, como su ácido graso araquidónico ejercieron un efecto negativo cuando las hembras tratadas con las mayores concentraciones evaluadas, redujeron un 18.7, 14.2 y 22 % su puesta de huevos, respectivamente. Referente a la fecundidad, el ácido graso araquidónico, fue el único ácido de los evaluados que afectó significativamente la fecundidad de *C. carnea*. Efectos similares se obtuvieron con el polvo de semillas de *T. havanensis* al 1 y 5 % al reducir significativamente el número medio de huevos por hembra por día de *C. carnea*, ya que al 1 %, la puesta de huevos se redujo más del 70 % en relación al testigo. En la concentración de 5 % se observó una total inhibición de la oviposición. En contraste en la fecundidad de los huevos, no se observaron diferencias significativas a la concentración del 1 % (Huerta, 2004). Realizando la comparación de estos resultados con los del presente estudio, hay similitud en cuando la actividad de *T. havanensis* al 1 % porque este autor obtuvo un 70 % de afectación en el número medio de huevos por hembra por día de *C. carnea* y en el presente estudio la afectación fue de un 16.5 %. Esta diferencia de afectación puede ser debida al tipo de ensayo evaluado, porque Huerta (2004) evaluó el polvo de semillas de *T. havanensis* en ensayos de ingestión de adultos de *C. carnea*, mientras que en el presente estudio, el extracto acuoso de semillas de *T. havanensis* fue evaluado en ensayo de inmersión de huevos de *C. carnea*. Además, polvos y extractos acuosos de *T. havanensis* y *C. papaya* al 10 % han demostrado ser tóxicos sobre larvas de *S. frugiperda* (Franco *et al.*, 2006). Por estos tres resultados, se recomienda aplicar los extractos acuosos de semillas de *T. havanensis* y *C. papaya* a dosis inferiores del 1 % para el control de larvas de *S. frugiperda* sin que con esto se afecte las poblaciones de *C. carnea*.

Las mezclas de ácidos grasos de semillas de *C. papaya*, fueron tóxicas en larvas de *S. frugiperda* (Figueroa-Brito *et al.*, 2002a, b). Los ácidos grasos han demostrado ser tóxicos sobre insectos o artrópodos plagas (Silva *et al.*, 2005; Don-Pedro, 2006, Månsson *et al.*, 2006; Tsolakis y Ragusa, 2008). Aunque el extracto acuoso de semilla

de *C. papaya* var. Mamey como su ácido graso araquidónico son efectivos para el control del gusano cogollero del maíz *S. frugiperda* por ingestión en dieta artificial o discos de hojas de maíz (Figuroa-Brito *et al.*, 2002a, b), que no están de acuerdo con los resultados observados en el depredador. La mortalidad después de la ingestión del extracto acuoso de semillas de *C. papaya* como su ácido graso araquidónico depende de la concentración del ensayo según lo descrito por Figuroa-Brito *et al.* (2002b) después de los tratamientos orales de larvas de *S. frugiperda* (Smith). Los síntomas observados en larvas de *S. frugiperda*, después de contracciones musculares involuntarias, hay una parálisis progresiva debido a la sobreexcitación prolongada del sistema nervioso, produciendo fatiga neuromuscular. Esto puede deberse a que los derivados de ácidos grasos provocan asfixia al producir la oclusión mecánica de las aberturas del cuerpo; los insectos se deshidratan debido a las propiedades cáusticas de los constituyentes alcalinos libres sobre la cutícula de los insectos y la saponificación de los ácidos grasos incrementa la actividad disruptiva de las membranas celulares (Puterka *et al.*, 2003). Esto es necesario ser verificado en el compuesto araquidónico. Además, no se tienen reportes de manera específica de la toxicidad de araquidónico en otros enemigos naturales, únicamente este ácido graso se ha encontrado en dos insectos depredadores, *Cicindela circumpecta* LaFerté-Sénéctère, (Coleoptera: Cicindelidae) y *Asilis* sp (Coleoptera: Cantharidae) (Uscian *et al.*, 1992). Por esto, se discute el uso de los ácidos grasos compatibles con los ácaros depredadores *Typhlodromus pyri* Scheuten (Hardman *et al.*, 1995), *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Tsolakis y Ragusa, 2008), *Amblyseius andersoni* Chant (Acari: Phytoseiidae) (Raudonis *et al.*, 2010), los depredadores coccinélidos *Stethorus histrio* Chazeau (Ripa *et al.*, 2006), *Nephaspis oculatus* Blatchley (Liu y Stansly, 1996), *Cycloneda sanguinea* L., *Curinus coeruleus* Mulsant, *Harmonia axyridis* Pallas, *Olla v-nigrum* Mulsant (Ichaud y McKenzie, 2004), *Coccinella septempunctata* L., *Adalia bipunctata* L. y *Hippodamia variegata* Goeze (Coleoptera: Coccinellidae) (Karagounis *et al.*, 2006), depredador Hemiptera *Orius insidiosus* Say (Hemiptera: Anthocoridae), como depredadores Neuroptera *Chrysoperla rufilabris* Burmeister, *Ceraeochrysa cubana* Hagen (Neuroptera: Chrysopidae) (Schuster y Stansly, 2000; Ichaud y McKenzie, 2004), evaluados en las fases comerciales disponibles para el control biológico. En estudios anteriores, los ácidos grasos también son compatibles con los parasitoides

Himenopteros *Aphytis melinus* De Bach, *Encarsia formosa* Gahan y *Eretmocerus eremicus* Rose y Zolnerow (Hymenoptera: Aphelinidae) (Javed y Matthews, 2002; Ichaud y McKenzie, 2004). Sin embargo, la selectividad de los depredadores a los ácidos grasos está en discusión debido a que los ácidos grasos son altamente tóxicos para las larvas de *N. oculatus* (Liu y Stansly, 1996). Musau y Parry (1988) reportan una significativa mortalidad de larvas del depredador *Aphidecta obliterata* L. (Coleoptera: Coccinellidae); cuando fueron evaluadas con tratamientos por vía ingestión y aplicación tópica de formulaciones de sales de potasio de ácidos grasos al 1 %. Un efecto similar fue reportado con los adultos y ninfas del depredador *O. insidiosus* quienes fueron afectados por el jabón insecticida a base de ácidos grasos a su concentración recomendada de uso 10 g de ingrediente activo litro^{-1} (Bostanian *et al.*, 2005). Los ácidos grasos son considerablemente más tóxicos a parasitoides adultos tales como *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphididae) (Tremblay *et al.*, 2008), donde sus adultos en ensayos de toxicidad de contacto y toxicidad residual fueron afectados (Bostanian *et al.*, 2005). Aunque algunas de estas diferencias pueden explicarse teniendo en cuenta que los resultados en el laboratorio pueden ser diferentes de los obtenidos en el campo, es evidente que el perfil de seguridad de los ácidos grasos no es tan claro. En el caso particular de *C. carnea*, aunque los ácidos grasos y particularmente el ácido araquidónico son prácticamente no tóxicos a larvas y adultos, se ha demostrado que es nocivo para la oviposición y fertilidad de este depredador. Badawy y El-Arnaouty (1999) expusieron huevos y larvas de *C. carnea* a tres grupos de insecticidas (organofosforados, carbamatos y biocidas) con diferentes modos de acción a dosis de campo y dosis reducidas utilizando el método de película seca y efectos de contacto y estomacal. Schuster y Stansly (2000) concluyeron que las larvas de *C. cubana* fueron tolerantes a la aplicación tópica del insecticida bioracional M-Pede[®] (a base de sales de potasio de ácidos grasos). Estos autores mencionaron que en concentraciones de campo, M-Pede[®] (1 % por volumen) junto con otros insecticidas bioracionales no fue tóxico en larvas o adultos de *C. rufilabris* y *C. cubana* en ensayo tópico y residual. De acuerdo con este resultado, se puede concluir que los ácidos grasos afectan la oviposición y fertilidad de hembras de *C. carnea*, pero en menos medida que otros insecticidas convencionales con acción neurotóxica como el insecticida Malation[®] (Badawy y El-Arnaouty, 1999).

En este trabajo, el ácido linoleico no modificó la mortalidad, fecundidad y fertilidad de huevos, larvas y adultos de *C. carnea* por ensayos de inmersión de huevos y efectos residuales. Similares conclusiones en cuanto a la inocuidad de este compuesto se obtuvieron con el tratamiento de alimentación con dieta natural y sustituto presa en el depredador *H. axyridis* (Specty *et al.*, 2003). En contraste, en tratamientos de pre-oviposición de la plaga *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera: Bruchidae) decrece el desarrollo de la progenie con los ácidos grasos oleico y linoleico (Don-Pedro, 2006). Cohen y Levinson (1972) agregaron los ácidos grasos al 1 y 5 % a la dieta de *Dermestes maculatus* Degeer (Coleoptera: Dermestidae), donde el ácido linoleico y más ácidos suprimen la fertilidad porque pueden interferir con el desarrollo embrionario de este insecto plaga. En similar efecto, el ácido linoleico inhibe la cadena del transporte electrónico de la respiración mitocondrial de *S. frugiperda* (Moran *et al.*, 2001). Un efecto similar fue detectado de los ácidos linoleico y oleico quienes fueron tóxicos en larvas (L₄) de *Aedes aegyptii* Linneo (Diptera: Culicidae), como provocan potente efecto de disuasión de la alimentación a larvas recién nacidas de *Helicoverpa zea* Boddie (Lepidoptera: Noctuidae), *Lymantria dispar* Linneo (Lepidoptera: Lymantriidae), *Orgyia leucostigma* y *Malocosoma disstria* Hubner (Lepidoptera: Lasiocampidae) (Ramsewak *et al.*, 2001).

Las larvas de *Ostrinia nubilalis* Hübner (Lepidoptera: Crambidae), alimentadas con la dieta enriquecida con ácido linoleico se desarrollaron más lentamente que las larvas alimentadas con la dieta enriquecida con aceite de cártamo o la dieta de testigo. La mortalidad se aumentó en gran medida en las larvas alimentadas con la dieta enriquecida con el ácido linoleico (Gereszek *et al.*, 2008).

En este trabajo, un efecto similar al ácido linoleico fue observado con el ácido esteárico, este compuesto en forma pura o en mezcla con el ácido palmítico (1:1) tampoco afectó la mortalidad, oviposición y fertilidad de *C. carnea*. Los contenidos de los ácidos esteárico, palmítico, linoleico, entre otros ácidos grasos fueron determinados en el coccinélido depredador *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) alimentado con el pulgón *Acyrtosiphon pisum* Harris (Homoptera: Aphididae) o huevos de *E. kuehniella*, sin presentar efectos negativos notorios en sus parámetros biológicos (Specty *et al.*, 2003). En cambio, el compuesto esteárico es tóxico, inhibe peso larval y

prolonga desarrollo pupal de *S. frugiperda*. Además, la mezcla entre los compuestos esteárico + palmítico resultó ser más tóxica, esto sugiere un efecto sinergista, donde el compuesto palmítico actúa como potencializador, debido a que de forma individual no es tóxico, pero, al estar mezclado con el compuesto esteárico, este último aumenta su actividad tóxica e incluso provoca en el insecto deformaciones (RFIGueroa-Brito, datos no publicados). Un efecto similar sucedió con el ácaro plaga *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), donde la mezcla de esteárico + palmítico (1-0.5 mg), como la mezcla de oleico + linoleico + linoleico (0.5-0.5-3 mg) afectaron el periodo de oviposición y disminuyeron la viabilidad de huevos de *T. urticae* (Ekka *et al.*, 1971). Los ácidos grasos linoleico, oleico y esteárico disminuyeron la emergencia de los adultos de *C. maculatus*, y además el ácido esteárico afecta el porcentaje de oviposición de este insecto plaga (Lienard *et al.*, 1993).

Además, Raina *et al.*, (2004) concluyeron que las hembras y machos de *C. carnea* son atraídos por derivados de ácidos grasos y terpenos. Tal es el caso de las plantas de maíz, las plantas atacadas por larvas de *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae) emiten el ácido jasmónico que atrae al parasitoide de este insecto plaga, *Microplitis rufiventris* Kokujev (Hymenoptera: Braconidae) (Rosta's y Turlings, 2008). Como los adultos del parasitoide *Cardiochiles nigriceps* Vierick (Hymenoptera: Braconidae) son atraídos hacia los frutos de la planta *Physalis angulata* L. (Solanaceae) tratados con ácido linoleico. *C. nigriceps* no se desarrolla en larvas de los lepidópteros *Heliothis subflexa* Guenee y *Heliothis virescens* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae), alimentados de frutos sin ácido linoleico, pero si se desarrolla en larvas de ambos insectos plaga que se alimentaron de frutos tratados con ácido linoleico (De Moraes y Mescher, 2004). Por último, en el campo, las plantas de tomate tratadas con ácidos grasos e infestadas con el gusano soldado *Spodoptera exigua* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) mejoró la atracción y/o retención de la avispa parasitoide *Hyposoter exiguae* Viereck (Hymenoptera: Ichneumonidae) en relación con las plantas no tratadas con ácidos grasos (Thaler, 1999).

Teniendo en cuenta que los ácidos grasos son inofensivos para huevos, larvas y adultos de *C. carnea* en el caso de laboratorio, estos nuevos compuestos pueden ser recomendados para su uso en programas de MAP en donde participa la población de la

crisopa. En el caso del ácido araquidónico, el efecto sobre *C. carnea* depende fuertemente de la concentración utilizada y más estudios se necesitan para tener ventaja del potencial que ofrece este nuevo producto en el mercado de control de plagas.

La intención es proponer estrategias menos dañinas que los insecticidas químicos con los productos derivados de ácidos grasos que son efectivos en varios artrópodos plaga, como el Acaridoil 13SL[®] efectivo sobre *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) y compatible con el ácaro depredador *Phytoseiulus persimilis* (Tsolakis y Ragusa, 2008). O bien, el M-Pede[®] contra ninfas de *Bemisia argentifolii* Bellows (Liu y Stansly, 2000) el cual es menos tóxico para los neurópteros *Chrysoperla carnea*, *Chrysoperla rufilabris* y *Ceraeochrysa cubana* que otros insecticidas comúnmente usados en campos de cultivos agronómicos, por ejemplo, el Malation[®] (Badawy y El-Arnaouty, 1999; Schuster y Stansly, 2000).

5. CONCLUSIONES

1.- Los extractos acuosos de *Carica papaya* y *Trichilia havanensis* (1, 10, y 100 ppm) como compuestos linoleico, esteárico y mezcla esteárico + palmítico (50, 100 y 1000 ppm) no afectaron la mortalidad, fecundidad y fertilidad del depredador *Chrysoperla carnea*.

2.- Los extractos acuosos al 1000 ppm de semillas de *T. havanensis* y *Carica papaya* var. Mamey, como el compuesto araquidónico disminuyeron un 14.2, 18.7 y 22 % la oviposición de huevos de *Chrysoperla carnea*, respectivamente en ensayo de inmersión de huevos.

3.- Además, a 1000 ppm del araquidónico disminuyó un 6.2 % la fecundidad de huevos, en ensayo residual de larvas (L₂) de *Chrysoperla carnea*.

4.- El extracto acuoso de semillas de *Trichilia havanensis* y *Carica papaya*, como sus compuestos linoleico, esteárico y la mezcla esteárico + palmítico pueden ser usados junto con el depredador *Chrysoperla carnea* en un programa de manejo agroecológico para el control de la plaga *Spodoptera frugiperda* en cultivos de maíz.

6. LITERATURA CITADA

- Badawy, H. M. A., and S. A. El-Arnaouty. 1999. Direct and indirect effects of some insecticides on *Chrysoperla carnea* (Stephens) s.l. (Neuroptera: Chrysopidae). *Journal of Neuropterology*, 2: 67-76.
- Bostanian, N. J., M. Akalach, and H. Chiasson. 2005. Effects of a *Chenopodium*-based botanical insecticide/acaricide on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae). *Pest Management Science*, 61(10): 979-984.
- Cohen, E., and Z. H. Levinson. 1972. The effect of fatty acids on reproduction of the hide beetle *Dermestes maculatus* (Dermestidae; Coleoptera). *Life Sciences*, 11(6): 293-299.
- Del Rincón C., M. C., J. Méndez L. y E. Ibarra J. 2006. Caracterización de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* con actividad insecticida hacia el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 45(2): 157-164.
- De Moraes, C. M., and M. C. Mescher. 2004. Biochemical crypsis in the avoidance of natural enemies by an insect herbivore. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of American*, 101(4): 8993-8997.
- Don-Pedro, K. N. 2006. Insecticidal activity of fatty acid constituents of fixed vegetable oils against *Callosobruchus maculatus* (F.) on cowpea. *Pesticide Science*, 30(3): 295-302.
- Ekka, I., J. G. Rodriguez, and D. L. Davis. 1971. Influence of dietary improvement on oviposition and egg viability of the mite, *Tetranychus urticae*. *Journal of Insect Physiology*, 17(8): 1393-1399.
- Figuroa-Brito, R. 2002. Evaluación de extractos vegetales contra el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 14-24 pp.

- Figuroa-Brito, R., M. Camino, M. C. Pérez-Amador, V. Muñoz, E. Bratoeff, and C. Labastida. 2002a. Fatty acid composition and toxic activity of the acetonic extract of *Carica papaya* L. (Caricaceae) seeds. *Phyton International Journal of Experimental Botany*, 69: 97-99.
- Figuroa-Brito, R., J. S. Calderón, M. C. Pérez-Amador, V. Muñoz, M. C. Hernández, M. E. Valdés, and L. Aldana. 2002b. Toxicity and growth inhibitory effects of extracts and some fractions from *Carica papaya* against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Latinoamericana de Química*, 30(3): 98-102.
- Franco A., S. L., A. Jiménez P., C. Luna L. y R. Figuroa-Brito. 2006. Efecto tóxico de semillas de cuatro variedades de *Carica papaya* (Caricaceae) en *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 45(2): 171-177.
- Gereszek, L. J., J. R. Coats, and D. C. Beitz. 2008. Effects of dietary conjugated linoleic acid on european corn borer (Lepidoptera: Crambidae) survival, fatty acid profile, and fecundity. *Annals of the Entomological Society of America*, 101(2): 430-438.
- Hardman, J. M., R. F. Smith, and E. Bent. 1995. Effects of different integrated pest management programs on biological control of mites on apple by predatory mites (Acari) in Nova Scotia. *Environmental Entomology*, 24(1): 125-142.
- Hassan, S. A. 1994. Activities of the IOBC/Wprs working group pesticides and beneficial organisms. *IOBC Bulletin*, 17(10): 1-5.
- Huerta P., A. 2004. Compatibilidad de la lucha química y biológica. Evaluación en laboratorio de modernos insecticidas que ofrecen interés para su uso en sistemas productivos sostenibles en el depredador cosmopolita *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). Tesis de Doctorado. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 179 pp.
- Ichaud, J. P. M. and C. L. Mckenzie. 2004. Safety of a novel insecticide, sucrose octanoate, to beneficial insects in Florida citrus. *Florida Entomologist*, 87(1): 6-9.
- Isman, M. B. 1999. *Neem and related natural products*. 139-153 pp. In: F. R. Hall and J. J. Menn (eds), *Biopesticides: use and delivery*. Humana, Totowa, N. J.

- Javed, M. A., and G. A. Matthews. 2002. Bioresidual and integrated pest management status of a biorational agent and a novel insecticide against whitefly and its key parasitoids. *International Journal of Pest Management*, 48(1): 13–17.
- Karagounis, C., A. K. Kourdoumbalos, J. T. Margaritopoulos, G. D. Nanos, and J. A. Tsitsipis. 2006. Organic farming-compatible insecticides against the aphid *Myzus persicae* (Sulzer) in peach orchards. *Journal of Applied Entomology*, 130(3): 150-154.
- Lienard, V., D. Seck, G. Lognay, C. Gaspar, and M. Severin. 1993. Biological activity of *Cassia occidentalis* L. against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, 29(4): 311-318.
- Liu, T. X., and P. A. Stansly. 1996. Toxicological effects of selected insecticides on *Nephaspis oculatus* (Col., Coccinellidae), a predator of *Bemisia argentifolii* (Hom., Aleyrodidae). *Journal of Applied Entomology*, 120(1-5): 369-373.
- Liu, T. X., and P. A. Stansly. 2000. Insecticidal activity of surfactants and oils against silverleaf whitefly (*Bemisia argentifolii*) nymphs (Homoptera: Aleyrodidae) on collards and tomato. *Pest Management Science*, 56(10): 861-866.
- Månsson, P. E., F. Schlyter, C. Eriksson, and K. Sjödin, 2006. Nonanoic acid, other alkanolic acids, and related compounds as antifeedants in *Hylobius abietis* pine weevils. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 121(3): 191–201.
- Medina, P., F. Budia, L. Tirry, G. Smagghe, and E. Viñuela. 2001. Compatibility of sinosad, thifenoxyde and azadirachtin on eggs and pupae of the predator *Chrysoperla carnea* (Stephens) under laboratory conditions. *Biocontrol Science Technology*, 11: 597–610.
- Medina, P., F. Budia, P. Del Estal, and E. Viñuela. 2004. Influence of azadirachtin, a botanical insecticide, on *Chrysoperla carnea* (Stephens) reproduction toxicity and ultrastructural approach. *Journal of Economic Entomology*, 97: 43–50.
- Medina, P., F. Budia, M. González, B. Rodríguez, A. Díaz, A. Huerta, N. Zapata, and E. Viñuela. 2006. Effects of botanical insecticides on two natural enemies of importance in Spain: *Chrysoperla carnea* (Stephens) and *Psytalia concolor*

(Szépligeti). *Pesticides and Beneficial Organisms IOBC/wprs Bulletin*, 29 (10): 85-93.

Moran, J. H., T. Mon, T. L. Hendrickson, L. A. Mitchell, and D. F. Grant. 2001. Defining mechanisms of toxicity for linoleic acid monoepoxides and idols in Sf-21 Cells. *Chemical Research in Toxicology*, 14 (4): 431–437.

Morrillo, F. y A. Notz. 2001. Resistencia de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a lambdacihalotrina y metomil. *Entomotropica*, 16(2): 79-87.

Musau, D. M., and W. H. Parry. 1988. Comparison of the potential of organophosphorous insecticides and soaps in conifer aphid control. *Crop Protection*, 7(4): 267-272.

Oetting, R. D., and J. G. Lamiter. 1995. Effects of soaps, oils, and plant growth regulators (PGRs) on *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) and PGRs on *Orius insidiosus* (Say). *Journal of Agricultural Entomology*, 12(2-3): 101-109.

Puterka, G. J., Farone, W. Palmer, T. and Barrigton, A. 2003. Structure-function relationships affecting the insecticidal and miticidal activity of sugar esters. *Journal of Economic Entomology*, 96(3): 636-644.

Raina, R., M. Joseph, and A. Sen. 2004. Electroantennogram responses of *Chrysoperla carnea* (Stephens) to volatiles. *Indian Journal of Experimental Biology*, 42(12): 1230-1234.

Ramsewak, R. S., M. G. Nair, S. Murugesan, W. J. Mattson, and J. Zasada. 2001. Insecticidal fatty acids and triglycerides from *Dirca palustres*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(12): 5852-5856.

Raudonis, L., L. Duchovskienė, A. Valiuškaitė, and E. Survilienė. 2010. Toxicity of biopesticides to green apple aphid, predatory insects and mite in an apple-tree orchard. *Zemdirbyste-Agriculture*, 97(1): 49–54.

Ripa, S. R., F. Rodríguez A., P. Carral D. y F. Luck R. 2006. Evaluación de un detergente en base a Benceno sulfonato de sodio para el control de la mosquita blanca *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) (Hemiptera: Aleyrodidae) y de la araña

- roja *Panonychus citri* (McGregor) (Acarina: Tetranychidae) en naranjos y mandarinos. *Agricultura Técnica* (Chile), 66(2): 115-123.
- Rosas-Alfaro, M. L. 2010. Actividad biológica de extractos de tres especies vegetales en larvas de *Spodoptera frugiperda* Smith. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.
- Rosta's, M., and T. C. J. Turlings. 2008. Induction of systemic acquired resistance in *Zea mays* also enhances the plant's attractiveness to parasitoids. *Biological Control*, 46(2): 178–186.
- SAS INSTITUTE 2002. SAS System for Windows, release 9.0. SAS Institute, Cary, NC.
- Schuster, D. J., and P. A. Stansly. 2000. Response of two lacewing species to biorational and broad-spectrum insecticides. *Phytoparasitica*, 28(4): 297-304.
- Senior, I. J., and P. K. McEwen. 2001. *The use of lacewings in biological control*. pp. 297-299. In: McEwen P., New T. R. y Whittington A. E. (eds), *Lacewings in the Crop Environment*. Cambridge, University Press. UK.
- Silva F., M. A., J. C. Rodríguez M., O. Díaz G. y N. Bautista M. 2005. Efectividad biológica de un derivado de ácido graso para el control de *Macrosiphum rosae* L. (Homoptera: Aphididae) y *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Agrociencia*, 39(3): 319-325.
- Specty, O., G. Febvay, S. Grenier, B. Delobel, C. Piotte, J. F. Pageaux, A. Ferran, and J. Guillaud. 2003. Nutritional plasticity of the predatory ladybeetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae): comparison between natural and substitution prey. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 52(2): 81–91.
- Stansly, P. A., and T. X. Liu. 1997. Selectivity of insecticides to *Encarsia pergandiella* (Hymenoptera: Aphelinidae), an endoparasitoid of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *Bulletin of Entomological Research*, 87: 525-531.
- Thaler, J. S. 1999. Jasmonate-inducible plant defenses because increased parasitism of herbivores. *Nature*, 399: 686–688.

- Tremblay, É., A. Bélanger, M. Brosseau, and G. Boivin. 2008. Toxicity and sublethal effects of an insecticidal soap on *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae). *Pest Management Science*, 64(3): 249-254.
- Tsolakis, H., and S. Ragusa, 2008. Effects of a mixture of vegetable and essential oils and fatty acid potassium salts on *Tetranychus urticae* and *Phytoseiulus persimilis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 70(2): 276-282.
- Uscian, J. M., J. S. Miller, R. W. Howard, and D. W. Stanley-Samuelson. 1992. Arachidonic and eicosapentaenoic acids in tissue lipids of two species of predacious insects, *Cicindela circumpecta* and *Asilis* sp. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 103(4): 833-838.
- Viñuela, E. 1982. Influence of cold and carbon dioxide on the susceptibility of adults of *Ceratitis capitata* to malathion. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 32(3): 296-298.
- Vogt, H., F. Bigler, K. Brown, M. P. Candolfi, F. Kemmeter, Ch. Kühner, M. Moll, A. Travis, A. Ufer, E. M. Viñuela, and A. Walterdorfer. 2000. *Laboratory method to test effects of plant protection products on larvae of Chrysoperla carnea (Neuroptera: Chrysopidae)*. In: Gent. Candolfi, M. P. Candolfi., S. Blümel, R. Forster, F. Bakker, C. Grimm., S. A. Hassan, U. Heimbach, B. Mead-Briggs, R. Reber, R. Schmuck and H. Vogt (eds), Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-target arthropods. IOBC/wprs. pp. 27-44.
- Wood, K. A., B. H. Wilson, and J. B. Graves. 1981. Influence of host plant on the susceptibility of the fall armyworm to insecticides. *Journal of Economic Entomology*, 74(1): 96-98.
- Young, J. R. and W. W. McMillian. 1979. Differential feeding by two strains of fall armyworm larvae on carbaryl treated surfaces. *Journal of Economic Entomology*, 72(2): 202-203.
- Yu, S. J. 1991. Induction of microsomal oxidases by host plant in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 17(1): 59-67.

CAPÍTULO III.

FUENTES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y ACTIVIDAD INSECTICIDA DEL EXTRACTO ACUOSO DE *Carica papaya* L. SOBRE *Spodoptera frugiperda* SMITH EN MAÍZ

Resumen

La presente investigación tuvo la finalidad de estimar el daño del gusano cogollero en maíz durante su etapa vegetativa, tratada con fertilizantes químicos nitrogenados y vermicomposta junto con aplicación de extracto de papaya. Se sembraron dos semillas de maíz en bolsa de plástico con tierra negra o en tierra negra + vermicomposta (3:1) y posteriormente a la germinación y aclareo, las bolsas fueron colocadas en un invernadero. Se prepararon los tratamientos: 1. tierra negra (= TN) + sulfato de amonio (=SA); 2. TN + S. A. + extracto acuoso de semillas de *Carica papaya* al 20 % (=EASCP); 3. TN + vermicomposta (=VE); 4. TN + VE + EASCP, 5.- TN + urea (=U); 6.- TN + U + EASCP, 7.- TN + fosfonitrato (=FN); 8.- TN + FN + EASCP. Como testigos positivos se utilizaron: 9.- TN + EASCP y 10.- TN + Malatión® (2 μ l / 14 mL) y como testigo negativo sólo se utilizó: 11.- TN. Cada tratamiento constó de seis repeticiones, con cinco plantas por tratamiento. Se infestó el cogollo de todas las plantas con larvas del primer estadio de *S. frugiperda* con ayuda de un pincel. Las variables respuesta fueron el porcentaje de germinación, longitud de la segunda y quinta hoja, diámetro de tallo y altura de la planta; así como la estimación de daño causado por larvas de *S. frugiperda* al maíz. Los resultados indicaron que la vermicomposta ayudó a la germinación de la semilla; el sulfato de amonio provocó mayor crecimiento y desarrollo de planta. Las fuentes de nitrógeno estimularon a *S. frugiperda* a ocasionar más daño a la planta. El sulfato de amonio + extracto acuoso de semillas de *C. papaya* registró el menor daño del insecto al maíz.

Palabras clave: gusano cogollero, daño, fertilizantes químicos, Caricaceae, extracto acuoso.

Abstract

This research was intended to estimate the damage of the fall armyworm in corn during the vegetative stage, treated with chemical nitrogen fertilizers and application of

vermicompost along with papaya extract. Two corn seeds were planted in a plastic bag with black soil or black soil + vermicompost (3: 1) and subsequently to the germination and thinning, the bags were placed in a greenhouse. Treatments applied were: 1. black soil (= BS) + ammonium sulphate (= AS), 2. BS + AS + aqueous extract of *Carica papaya* seeds at 20 % (= AECPS), 3. BS + vermicompost (= VE), 4. BS +VE + AECPS, 5. BS + urea (= U), 6. BS + U + AECPS, 7. BS + fosfonitrat (= FN), 8. BS + FN + AECPS. As positive controls I used: 9. BS + AECPS and 10. BS + Malathion® (2 µl / 14 mL) and a negative control was: 11. BS. Each treatment consisted of six replicates with five plants per treatment. The shoot was infested plants of all first instars larvae of *S. frugiperda* using a brush. The outcome variables were the percentage of germination, length of the second and fifth leaf, stem diameter and plant height, and the estimation of damage caused by larvae of *S. frugiperda* on corn. The results indicated that vermicompost helped seed germination; the ammonium sulfate increased plant growth and development. The nitrogen sources stimulate *S. frugiperda* to cause more damage to the plant. Ammonium sulfate + aqueous extract of seeds of *C. papaya* had the lowest insect damage to maize.

Keywords: fall armyworm, damage, chemical fertilizers, Caricaceae, water extract.

1. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L. Poaceae) es un cereal adaptado a diversas condiciones ecológicas y ocupa el primer lugar en la producción mundial de cereales, porque de acuerdo con la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) en 2005 se cosecharon 147.6 millones de hectáreas y su rendimiento fue de 711.8 millones de toneladas (FAO, 2005). El maíz es el único cultivo que se produce en todas las regiones de México en una amplia rango de condiciones agro-climáticas por productores que se diferencian en la dotación de factores, estructuras de manejo y capacidades técnicas. Alrededor del 70 % de la producción total proviene de ocho estados (Chiapas, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Puebla, Sinaloa y Veracruz). Además, más del 50 % de la superficie total cultivada en México se dedica a la producción del maíz (SAGARPA, 2007). Para el 2005, se cosecharon 19, 339 miles de toneladas en la República Mexicana, de las cuales 778 miles de toneladas se produjeron en el estado de Puebla (SIACON, 2005). Sin embargo, la producción del

grano es insuficiente para satisfacer la demanda nacional, por lo que existe un déficit, que se debe cubrir con importaciones.

Entre las causas del déficit de la producción nacional, cabe destacar el desgaste de la fertilidad del suelo, como el ataque de enfermedades y plagas, que merman la calidad y los rendimientos de las cosechas (Obando *et al.*, 1999). El uso ineficiente de los fertilizantes, traducido como el suministro excesivo de los elementos químicos a los suelos de los cultivos, ha sido señalado a través del tiempo, como contaminante de las áreas de producción agrícola del mundo. Los productores regularmente aplican grandes cantidades de fertilizantes nitrogenados para obtener altos rendimientos de productos de buena calidad. Esto puede ser sano desde una perspectiva económica, pero no desde el punto de vista ambiental. A menudo grandes cantidades de nitrógeno permanecen en el suelo después de la cosecha, las cuales pueden afectar la calidad del agua y suelo mediante la percolación de nitratos y la calidad del aire por la emisión del óxido nitroso (Añez y Espinoza, 2002) y/o amoníaco (Houghton *et al.*, 1990). Estos óxidos están involucrados en la lluvia ácida, destrucción de la capa de ozono estratosférica e incrementó del efecto de invernadero (Duxbury, 1994). Se han realizado trabajos para mejorar la calidad del suelo, como para controlar las plagas y enfermedades del maíz de manera independiente. Altieri y Nicholls (1999) mencionaron que a pesar de los vínculos potenciales de la fertilidad del suelo y la protección de los cultivos, los conceptos del Manejo Integrado de las Plagas (MIP) y el Manejo Integrado de Fertilidad de Suelos (MIFS) han procedido separadamente.

Spodoptera frugiperda Smith (Lepidoptera: Noctuidae) es una de las principales plagas que atacan al maíz, cuyo daño ocasiona pérdidas entre el 20 y 90 % (Del Rincón *et al.*, 2006). Los daños más severos se presentan en el desarrollo inicial de la planta, 30 días después de la siembra. Se alimenta de hojas y brotes tiernos, especialmente de los cogollos. Es un masticador del tejido vegetal, causando pérdidas en la producción y siendo más graves los daños en siembras tardías. Para su control, ha predominado el uso de los insecticidas químicos, los cuales además de eliminarlo, disminuyen las poblaciones de insectos benéficos (depredadores y/o parasitoides), e inducen con su uso continuó a la resistencia de *S. frugiperda* y también ocasionan contaminación al ambiente.

Luna (1988) demostró que altas tasas de fertilización nitrogenada causan un incremento de *S. frugiperda*, así como otras poblaciones de insectos. En cambio, en la agricultura con fundamento agroecológico, el hombre incrementa o mantiene los rendimientos adecuados de sus cultivos reduciendo los insumos energéticos (fertilizantes y plaguicidas químicos) y adoptando técnicas agrícolas con aprovechamiento racional que no dañen al ambiente. El uso de materia orgánica (composta, estiércol) mejora las propiedades físicas, biológicas y químicas del suelo. Con la aplicación de extractos de semillas de *Carica papaya* vars. Mamey, Amarilla, Hawaiana y Maradol (Figueroa-Brito, 2002a, b; García, 2004; Franco *et al.*, 2006) se provocó disminución del porcentaje del daño de *S. frugiperda* a las plantas de maíz.

Por lo anterior, con la presente investigación se estimó el daño del gusano cogollero en maíz durante la etapa vegetativa del cultivo en plantas tratadas con extracto de papaya y aplicación de fertilizantes químicos nitrogenados y vermicomposta.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Colecta y cría de *Spodoptera frugiperda*. Se realizaron colectas de larvas de *S. frugiperda* en cultivos de maíz en Yautepec, Morelos durante el mes de julio del 2005. Con ayuda de pinceles y pinzas entomológicas se colectaron 153 larvas de diferentes estadios del insecto del cogollo del maíz (aprox. 15 días de crecimiento). Las larvas colectadas fueron llevadas al laboratorio y alimentadas de manera individual con dieta artificial (Burton y Perkins, 1987) contenida en viales de plástico con tapa de 3 x 3.5 cm de altura y diámetro, respectivamente. Las larvas puparon en estos mismos viales, y al emerger los adultos fueron colocados en bolsas de papel encerado que contenían una caja Petri de plástico de 10 cm de diámetro con un algodón humedecido con una solución azucarada al 10 % para su alimentación. Estos adultos se aparearon entre sí al azar. Larvas del primer estadio de la F₂ se usaron en la prueba.

2.2. Obtención del extracto acuoso de semillas de *Carica papaya*. Se compraron frutos de papaya variedad Maradol en un supermercado de la ciudad de Puebla. De los cuales, se separaron sus semillas que se dejaron secar en la sombra durante 15 días y una vez secas, se trituraron con un molino eléctrico Ika Wearke (modelo MF 10 Basic, GMBH & Co. Germany) con una malla de 0.25 mm. De este polvo se pesaron 20 g que

fueron colocados en un matraz Erlenmeyer con 1 L de agua para su maceración. Obtenida la mezcla se agitó el recipiente ligeramente y se dejó en extracción durante 12 h a temperatura ambiente. Después, la mezcla se filtró al vacío usando papel filtro Whatman® No. 5, los restos fueron eliminados. La solución al 20 % (20 g semilla / 1 L de agua) fue usada inmediatamente en la prueba biológica.

2.3. Obtención de los sustratos y semillas de maíz. Se utilizó tierra negra, vermicomposta y maíz var. “San Juan” recomendado para regiones con poca lluvia. En el caso de la vermicomposta, se mezcló con la tierra negra a razón de 1:3.

2.4. Bioensayo. Se llenaron 270 y 60 bolsas de plástico de 33 x 33 (6 kg) con tierra negra (=TA) o tierra negra + vermicomposta (3:1), respectivamente, a las cuales se les sembraron dos granos de maíz. Dos semanas después de la emergencia del maíz, se realizó el aclareo dejando una planta por bolsa. De esta manera fueron colocadas en grupos de 30 bolsas en un invernadero de plástico de dos aguas de 12 x 3 x 3 m de largo x ancho x altura. A la siguiente semana, 60 plantas desarrolladas con tierra negra fueron fertilizadas con sulfato de amonio (13.6 g / bolsa), urea (6 g / bolsa) o fosfonitrato (6.56 g / bolsa). El resto de las bolsas con tierra negra y/o vermicomposta no fueron fertilizadas. Dos semanas después se preparó el extracto acuoso de las semillas de *C. papaya* al 20 % (20 g semilla / 100 L agua) el cual se asperjó en 30 plantas fertilizadas con sulfato de amonio, urea, fosfonitrato o vermicomposta. Con esto se determinaron los tratamientos: 1. tierra negra (= TN) + sulfato de amonio (= SA); 2. TN + SA + extracto acuoso de semillas de *Carica papaya* al 20 % (= EASCP); 3. TN + vermicomposta (= VE); 4. TN + VE + EASCP; 5. TN + urea (= U); 6. TN + U + EASCP; 7. TN + fosfonitrato (= FN); 8. TN + FN + EASCP. Como testigos positivos se utilizaron: 9. TN + EASCP o 10. TN + Malatión® (2 µl / 14 mL) y como testigo negativo sólo se utilizó: 11. TN. Los tratamientos se establecieron en un diseño completamente al azar y cada tratamiento fue repetido 6 veces utilizando 5 plantas por repetición. Posteriormente el cogollo de todas las plantas fue infestado con larvas del primer estadio de *S. frugiperda* con ayuda de un pincel. Las variables respuesta fueron el porcentaje de germinación (dos semanas de la siembra), longitud de la segunda y quinta hoja, diámetro de tallo y altura de la planta; así como la estimación de daño causado por larvas de *S. frugiperda* al maíz con una escala de valoración del daño para

la evaluación y desarrollo de la resistencia al gusano cogollero (Mihn, 1984) para la cual se realizaron observaciones cada semana para determinar cuáles tratamientos protegían mejor a las plantas de maíz. Los substratos fueron humedecidos con agua cada vez que fue necesario para mantener el vigor de las plantas de maíz durante todo el tiempo experimental.

Los tratamientos se establecieron en un diseño completamente al azar y cada tratamiento fue repetido 6 veces utilizando 5 plantas por repetición. Las variables respuesta se analizaron por medio de una anova (proc glm), seguido de una prueba de Tukey (germinación) y/o contrastes ortogonales (demás variables) para probar tratamientos específicos. Todas las pruebas fueron realizadas con SAS versión 9.0 (SAS, 2002).

3. RESULTADOS

3.1. Porcentaje de germinación. La germinación de la semilla de maíz variedad “San Juan” presentó diferencias significativas entre la tierra negra + vermicomposta (3:1) (100 % de germinación) con relación a la tierra negra (80 % de germinación) ($F = 136.09$; $gl = 1, 70$; $p < 0.0001$, Figura 1), por lo que fue necesario realizar resiembra en los tratamientos con sólo tierra negra para obtener el 100 % de germinación.



Figura 1. Porcentaje de germinación de maíz “San Juan” con tierra negra o mezclada con vermicomposta.

3.2. Longitud de segunda y quinta hoja del maíz. El efecto de los tratamientos sobre el tamaño de la longitud de la segunda hoja del maíz fue significativo ($F = 46.01$; $gl = 10, 55$; $p < 0.0001$). Las diferencias entre medias de la prueba de contrastes ortogonales ocurrieron por el tipo de fertilización ($F = 73.61$; $gl = 6, 3$; $p < 0.0001$) y la

interacción fertilización*concentración ($F = 4.98$; $gl = 1, 6$; $p = 0.0040$ Cuadro 1), donde las plantas de maíz que fueron fertilizadas con sulfato de amonio presentaron un mayor tamaño de la segunda hoja (94.8 cm). Este efecto se acentuó aun más con la aplicación del extracto acuoso de las semillas de *C. papaya* (106 cm).

Resultados similares se observaron en la quinta hoja del maíz, donde los tratamientos fueron significativos ($F = 240.51$; $gl = 10, 55$; $p < 0.0001$). Las diferencias de las medias de la prueba de contrastes ortogonales fueron significativas de acuerdo con el tipo de fertilización ($F = 386.81$; $gl = 6, 3$; $p < 0.0001$) y la concentración ($F = 20.02$; $gl = 1, 3$; $p < 0.0001$), donde el efecto del sulfato de amonio sólo o más aplicación del extracto de papaya, fueron los más significativos en el incrementó del tamaño de esta hoja con 152 y 144 cm, respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Longitud de hoja, diámetro del tallo y altura del maíz tratado con fertilización química o orgánica, con o sin extracto acuoso de semillas de *Carica papaya*.

| Tratamientos | Longitud (cm) | | Tallo (mm) | Altura (m) |
|-------------------------------|---------------|----------------|----------------|--------------|
| | Hoja 2 | Hoja 5 | | |
| Sulfato de amonio | 94.8 ± 3.2 a | 152.0 ± 6.1 a | 25.1 ± 2.5 a | 1.7 ± 0.3 ab |
| Sulfato de amonio + Extracto* | 106.0 ± 5.1 a | 144.0 ± 3.7 ab | 23.8 ± 3.6 ab | 2.2 ± 0.3 a |
| Urea | 76.3 ± 3.4 b | 90.1 ± 3.9 de | 21.5 ± 3.6 abc | 1.4 ± 0.2 bc |
| Urea + Extracto* | 78.6 ± 6.5 b | 96.1 ± 6.0 d | 19.5 ± 1.6 bc | 1.6 ± 0.3 ab |
| Fosfonitrato | 70.1 ± 5.6 bc | 125.6 ± 3.2 c | 23.2 ± 2.3 abc | 1.5 ± 0.2 bc |
| Fosfonitrato + Extracto* | 76.6 ± 5.1 b | 134.8 ± 3.2 bc | 18.0 ± 3.1 cd | 1.6 ± 0.3 ab |
| Vermicomposta | 70.1 ± 2.2 bc | 84.8 ± 6.5 e | 8.3 ± 3.1 ef | 1.3 ± 0.2 bc |
| Vermicomposta + Extracto* | 69.0 ± 4.1 bc | 90.0 ± 4.1 de | 7.5 ± 2.8 ef | 1.5 ± 0.3 bc |
| Testigo Agua | 50.0 ± 5.7 d | 55.3 ± 4.6 f | 6.1 ± 2.3 f | 0.9 ± 0.1 c |
| Testigo Extracto* | 55.1 ± 9.3 d | 58.1 ± 7.3 f | 10.3 ± 2.3 ef | 0.9 ± 0.2 c |
| Testigo Malation | 60.0 ± 4.9 cd | 63.1 ± 8.8 f | 12.8 ± 2.1 de | 1.3 ± 0.4 bc |

*Extracto= extracto acuoso de semillas de *Carica papaya* al 20 %.

Medias (± EE) en columnas seguidas con la misma letra no fueron significativamente diferentes (prueba de Tukey, $p < 0.05$). EE: error estándar.

3.3. Tamaño del tallo y altura de plantas de maíz. El efecto de los tratamientos sobre el tamaño del tallo fue significativo ($F = 36.84$; $gl = 10, 55$; $p < 0.0001$) (Cuadro 1). Las diferencias de las medias de la prueba de contrastes ortogonales fueron significativas

por el tipo de fertilización ($F = 60.22$; $gl = 6, 3$; $p < 0.0001$) y la concentración ($F = 5.48$; $gl = 1, 3$; $p < 0.0229$), donde el sulfato de amonio sólo o con aplicación del extracto de papaya fueron los más significativos, porque los tallos se desarrollaron a 25.1 y 23.8 mm, respectivamente. El fosfonitrato y la urea también estimularon el desarrollo de los tallos (23.2 y 21.5 mm, respectivamente). En cambio, los tallos de plantas tratadas con vermicomposta resultaron ser iguales o inferiores a los tallos de plantas de los testigos.

Con relación a la altura de las plantas, el efecto de los tratamientos fue significativo ($F = 7.13$; $gl = 10, 55$; $p < 0.0001$) (Cuadro 1). Las diferencias entre las medias con la prueba de contrastes ortogonales se observaron con el tipo de fertilización ($F = 10.44$; $gl = 6, 3$; $p < 0.0001$) y la concentración ($F = 7.01$; $gl = 1, 3$; $p = 0.0106$), donde el sulfato de amonio sólo o con aplicación del extracto de papaya estimuló el mayor crecimiento del maíz a 1.7 y 2.2 m, respectivamente. La urea y el fosfonitrato, ambos con aplicación del extracto de papaya también fueron activos (1.6 m, Cuadro 1).

3.4. Estimación del daño de larvas de *Spodoptera frugiperda* al maíz. El efecto de los tratamientos sobre la estimación de daño fue significativo ($F = 364.35$; $gl = 10, 55$; $p < 0.0001$) (Cuadro 2). Las diferencias se observaron con el tipo de fertilización ($F = 511.94$; $gl = 6, 3$; $p < 0.0001$), la concentración ($F = 475.03$; $gl = 1, 3$; $p < 0.0001$) y la interacción fertilizante*concentración ($F = 60.60$; $gl = 1, 6$; $p < 0.0001$) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estimación de daño de larvas de *Spodoptera frugiperda* en maíz.

| Tratamientos | Daño (%) | |
|------------------|--------------|--------------|
| | Sin extracto | Con extracto |
| Urea | 70.0 a | 56.6 c |
| Fosfonitrato | 62.3 b | 35.1 e |
| Sulfato amonio | 51.8 c | 29.6 f |
| Vermicomposta | 32.3 ef | 31.1 ef |
| Testigo agua | 46.3 d | ----- |
| Testigo extracto | ----- | 11.6 g |
| Testigo Malation | 8.6 g | ----- |

Medias (\pm EE) en columnas seguidas con la misma letra no fueron diferentes (prueba Tukey, $p < 0.05$).

EE: error estándar.

Las larvas de *S. frugiperda* causaron mayor daño al maíz tratada con fuentes de nitrógeno como la urea, fosfonitrato y sulfato de amonio con un daño de 70, 62.3 y 51.8 %, respectivamente (Cuadro 2). En cambio, plantas con vermicomposta presentaron menor daño (32.3 %), e incluso que el testigo agua (46.3 %) (Cuadro 2).

Pero, con la aplicación del extracto acuoso de semillas de *C. papaya* al 20 %, el porcentaje de daño causado por larvas de *S. frugiperda* se disminuyó en todos los tratamientos, siendo más evidente este efecto en plantas con sulfato de amonio (29.6 %). Esto mismo sucedió en plantas con vermicomposta (31.1 %) y fosfonitrato (35.1 %), donde este insecto causó menos daño, incluso que el testigo agua. En cambio, en plantas tratadas con urea, *S. frugiperda* continuó causando los mayores daños (56.6 %). Pero, ningún tratamiento protegió al maíz, mejor que el Malation® y extracto acuoso de semillas de *C. papaya* al 20 % donde el insecto cogollero causó solo un daño del 11.6 y 8.6 %, respectivamente.

4. DISCUSIÓN

En este estudio, con la incorporación de la vermicomposta al suelo se obtuvo una buena germinación de las semillas de maíz y esto ocasionó un mejor crecimiento inicial de las plantas de maíz. Mientras, que en la siembra con sólo tierra negra, fue necesario realizar resiembra para obtener el porcentaje total de germinación de maíz. Estudios realizados por Atiyeh y colaboradores determinaron que en los medios de crecimiento a los que se les añadió vermicomposta incrementaron la germinación y el crecimiento de las plantas de pimiento, tomate y tagetes (Atiyeh *et al.*, 2000a, b). Además, Edwards *et al.*, (1985) demostraron que la vermicomposta incrementó el porcentaje de germinación de chile *Capsium annuum* L. (Solanaceae), tomate *Lycopersicon esculentum* L., (Solanaceae), lechuga *Lactuca sativa* L., pepino *Cucumis sativum* L., rábano *Raphanus sativum* L. y otras especies.

Respecto a la fuente de fertilización, plantas de maíz con fertilizantes químicos nitrogenados aumentaron su tamaño y vigor, superior que las plantas con vermicomposta. Donde el sulfato de amonio fue el más activo en el crecimiento de hojas, tallos y altura del maíz. El fosfonitrato y la urea estimularon el crecimiento del tallo. Pero, se debe hacer un buen uso de los fertilizantes químicos con fuentes de N porque su aplicación excesiva e inadecuada en la agricultura ocasiona la contaminación

de las aguas, como el ión nitrato aplicado en el maíz (Díez *et al.*, 2000). Con el exceso de nitratos se forman nitrosaminas y nitrosamidas, las cuales, son carcinogénicas y mutagénicas (Uchiyama *et al.*, 1975). Los nitratos causan metemoglobinemia (anemia), cáncer en el estómago o en otras partes del sistema digestivo (Estrada *et al.*, 2002), por lo que se ha restringido el nitrato de amonio (ISB, 1987). Además, los fertilizantes químicos disminuyen la materia orgánica disponible para la mineralización de los suelos. En Siria, al usar el fertilizante ^{15}N de N ha^{-1} en forma de sulfato de amonio o urea en trigo durante tres estaciones, ocasionaron grandes pérdidas ($> 35\%$), con la volatilización de N del suelo calcáreo, o con la desnitrificación de los suelos ricos en residuos orgánicos (Pilbeam *et al.*, 1997). En cambio, la materia orgánica disminuye los niveles de nitratos y aumenta el fósforo, potasio y hierro, como previene y disminuye la contaminación al reducir el metano y retener los metales, así incrementa la actividad micorrízica y antagónica, lo que acelera la captura, mineralización y reciclaje de nutrientes de N y P, para reducir la densidad aparente, dureza del suelo y la erosión y aumentar la retención de humedad del suelo (Altieri y Nicholls, 2000; Añez y Espinoza, 2002). La materia orgánica producida por el frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*), triplicó los rendimientos de maíz a 2, 500 kg / ha (Bunch, 1988).

El daño causado por larvas de *S. frugiperda* a plantas de maíz con fertilización química nitrogenada (urea, fosfonitrato y sulfato de amonio) fue mayor que en plantas con fertilización orgánica (vermicomposta). Agricultores de Patzun, Guatemala, reemplazaron los fertilizantes orgánicos por urea, pero algunos reconocen las consecuencias negativas del cambio por el incremento de plagas en sus milpas desde la introducción de los fertilizantes sintéticos (Morales *et al.*, 2001). Otros estudios, con aumento de fertilización nitrogenada, incrementó la población del ácaro thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) y el áfido *Myzus persicae* (Sulzer) (Slansky y Rodríguez, 1987; Luna, 1988; Brodbeck *et al.*, 2001). Además, *Helicoverpa* (*Heliothis*) *zea* (Boddie) en algodón, *Pseudococcus comstocki* (Kuwana) en manzano, *Psylla pyricola* (Foerster) en pera, *Ostrinia nubilalis* (Hübner) y *S. frugiperda* en maíz aumentaron sus densidades con la fertilización nitrogenada (Luna, 1988, Phelan *et al.*, 1995). Esto coincide con nuestro estudio, porque larvas de *S. frugiperda* causaron más daño a las plantas de maíz con fertilización nitrogenada que con fertilización orgánica, debido a una menor concentración de nitrógeno en el tejido de estas plantas. Los

sistemas orgánicos mejoran la salud de las plantas y disminuyen los problemas de malezas, insectos plaga y enfermedades porque rompen sus ciclos de vida (Altieri y Nicholls, 2000, 2003; Nicholls y Altieri, 2005). Así, en una agricultura orgánica los componentes abajo del suelo de un cultivo ejercen un impacto substancial en la dinámica de plagas, como las interrelaciones mutualistas o antagónicas entre plantas y micorrizas del suelo (Vestergard *et al.*, 2004, Altieri y Nicholls, 2006).

En nuestro estudio, al aplicar el extracto acuoso de semillas de *C. papaya* al 20 %, se disminuyó el daño de *S. frugiperda* en el maíz fertilizado con fuentes de N y vermicomposta. En estudios previos con semillas de *C. papaya*, el polvo, extracto acuoso y acetónico, sus fracciones y sus compuestos puros resultaron activos en larvas de *S. frugiperda* (Figueroa-Brito, 2002a, b; García, 2004; Franco *et al.*, 2006). Existen muchos otros estudios donde se ha demostrado que los insecticidas botánicos ofrecen un buen control en *S. frugiperda* (Trujillo y García, 2001; Dyer *et al.*, 2003; Torres *et al.*, 2003; Batista-Pereira *et al.*, 2006).

Además en América Latina existen varios estudios con alcance e impacto de abonos orgánicos como tecnologías agroecológicas usadas por ONG^s en sistemas campesinos en el maíz como EPAGRI, AS-PTA en Brasil, COAGRES en el Salvador (COAG, 2004) y ALTERTEC en Guatemala (Pretty, 1997). Phelan *et al.*, (1995) mencionan que el manejo adecuado y prolongado de la materia orgánica del suelo puede inducir una mayor resistencia de las plantas a los insectos plaga. En este sentido, el uso de los insecticidas botánicos sirven como medida para controlar plagas, enfermedades o problemas del suelo (Altieri y Nicholls, 2000). Esto es compatible con los resultados de este estudio, porque con la vermicomposta se obtuvo una buena germinación y con la aplicación del extracto acuoso de semillas de papaya, se disminuyó el daño causado por el gusano cogollero *S. frugiperda* en las plantas del maíz. Por esto, ambos tipos de efectos pueden ser recomendados para su uso en programas de Manejo Agroecológico de Plagas (MAP) para un buen desarrollo del cultivo y control de *S. frugiperda*.

Como muchas prácticas del manejo de suelo influyen en el manejo de las plagas, mi intención es utilizar estrategias con fertilizantes orgánicos e insecticidas botánicos como el Peat Moss[®] y NeemAzal-T/S[®], NeemAzal PC 05[®], NeemAzal Blank[®] y NeemAzal PC Blank[®] que han tenido impacto en la producción en el maíz, trigo, cereales, café, como

otros cultivos, al controlan las poblaciones de *S. frugiperda* (Altieri, 1995; Pretty, 1997, El-Wakeil *et al.*, 2006; Aggarwal y Brar, 2006).

5. CONCLUSIONES

- 1.- La vermicomposta ayuda a la germinación de la semilla del maíz.
- 2.- El sulfato de amonio provocó el mayor crecimiento y desarrollo de la planta.
- 3.- Las fuentes de nitrógeno estimulan a *S. frugiperda* a ocasionar más daño a la planta.
- 4.- El sulfato de amonio más el extracto acuoso de semillas de *C. papaya* registró el menor daño del insecto al maíz.

6. LITERATURA CITADA

- Aggarwal, N., and D. S. Brar. 2006. Effects of different neem preparations in comparison to synthetic insecticides on the whitefly parasitoid *Encarsia sophia* (Hymenoptera: Aphelinidae) and the predator *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) on cotton under laboratory conditions. *Journal of Pest Science*, 79(4): 201-207.
- Altieri S., M. A. 1995. *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. Westview Press, Boulder. CO. 145-178 pp.
- Altieri S., M. A. and C. I. Nicholls. 1999. Biodiversity, ecosystem function and insect pest management in agricultural systems. 69-84 pp. In: Collins, W. W. (ed), Biodiversity in Agroecosystems. Qualset Co. CRC Press, Boca Raton.
- Altieri S., M. A. y C. I. Nicholls. 2000. *Bases agroecológicas para una agricultura sustentable*. Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. 1a edición. Serie textos básicos para la formación ambiental. México, D. F. México. 13-43 pp.
- Altieri S., M. A. and C. I. Nicholls. 2003. Soil fertility management and insects pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil and Tillage Research*, 72: 203-211.
- Altieri S., M. A. y C. I. Nicholls. 2006. Optimizando el manejo agroecológico de plagas a través de la salud del suelo. *Agroecología*, 1: 29-36.

- Añez, B. y W. Espinoza. 2002. Fertilización química y orgánica. ¿Efectos interactivos o independientes sobre la producción de la zanahoria? *Revista Forestal Venezolana*, 46(2): 4-7-54.
- Atiyeh, R. M., C. A. Edwards, S. Subler, and J. D. Metzger. 2000a. Earthworm-processed organic wastes as components of horticultural potting media for growing marigold and vegetable seedlings. *Compost Science and Utilization*, 8(3): 215–223.
- Atiyeh, R. M., N. Q. Arancon, C. A. Edwards, and J. D. Metzger. 2000b. Incorporation of earthworm-processed organic wastes into greenhouse container media for production of marigolds. *Bioresource Technology*, 75(3): 175–180.
- Batista-Pereira, L. G., T. C. Castral, M. T. M. da Silva, B. R. Amaral, J. B. Fernandes, P. C. Vieira, M. F. G. F. da Silva, and A. G. Corrêa. 2006. Insecticidal activity of synthetic amides on *Spodoptera frugiperda*. *Zeitschrift fur Naturforschung*, 61c(3-4): 196-202.
- Brodbeck, B., J. Stavisky, J. Funderburk, P. Andersen, and S. Olson. 2001. Flower nitrogen status and populations of *Frankliniella occidentalis* feeding on *Lycopersicon esculentum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 99(2): 165-172.
- Bunch, R. 1988. Case study: Guinope, an integrated development program in Honduras, World Neighbors, Oklahoma. 40-44 pp.
- Burton, L. R., and W. D. Perkins. 1987. Rearing the corn earworm and fall armyworm for maize resistance studies. *Proceedings of the International Symposium on Methodologies for Developing Host Plant Resistance to Maize Insects*. CIMMYT. México. 35-37 pp.
- Council of Australian Governments (COAG). 2004. Ammonium nitrate, a compound commonly used as fertilizer, is being restricted due to its potential for illicit use as an explosive. Councils are encouraged to make themselves aware of the proposed

new restrictions. New restriction on ammonium nitrate fertilizer - circular 8.2. Local Government Association of South Australia. Australia.

Del Rincón C., M. C., J. Méndez L. y E. Ibarra J. 2006. Caracterización de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* con actividad insecticida hacia el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 45(2): 157-164.

Díez, J. A., R. Caballero, R. Román, A. Tanquis, C. Cartagena M. y A. Vallego. 2000. Integrated fertilizer and irrigation management to reduce nitrate leaching in Central Spain. *Journal of Environmental Quality*, 29: 1539-1547.

Duxbury, J. M. 1994. The significance of agricultural sources of greenhouse gases. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 38(2): 151-163.

Dyer, L. A., C. D. Dodson, J. O. Stireman-III, M. A. Tobler, A. M. Smilanich, R. M. Fincher, and D. K. Letourneau. 2003. Synergistic effects of three *Piper* amides on generalist and specialist herbivores. *Journal of Chemical Ecology*, 29(11): 2499-2514.

Edwards, C. A., I. Burrows, K. E. Fletcher, and B. A. Jones. 1985. The use of earthworms for composting from wastes. 229-242 pp. In: Gasser, J. K. R. (ed), *Compositina of agricultural and other waster*. Elsevier Publisher. Luxemburgo U. K.

El-Wakeil, N. E., N. M. Gaafar, and S. Vidal. 2006. Side effects of some neem products on natural enemies of *Helicoverpa* (*Trichogramma* spp) and *Chrysoperla carnea*. *Archives of Photopatology and Plant Protection*, 39(6): 445-455.

Estrada B., M. A., I. Nikolskii G., F. Gavi R., J. D. Etchevers B. y O. L. Palacios V. 2002. Balance de nitrógeno inorgánico en una parcela con drenaje subterráneo en el trópico húmedo. *Terra Latinoamericana*, 20(2): 189-198.

Figuroa-Brito, R., M. Camino, M. C. Pérez-Amador, V. Muñoz, E. Bratoeff, and C. Labastida. 2002a. Fatty acid composition and toxic activity of the acetonic extract of *Carica papaya* L. (Caricaceae) seeds. *Phyton International Journal of Experimental Botany*, 69: 97-99.

- Figuroa-Brito, R., J. S. Calderón, M. C. Pérez-Amador, V. Muñoz, M. C. Hernández, M. E. Valdés, and L. Aldana. 2002b. Toxicity and growth inhibitory effects of extracts and some fractions from *Carica papaya* against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Latinoamericana de Química*, 30(3): 98-102.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2005. FAOSTAT database. [<http://Apps.fao.org/default.htm>, 20 de agosto de 2010]. Rome, Italy.
- Franco A., S. L., A. Jiménez P., C. Luna L. y R. Figuroa-Brito. 2006. Efecto tóxico de semillas de cuatro variedades de *Carica papaya* (Caricaceae) en *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 45(2): 171-177.
- García R., R. 2004. Efectividad de polvos de cuatro variedades de *Carica papaya* (Caricaceae) contra *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Guerrero. Unidad Académica de Ciencias Agrícolas y Ambientales. Iguala, Guerrero. 18-20 pp.
- Houghton, J. T., G. J. Jenjins, and J. J. Ephraim. 1990. *IPPC (intergovernmental panel on climate changes) climate changes*. Cambridge University pres. Cambridge, U. K. 36-37 pp.
- Irish Statute Book (ISB). 1987. S.I. No. 63/1987 — restriction of imports (calcium ammonium nitrate from the German Democratic Republic or Romania) order, 1987. Produced by the office of the attorney general. [<http://www.irishstatutebook.ie/1987/en/si/0063.html>, 12 de agosto de 2007], Ireland.
- Luna, J. M. 1988. In global perspectives on agroecology and sustainable agricultural systems. Proc. Sixth. Int. Conference of IFOAM Santa Cruz, CA. 589-600 pp.
- Mihn, J. 1984. *Técnicas eficientes para la crianza masiva e infestación de insectos, en la selección de las plantas hospederas para la resistencia al gusano cogollero (Spodoptera frugiperda)*. Centro internacional para el mejoramiento del maíz y trigo (CIMMYT). México. Folleto técnico.

- Morales, H., I. Perfecto, and B. Ferguson. 2001. Traditional fertilization and its effect on corn insect populations in the Guatemalan highlands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 84: 145-155.
- Nicholls, C. I. y M. A. Altieri. 2005. Designing and implementing a habitat management strategy to enhance biological pest control in agroecosystems. *Biodynamics*, 251: 26-36.
- Obando, S. S. R., A. Oyervides G., H. de León C., A. López B. y O. García M. 1999. Selección de genotipos de maíz con resistencia múltiple a achaparramiento, cogollero y barrenador. *Agraria*, 15(1): 21-38.
- Phelan, P. L., J. F. Mason, and B. R. Stinner. 1995. Soil-fertility management and host preference by European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hubner), on *Zea mays* L.: comparison of organic and conventional chemical farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 56(1): 1-8.
- Pilbeam, C. J., A. M. McNeill, H. C. Harris and R. S. Swift. 1997. Effect of fertilizer rate and form on the recovery of ¹⁵N-labelled fertilizer applied to wheat in Syria. *The Journal of Agricultural Science*, 128(4): 415-424.
- Pretty, J. N. 1997. *Regenerating Agriculture: Policies and practices for sustainability and self-reliance*. Earth scan Pub. Ltd., London.
- SAGARPA. 2007. [<http://www.sagarpa.gob.mx>, 20 de diciembre de 2007], México.
- SAS INSTITUTE 2002. SAS System for Windows, release 9.0. SAS Institute, Cary, NC.
- SIAP-Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON), 1996-2005.
- Slansky, F., and J. G. Rodriguez. 1987. Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates. Wiley, New York.
- Torres, P., J. G. Avila, A. Romo de Vivar, A. M. García, J. C. Marin, E. Aranda, and C. L. Céspedes. 2003. Antioxidant and insect growth regulatory activities of stilbenes and extracts from *Yucca periculosa*. *Phytochemistry*, 64(2):463-473.

- Trujillo V., R. J. y L. E. García B. 2001. Conocimiento indígena del efecto de plantas medicinales locales sobre las plagas agrícolas en los altos de Chiapas, México. *Agrociencia*, 35(6):685-692.
- Uchiyama, M., M. Takeda, T. Suzuki, and K. Yoshikawa. 1975. Mutagenicity of nitroso derivatives of N-methylcarbamate insecticides in microbiological method. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 14(4): 389-394.
- Vestergard, M., L. N. Bjornlund, and S. Christensen. 2004. Aphid effects on rhizosphere microorganisms and microfauna depend more on barley growth phase than on soil fertilization. *Oecología*, 141(1): 84-93.

CAPÍTULO IV.

ACTIVIDAD INSECTICIDA DE *Trichilia havanensis* JACQ. (MELIACEAE) SOBRE LARVAS DE *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

Resumen

Se evaluó el efecto tóxico de las semillas, pericarpio y semillas + pericarpio de *Trichilia havanensis* sobre larvas de *Spodoptera frugiperda*. En un primer ensayo, el polvo de las semillas, pericarpio y la mezcla semillas + pericarpio se incorporó a la dieta artificial al 15 % para determinar su actividad insecticida a las 24, 48 y 240 h en larvas de *S. frugiperda*. En un segundo ensayo, se evaluaron las concentraciones al 10 y 15 % y se observó la mortalidad del insecto a 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24 h y cada 24 h, hasta 240 h en larvas de *S. frugiperda*. Los resultados del primer ensayo indicaron que el tratamiento de semillas + pericarpio al 15 % fue altamente tóxico ya que ocasionó una mortalidad del 99 y 100 % a las 24 y 48 h, respectivamente. Los resultados del segundo ensayo, indicaron que los tratamientos de semillas + pericarpio y semillas, ambos a 10 y 15 %, fueron tóxicos sobre *S. frugiperda* al provocar un 100 % de mortalidad larval a las 216 h, mientras que en los polvos de pericarpio a 10 y 15 % la mortalidad del insecto fue de 77 y 93 %, en el mismo tiempo. La mortalidad del testigo fue de 8 %.

Palabras clave: gusano cogollero, polvos vegetales, actividad biológica, tiempo letal.

Abstract

The toxic effect of seed, pericarp and seed + pericarp from *Trichilia havanensis* on larvae of *Spodoptera frugiperda* was evaluated. In the first test, the powder of the seeds, pericarp and seed + pericarp was mixture into artificial diet at 15 % to determine the insecticidal activity at 24, 48 and 240 h in larvae of *S. frugiperda*. In a second test, I evaluated the concentrations of 10 y 15 % and insect mortality observed at 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24 h and every 24 h to 240 h on *S. frugiperda* larvae. The results of the first trial indicated that treatment of seed + pericarp 15 % was highly toxic and caused a mortality of 99 and 100 % at 24 and 48 h, respectively. The results of the second test indicated that the treatments seed + pericarp and seeds, both 10 and 15 % were toxic on *S. frugiperda* to cause 100 % larval mortality at 216 h, while the pericarp powder at 10 and 15 % caused a 77 and 93 % mortality in the same time. The control mortality was 8 %.

Key words: Fall armyworm, vegetable powders, biological activity, lethal time.

1. INTRODUCCIÓN

Meliaceae es una familia de plantas leñosas tropicales de más de 550 especies (Pennington, 1981). Económicamente, la familia es apreciada porque sus plantas contienen las sustancias tetranortriterpenoides, limonoides o meliacinas con actividad insecticida (Champagne *et al.*, 1992). Los géneros *Aglaia*, *Azadirachta*, *Cedrela*, *Chisocheton*, *Khaya*, *Melia*, *Sandoricum*, *Toona*, *Trichilia* y *Turraea* se destacan por su significativa actividad biológica (Isman *et al.*, 1995).

De especies de *Trichilia* se conocen un buen número de limonoides bioactivos como las trichilinas (Nakatani *et al.*, 1981, 1984a,b) y la sendanina (Kubo y Klocke, 1982; Klocke, 1987) aisladas de *Trichilia roka* (Forsskal) Chiov. Extractos de madera, corteza y semillas de *Trichilia connaroides* (Wight & Arnott) Bentvelzen provocaron reducción significativa del crecimiento de larvas y bajas tasas de consumo de *Peridroma saucia* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). De *Trichilia hirta* (L.), el extracto de madera presentó actividad insecticida en *P. saucia* y *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae), donde el limonoide hirtina es responsable de la actividad (Xie *et al.*, 1994).

Los extractos de semillas de *Trichilia prieureana* A. Juss., *T. roka*, y *T. connaroides* fueron potentes inhibidores de la alimentación y ocasionaron alta mortalidad contra *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae), principal plaga del maíz (Mikolajczak y Reed, 1987; Mikolajczak *et al.*, 1989). Rodríguez y Vendramim (1997, 1998) reportaron la actividad insecticida de varios órganos de *Trichilia pallida* (Swartz) sobre *S. frugiperda* al causar efectos en la mortalidad, reducción de peso de larvas y pupas y aumentó del período larval y pupal. El extracto acuoso del tallo de *T. pallida* al 5 % ocasionó el 100 % de mortalidad y este extracto al 1 y 3 %, provocó que un 67 y 96 % de las larvas de *S. frugiperda* terminaran su período larval, respectivamente; y de la población sobreviviente se registró un mayor período larval, menor peso de pupas, inhibición del crecimiento y la alimentación (Torrecillas y Vendramim, 2001). Además, el extracto acuoso del tallo de *T. pallida* al 0.1 % y 1 % en hojas de genotipos de maíz susceptible (C 901) y resistente (CMS 23) ocasionó una mortalidad larval que fluctuó entre un 51.2 y 100 % y un 84.1 y 100 %, respectivamente (Torrecillas y Vendramim, 2001), pero la aplicación de los extractos de tallo y hoja de *T. pallida* al 5 % en maíz susceptible (AG 303) y maíces resistentes (Mp 705, Mp 707 y ZC) provocaron el 100 %

de mortalidad larval de *S. frugiperda* (Torrecillas y Vendramim, 2001). El extracto de acetato de etilo de *T. pallida* inhibió la alimentación de larvas de *S. frugiperda* y cuando se asoció con maíces resistentes ESALQ PB4, CMC 14C y ZC se observó más efectividad porque alargó la fase larval y disminuyó el peso de las larvas y pupas (Roel y Vendramim, 1999). Roel *et al.* (2000a) concluyeron que el extracto de acetato de etilo de hojas y ramas de *T. pallida* al 0.05 % causaron el 100 % de mortalidad de *S. frugiperda*. Los extractos acuosos de ramas de *T. pallida* y hojas de *Trichilia pallens* C. DC. al 1 % impregnados en hojas de maíz fueron activos sobre larvas de *S. frugiperda* (Bogorni y Vendramin, 2005).

De la especie *Trichilia havanensis* (Jacq.), Lagunes *et al.* (1984) reportaron a esta planta como método de protección en la agricultura de subsistencia. En ensayos de campo, el extracto acuoso fue el más activo para el control de *S. frugiperda*, al incrementar el rendimiento de maíz cercano al 100 % respecto a las parcelas sin tratar (Villar *et al.*, 1990). El extracto acuoso en condiciones de laboratorio, invernadero y campo resultó prometedor para el control de *S. frugiperda* (Lagunes, 1993) y el extracto acuoso del fruto al 10 % fue activo en la mortalidad e inhibición de la alimentación de larvas de *S. frugiperda* (López-Olguín, 1994).

Considerando el potencial plaguicida del fruto de *T. havanensis* sobre este insecto, el propósito del actual estudio fue evaluar el efecto biológico del polvo del fruto de *T. havanensis* sobre *S. frugiperda* y comparar la toxicidad relativa de las partes del fruto como semillas, pericarpio y semillas + pericarpio.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Colecta y cría de *Spodoptera frugiperda*. Se realizaron colectas de larvas de *S. frugiperda* en cultivos de maíz en Yautepec, Morelos en julio del 2008. Con ayuda de pinceles y pinzas entomológicas se colectaron 153 larvas de diferentes estadios del insecto del cogollo del maíz de aproximadamente 15 días de edad. Las larvas colectadas fueron llevadas al laboratorio y alimentadas de manera individual con dieta artificial (Burton y Perkins, 1987) contenida en viales de plástico con tapa de 3 x 3.5 cm de altura y diámetro, respectivamente. Las larvas puparon en estos mismos viales y al emerger los adultos, fueron colocados en bolsas de papel encerado que contuvieron una caja Petri de plástico de 10 cm de diámetro con una pieza de algodón humedecido

con una solución azucarada (10 %) para su alimentación. Al emerger los adultos fueron separados por sexo y apareados a los 4-5 d de edad. Se introdujo una pareja de insectos coetáneos dentro de cada bolsa de papel encerado. Las parejas fueron formadas al azar. Después de 2 días se obtuvieron las masas de huevos que fueron incubadas en una caja de Petri de 10 cm de diámetro a temperatura ambiente. Larvas recién nacidas de la F₁ se usaron en los bioensayos.

2.2. Obtención de polvos vegetales. Frutos maduros de *T. havanensis* fueron colectados de plantas de San Antonio Rayón, Jonotla, Puebla. Estos frutos fueron llevados al laboratorio para ser separados por semilla, pericarpio y semilla + pericarpio, los cuales se dejaron secar a la sombra y posteriormente se pulverizaron en un molino eléctrico marca Nixtamatic[®] usando un tamiz de 1.5 mm. Obtenidos los polvos, estos fueron colocados en bolsas de plástico con sus respectivos datos de colecta y guardados en refrigeración (4 °C) para ser usados en los bioensayos.

2.3. Bioensayo 1. Para la preparación de 250 g de dieta artificial se consideró la metodología propuesta por Burton y Perkins (1987) y se utilizó: frijol (30 g), germen de trigo (13.75 g), levadura de cerveza (8.75 g), ácido ascórbico (0.87 g), ácido sórbico (0.27 g), metil parahidrobenczoato (0.55 g), formaldehído al 10 % (2.5 mL), agua para frijol (116 mL) y agua para agar (90 mL). Los tratamientos fueron los polvos de: 1) semilla al 15 %, 2) pericarpio al 15 %, 3) semilla + pericarpio al 15 % (37.5 g). El testigo fue sólo dieta artificial. Los ingredientes de la dieta y la concentración al 15 % de los polvos se mezclaron siguiendo la metodología propuesta por Franco *et al.* (2006). Se colocaron 5 mL de la dieta en contenedores de plástico de 3 x 3.5 cm de altura y diámetro, respectivamente. Una vez que la dieta gelificó, una larva del primer estadio fue colocada mediante un pincel fino, en cada contenedor. Los contenedores con la dieta fueron colocados en una cámara de cría (marca Lab-Line environette 844, serial no. 0600-003, Biotronette Plant Growth, USA) a 27 °C ± 1.5 °C, 60 % ± 7 °C de humedad relativa y un fotoperiodo de 12:12 h luz y oscuridad. La variable respuesta fue la mortalidad del insecto a las 24, 48 y 240 h.

2.4. Bioensayo 2. El procedimiento de este experimento fue el mismo que el primer bioensayo, con la variación de evaluar dos concentraciones: 10 (25 g) y 15 % (37.5 g) de las semillas, pericarpio y semillas + pericarpio, así como modificar y aumentar el

tiempo de observación de la mortalidad del insecto a las 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24 h y cada 24 h hasta las 254 h.

2.5. Análisis estadísticos. Los tratamientos fueron arreglados bajo un diseño completamente al azar y cada tratamiento fue repetido cinco veces utilizando 20 larvas por repetición. Los datos de mortalidad fueron analizados por medio de una ANOVA (proc glm), seguidos de la transformación en arcoseno y sometidos a una prueba de Tukey. Todas las pruebas se realizaron con el paquete estadístico de SAS versión 9.0 con un nivel de significancia de 0.05 (SAS, 2002).

3. RESULTADOS

3.1. Bioensayo 1. En este experimento, el efecto de los tratamientos sobre la mortalidad del insecto fue significativo ($F = 284.18$; $gl = 9, 50$; $p < 0.0001$). Las diferencias de las medias de la prueba de Tukey fueron significativas, donde la mezcla semilla + pericarpio, presentó diferencias significativas con la semilla, pericarpio y el testigo por provocar un 99 y 100 % de mortalidad en 24 y 48 h, respectivamente (24 h: $F = 145.89$; y 48 h: $F = 293.65$; $gl = 3, 16$; $p < 0.0001$, Cuadro 1). La semilla, en segundo orden de importancia, causó un 49.5 y 61.5 % de mortalidad a las 24 y 48 h, respectivamente. En cambio, a las 254 h, la semilla y el pericarpio causaron un 100 % de mortalidad del insecto, resultado ser similar a su mezcla semilla + pericarpio, pero diferentes al testigo (8 % de mortalidad) (240 h: $F = 2983.22$; $gl = 3, 16$; $p < 0.0001$, Cuadro 1).

Cuadro 1. Mortalidad (\pm EE) de larvas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas con dieta artificial, tratadas con polvos de semilla, pericarpio y semilla + pericarpio de *Trichilia havanensis* al 15 %.

| Polvo | Mortalidad \pm EE (%) | | |
|--------------------------|-------------------------|----------------|---------------|
| | 24 h | 48 h | 240 h |
| Semilla 15% | 50 \pm 3.2 b | 62 \pm 2.5 b | 100 a |
| Pericarpio 15% | 9 \pm 0.8 c | 23 \pm 0.8 c | 100 a |
| Semilla + Pericarpio 15% | 99 \pm 0.4 a | 100 a | ---- |
| Testigo | 8 \pm 0.5 c | 8 \pm 0.5 d | 8 \pm 0.5 b |

Medias en la misma columna seguidas por diferentes letras fueron significativamente diferentes (prueba de Tukey, $p < 0.005$). EE: error estándar.

3.2. Bioensayo 2. En este experimento, los tratamientos presentaron efecto significativo sobre la mortalidad del insecto ($F = 38.02$; $gl = 16, 578$; $p < 0.0001$). A las 2 h, aunque todos los tratamientos presentaron diferencias con respecto al testigo, ninguno presentó actividad tóxica sobre las larvas de *S. frugiperda* (≤ 30 % de mortalidad del insecto). En cambio a las 4 h, el pericarpio al 15 % y la semilla al 10 % fueron tóxicos al provocar una mortalidad ≥ 50 % ($F = 19.96$; $gl = 4, 30$; $p < 0.0001$, Cuadro 2). A las 12 y 24 h, todos los tratamientos, excepto semilla + pericarpio fueron tóxicos sobre *S. frugiperda* (≥ 53 % 12 h: $F = 24.55$, 24 h: 22.63 , $gl = 4, 30$; $p < 0.0001$), donde el pericarpio al 15 % y la semilla al 10 % continuaron siendo los más activos por provocar una mortalidad del insecto entre 76-77 y 72-78 %, respectivamente. A las 48 y 72 h, la semilla al 10 % fue la más activa (86 y 91 % de mortalidad, 48 h: $F = 29.2$, 72 h: $F = 41.18$, $gl = 4, 30$; $p < 0.0001$). A las 96 h, la semilla y semilla + pericarpio en ambas concentraciones fueron las más tóxicas sobre *S. frugiperda* al provocar una mortalidad ≥ 90 % ($F = 54.89$; $gl = 4, 30$; $p < 0.0001$). Un efecto similar sucedió a las 144 h (mortalidad ≥ 97 %, $F = 67.43$, $gl = 4, 30$; $p < 0.0001$). Además, ninguna larva sobrevivió 216 h en la dieta con el polvo de semilla o semilla + pericarpio, las cuales fueron estadísticamente iguales y diferentes con el polvo de pericarpio al 15 y 10 % como el testigo, donde las larvas puparon y emergieron los adultos en un 7, 23 y 88 %, respectivamente ($F = 153.93$, $gl = 4, 30$; $p < 0.0001$, Cuadro 2).

Cuadro 2. Mortalidad (\pm EE) de larvas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas con dieta artificial, tratadas con polvos de semilla, pericarpio y semilla + pericarpio de *Trichilia havanensis* al 10 y 15 %.

| Polvos | Mortalidad \pm ES (%) | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| | 2 h | 4 h | 12 h | 24 h | 48 h | 72 h | 96 h | 144 h | 216 h |
| Semilla 15 % | 12 \pm 1.6 c | 30 \pm 2.4 d | 53 \pm 2.9 c | 65 \pm 3.1 b | 78 \pm 2.1 c | 86 \pm 1.9 b | 93 \pm 1.4 a | 98 \pm 0.8 ab | 100 a |
| Semilla 10 % | 22 \pm 1.5 b | 50 \pm 2.7 b | 72 \pm 2.5 a | 78 \pm 2.5 a | 86 \pm 0.2 a | 91 \pm 1.3 a | 94 \pm 0.8 a | 99 \pm 0.4 a | 100 a |
| Pericarpio 15 % | 20 \pm 2.4 b | 58 \pm 2.7 a | 76 \pm 2.0 a | 77 \pm 2.1 a | 82 \pm 1.3 b | 86 \pm 1.0 b | 89 \pm 0.8 b | 92 \pm 0.8 c | 93 \pm 0.8 b |
| Pericarpio 10 % | 19 \pm 1.9 b | 48 \pm 2.1 b | 55 \pm 1.8 c | 58 \pm 2.1 c | 64 \pm 2.1 d | 69 \pm 1.9 d | 71 \pm 1.4 c | 76 \pm 0.8 d | 77 \pm 1.1 c |
| Semilla + Pericarpio 15 % | 28 \pm 1.5 a | 42 \pm 0.5 c | 68 \pm 1.1 b | 69 \pm 1.4 b | 79 \pm 1.3 c | 87 \pm 1.5 b | 91 \pm 1.2 ab | 98 \pm 0.5 ab | 100 a |
| Semilla + Pericarpio 10 % | 21 \pm 0.8 b | 27 \pm 1.6 d | 46 \pm 2.8 d | 48 \pm 2.3 d | 66 \pm 3.3 d | 79 \pm 2.3 c | 90 \pm 1.2 ab | 97 \pm 0.5 b | 100 a |
| Testigo | 0 d | 4 \pm 0.8 e | 4 \pm 0.8 e | 4 \pm 0.8 e | 6 \pm 0.9 e | 6 \pm 0.9 e | 10 \pm 1.2 d | 10 \pm 1.2 e | 12 \pm 1.6 d |

Medias en la misma columna seguidas por diferentes letras fueron significativamente diferentes (prueba de Tukey, $p < 0.05$). EE: error estándar.

4. DISCUSIÓN

Este trabajo muestra que las semillas, pericarpio o la mezcla de ambos (semillas + pericarpio) fueron altamente tóxicos sobre *S. frugiperda*, ya que a concentraciones de 10 y 15 % eliminaron un 80-100 % de larvas. En el primer bioensayo, la mezcla semilla + pericarpio al 15 % provocó un 99 y 100 % de mortalidad a las 24 y 48 h. En el segundo bioensayo, la semilla o su combinación (semilla + pericarpio) a las 216 h provocaron el 100 % de mortalidad de *S. frugiperda*.

Existen trabajos con efectos similares como el reportado por López-Olguín *et al.* (1997), al evaluar el fruto pulverizado de *T. havanensis* al 1 y 5 % en larvas de *Spodoptera littoralis* Boisduval (Lepidoptera: Noctuidae). El polvo del fruto al 5 % provocó un 48, 94 y 98 % de mortalidad a las 72, 144 y 216 h, respectivamente. En el segundo ensayo del presente estudio, el polvo de semilla + pericarpio al 10 y 15 % a las 72 y 144 h ocasionó un 66-77 y 97-98 % de mortalidad de *S. frugiperda*, respectivamente. Además, ninguna larva sobrevivió a las 216 h en la dieta con el polvo de semilla y semilla + pericarpio. Comparando ambos estudios, la semilla sola o su mezcla con pericarpio (fruto completo) de *T. havanensis* resultó ser altamente tóxica sobre larvas de *S. frugiperda* y *S. littoralis*. Con la diferencia que eliminó más rápido a *S. frugiperda*, por haber estado expuesto a una concentración mayor.

En otro trabajo, Franco *et al.* (2006) evaluaron el polvo al 10 y 15 % de semillas de *Carica papaya* L. (Caricaceae) variedades Maradol, Mamey, Amarilla y Hawaiana sobre *S. frugiperda*. Todas las variedades de *C. papaya* resultaron ser altamente tóxicas por provocar un 100 % de mortalidad larval en 96-72 h, respectivamente. En el primer bioensayo del presente estudio, la mezcla semilla + pericarpio al 15 % de *T. havanensis* fue más activa que las variedades de *C. papaya*, por eliminar a las larvas de *S. frugiperda* en menos tiempo (100 % de mortalidad en 48 h).

Además, el extracto etanólico de callos de semillas de *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae) al 10 % provocó a las 12 y 40 h un 56 y 96 % de mortalidad de *S. frugiperda*, respectivamente (Trujillo *et al.*, 2008). Con tiempo de exposición muy similares (12 y 48 h), las semillas al 10 % de *T. havanensis* ocasionaron un 72 y 86 % de mortalidad, respectivamente. Con estos resultados, el polvo de semillas de *T.*

havanensis al 10 % resultó ser igual de activo que el extracto etanólico de *A. indica* en larvas de *S. frugiperda*.

La actividad tóxica de las semillas, pericarpio y su combinación de *T. havanensis* fue superior a lo reportado por Rodríguez y Vendramim (1996, 1997, 1998) en otras especies de Meliaceae. Por ejemplo, la incorporación de los macerados acuosos de hoja al 5 % de *Cabralea canjerana* (Well.) Mart., *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell., *Swietenia macrophylla* King, macerados acuosos de hoja y tallo al 5 % de *Guarea kunthiana* A. Juss., *Guarea macrophylla* Vahl. y *Toona ciliata* M. Roemer, y el macerado acuoso del fruto al 5 % de *Guarea guidonia* L. no afectaron la mortalidad del insecto. Un efecto similar presentaron los extractos etanólicos y hexánicos de semillas al 5 % de *Aglaiia cordata* Hiem., *S. macrophylla*, *Swietenia mahogani* C. DC. y *Toona sinensis* (A. Juss.) (Mikolajczak y Reed, 1987), como el extracto acuoso al 5 % de *Chenopodium graveolens* Willd. (Rodríguez *et al.*, 1982). En cambio, los macerados acuosos al 5 % de *A. indica* (semilla) y *Melia azedarach* L. (hoja y tallo) incorporados en la dieta merídica, provocaron un 100 % de mortalidad larval (Rodríguez y Vendramim, 1996, 1997). Al analizar estos resultados con los reportados en el presente estudio, se visualiza que las semillas o su combinación en forma de polvo al 10 y 15 % fue igual de activa que los macerados acuosos de *A. indica* (semilla) y *M. azedarach* (hoja y tallo) al no registrar larvas sobrevivientes a las 216 h.

Además, existen otros trabajos donde se han evaluado otras especies de *Trichilia*, como lo reportado por Mikolajczak y Reed (1987) donde los extractos etanólicos de *T. pallida*, *T. connoroides*, *T. prioureana*, *T. roka* y *Trichilia triphyllaria* C. DC. causaron mortalidad de larvas de *S. frugiperda* igual o superior al 80 %. La adición de los extractos acuosos de *Trichilia casaretti* C. DC., *Trichilia catigua* A. Juss., *Trichilia claussemi* C. DC., *Trichilia elegans* A. Juss. y *T. pallida*, a la dieta artificial alargaron el desarrollo de larvas de *S. frugiperda*. Resultando ser el extracto de ramas de *T. pallida* al 1 % el más efectivo, por causar una mortalidad larval del 100 % (Rodríguez y Vendramim, 1996). Esto se reafirmó con algunos extractos orgánicos de *T. pallida*, que también afectaron la mortalidad del insecto (Roel y Vendramim, 1999; Roel *et al.*, 2000a,b). Como al aplicar el extracto acuoso del tallo de *T. pallida* al 1 % en hojas de genotipos de maíz susceptible (C 901) y resistente (CMS 23) y este mismo extracto al 5 % en maíces: susceptible (AG 303) y

resistentes (Mp 705, Mp 707 y ZC) provocó un 100 % de mortalidad del insecto (Torrecillas y Vendramim, 2001). Por último, los extractos acuosos de ramas de *T. pallida* y de hojas de *T. pallens* al 1 % impregnados sobre hojas de maíz ocasionaron un 100 % de mortalidad del insecto. Estos mismos extractos provocaron una disminución en el peso larval (65.1 y 70.5 %) y alargamiento de la fase larval (96.4 y 95.4 días) de *S. frugiperda*. Además, la mayor ocurrencia de adultos deformados (24.5 %) se registró con el extracto acuoso de hojas de *T. pallida* al 1 % (Bogorni y Vendramin, 2005). Los resultados de estos estudios, indican que varias especies del género *Trichilia* incluyendo a *T. havanensis* son tóxicas sobre las larvas de *S. frugiperda*.

Actualmente estamos evaluando las semillas de *T. havanensis* en formas de varios extractos: hexánicos, acetónicos, etanólicos, metanólicos y acuosos a 10, 50, 100 y 1000 ppm para determinar si estas semillas continúan presentando actividad en larvas de *S. frugiperda*. Esto con la intención de ver si las semillas de *T. havanensis* son igual de activas que los macerados de tallo de *T. catigua* y *T. clauseni* o hoja de *T. casaretti* o bien, los extractos etanólicos de semillas de *T. connaroides*, *T. priureana*, *T. roka* y *T. triphyllaria*; como los extractos acuosos de ramas de *T. pallida*, hojas de *T. pallens* y *Trichilia americana* (Sesse & Mocino) (Mikolajczak y Reed, 1987; Mikolajczak *et al.*, 1989; Villar *et al.*, 1990; Rodríguez y Vendramin, 1996, 1998; Rodríguez, 2000; Bogorni y Vendramin, 2005).

Es necesario el fraccionamiento y la purificación de los compuestos de las semillas de *T. havanensis* para determinar si continúan siendo activas en forma de mezclas o compuestos puros sobre *S. frugiperda* y comparar su actividad con los compuestos sendanina y trichilinos de *T. roka*, en *S. frugiperda* (Kubo y Klocke, 1982, Jacobson, 1989) y *Spodoptera eridania* Cramer (Lepidoptera: Noctuidae) (Nakatani *et al.*, 1981, 1984ab, Nakatani, 1982), respectivamente. Como la mezcla de sus limonoides: 1,7-di-O-acetilhavanensina y 3,7-di-O-acetilhavanensina en *Spodoptera exigua* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) (López-Olguín *et al.*, 2007). También es necesario realizar evaluaciones de estas mezclas y compuestos puros en invernadero y campo para tener más claro el efecto de las semillas de *T. havanensis* sobre *S. frugiperda*. López-Olguín *et al.* (2007) concluyeron que la potente actividad tóxica encontrada en las fracciones del fruto de *T. havanensis* contra larvas de *S. exigua* pone de manifiesto su buen

potencial de uso, como extractos enriquecidos, en sistemas de control integrado. Además Villar *et al.* (1990) mencionaron que los extractos acuosos de *T. havanensis* y *T. americana* reducen significativamente el daño causado por *S. frugiperda* al maíz. Al igual que Bogorni y Vendramin (2005) concluyeron que los extractos acuosos de hojas de *T. pallens* y ramas de *T. pallida* al 1 % fueron los más promisoros para el uso del control de *S. frugiperda*.

El estudio realizado con mezcla de semilla + pericarpio de *T. havanensis* del primer bioensayo fue altamente tóxico sobre *S. frugiperda* al provocar el 100 % de mortalidad en tan sólo 48 h. Pero en el segundo bioensayo, el polvo de la semilla y semilla + pericarpio tardaron 96 h para ocasionar una mortalidad del 100 % de mortalidad larval. Esto puede deberse al manejo de estos experimentos, ya que en el primer bioensayo los contenedores permanecieron cerrados durante todo el tiempo experimental, en cambio en el estudio del segundo bioensayo los contenedores fueron revisados cada 2 h hasta las 12 h y posteriormente, cada 24 h para determinar la mortalidad.

5. CONCLUSIÓN

El polvo de las semillas o su mezcla (semilla + pericarpio) a concentraciones de 10-15 % causaron una mortalidad entre el 59-100 % sobre larvas de *S. frugiperda* en 48 h. El pericarpio al 15 % en un segundo orden de importancia fue también tóxico sobre este insecto.

6. LITERATURA CITADA

- Bogorni P., C., and J. D. Vendramin. 2005. Efeito subletal de extratos aquosos de *Trichilia* spp sobre o desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho. *Neotropical Entomology*, 34(2): 311-317.
- Burton, L. R., and W. D. Perkins. 1987. Rearing the corn earworm and fall armyworm for maize resistance studies. *Proceedings of the International Symposium on Methodologies for Developing Host Plant Resistance to Maize Insects*. CIMMYT. México. 35-37 pp.
- Champagne, D. E., O. Koul, M. B. Isman, G. G. E. Scudder, and G. H. N. Towers. 1992. Biological activity of limonoids from the Rutales. *Phytochemistry*, 31(2): 377-394.

- Franco A., S. L., A. Jiménez P., C. Luna L. y R. Figueroa-Brito. 2006. Efecto tóxico de semillas de cuatro variedades de *Carica papaya* (Caricaceae) en *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 45(2): 171-177.
- Isman, M. B., J. T. Arnason, and G. H. N. Towers. 1995. *Chemistry and biological activity of ingredients of other species of Meliaceae*. pp. 652-666. In: Schmutterer, H. (ed.). The nim tree: source of unique natural products for integrated pest management, medicine, industry and other purposes. VCH Verlagsgesellschaft mbH. Weinheim.
- Jacobson, M. 1989. *Botanical pesticides against insects*. 1-298 pp. In: Prakash, A., J. Rao (eds.), Botanical pesticides in agriculture. CRC Press, Boca Ratan, Florida.
- Klocke, J. A. 1987. *Natural plant compounds useful in insect control*. pp. 396-415. In: Waller, G. R. (ed.). Allelochemicals; role in agriculture and forestry. American Chemical Society Symposium Serie 330. Washington, USA.
- Kubo, I., and J. A. Klocke. 1982. An insect growth inhibitor from *Trichilia roka* (Meliaceae). *Experientia*, 38(6): 639-340.
- Lagunes T., A. 1993. *Uso de extractos y polvos vegetales y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia*. Colegio de Postgraduados, México 31 p.
- Lagunes T., A., C. Arenas y C. Rodríguez. 1984. Extractos acuosos y polvos vegetales con propiedades insecticidas. CANACYT-CP-AUACH-DGSV-INIFAP. Chapingo, México. 203 p.
- López-Olguín, J. F. 1994. Investigación agrícola en una zona marginada del estado de Puebla. *Elementos*, 20(3): 26-32.
- López-Olguín, J. F., F. Budia, P. Castañera y E. Viñuela. 1997. Actividad de *Trichilia havanensis* Jacq. (Meliaceae) sobre larvas de *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae). *Boletín de Sanidad Vegetal de Plagas*, 23(1): 3-10.

- López-Olguín, J. F., A. Aragón G., M. Tapia R., B. Rodríguez G., F. Ortego A., E. Viñuela S. y P. Castañeda D. 2007. *Actividad antialimentaria de Trichilia havanensis Jacq. (Meliaceae) en larvas de Spodoptera exigua (Hübner) (Noctuidae)*. 108-129 pp. En: López-Olguín, J. F., A. G. Aragón, C. H. Rodríguez y M. G. Vázquez (eds.), *Agricultura sostenible: sustancias naturales contra plaga*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Colegio de Postgraduados. Universidad de Guadalajara. México.
- Mikolajczak, K. L., and D. K. Reed. 1987. Extractives of seeds of the Meliaceae: effects on *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), *Acalymma vittatum* (F.), and *Artemia salina* Leach. *Journal of Chemical Ecology*, 13(1): 99-111.
- Mikolajczak, K. L., B. W. Zilkowski, and R. J. Bartelt. 1989. Effect of meliaceous seed extracts on growth and survival of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Journal of Chemical Ecology*, 15(1): 121-128.
- Nakatani, K. 1982. Recent studies on bioactive compounds from plants. *Journal of Natural Products*, 45(1): 15-26.
- Nakatani, M., J. C. James, and K. Nakanishi. 1981. Isolation and structures of trichilins, antifeedants against the southern armyworm. *Journal of the American Chemical Society*, 103(5): 1228–1230.
- Nakatani, M., M. Okamoto, and T. Hase. 1984a. Isolation and structures of three seco-limonoids, insect antifeedants from *Trichilia roka* (Meliaceae), *Heterocycles*, 22: 2335–2340.
- Nakatani, M., T. Iwashita, H. Naoki, and T. Hase. 1984b. Structure of a limonoid antifeedant from *Trichilia roka*. *Phytochemistry*, 24(1): 195-196.
- Pennington, T. D. 1981. *A monograph of neotropical Meliaceae*. pp. 1-232. In: Pennington, T. D. (ed.). *Flora Neotropica. A monograph of neotropical Meliaceae*. The New York Botanical Garden, N. Y. 470 p.
- Rodríguez H., C. 2000. *Inhibición de la alimentación en insectos plaga*. 75-97 pp. En: López-Olguín, J. F., A. Aragón y M. A. Valera (eds.), *Métodos de investigación de*

las Ciencias Ambientales. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

Rodríguez H., C., A. Lagunes T., R. Domínguez R. y L. Bermúdez V. 1982. Búsqueda de plantas nativas del estado de México con propiedades tóxicas contra el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith, y mosquito casero, *Culex quinquefasciatus* Say. *Revista Chapingo*, VII (37-38): 35-39.

Rodríguez H., C. y J. D. Vendramin. 1996. Toxicidad de extractos acuosos de Meliaceae en *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Manejo Integrado de Plagas*, 42: 14-22.

Rodríguez H., C. y J. D. Vendramin. 1997. Avaliação da bioatividade de estratos aquosos de Meliaceae sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Revista de Agricultura*, 72(3): 305-318.

Rodríguez H., C. y J. D. Vendramin. 1998. Uso de índices nutricionales para medir el efecto insectistático de extractos de meliáceas sobre *Spodoptera frugiperda*. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, 48: 11-18.

Roel A., R. y J. D. Vendramim. 1999. Desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) em genótipos de milho tratados com extrato acetato de etila de *Trichilia pallida* (Swartz). *Scientia Agricola*, 56(3): 581-586.

Roel A., R., J. D. Vendramim, T. S. Frighetto R. y N. Frighetto, 2000a. Atividade tóxica de extratos orgânicos de *Trichilia pallida* Swartz (Meliaceae) sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 29: 799-808.

Roel A., R., J. D. Vendramim, T. S. Frighetto R. y N. Frighetto. 2000b. Efeito do extrato acetato de etila de *Trichilia pallida* Swartz (Meliaceae) no desenvolvimento e sobrevivência da lagarta-do-cartucho. *Bragantia*, 59(1): 53-58.

SAS INSTITUTE 2002. SAS System for Windows, release 9.0. SAS Institute, Cary, NC.

- Torrecillas, S. M. and J. D. Vendramim. 2001. Extratos aquosos de ramos de *Trichilia pallida* e o desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* em genótipos de milho. *Scientia Agricola*, 58(1): 27-31.
- Trujillo R., P. A., L. N. Zapata R., R. A. Hoyos S., F. C. Yepes R., J. Capataz T. y F. Orozco S. 2008. Determinación de la DL₅₀ TL₅₀ y de extractos etanólicos de suspensiones celulares de *Azadirachta indica* sobre *Spodoptera frugiperda*. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 61(2): 4564-4575.
- Villar M., C., L. Ayala J., C. Rodríguez H. y A. Lagunes T. 1990. Utilización de infusiones y extractos acuosos vegetales en el combate del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en San Luis Potosi. *Revista Chapingo*, 15: 105-107.
- Xie, Y. S., M. B. Isman, P. Gunning, S. MacKinnon, J. T. Arnason, D. R. Taylor, P. Sanchez, C. Hasbun, and G. H. N. Towers. 1994. Biological activity of extracts of *Trichilia* species and the limonoid hirtin against lepidopteran larvae. *Biochemical Systematics and Ecology*, 22(2): 129-136.

CAPÍTULO V.

MANEJO DEL CULTIVO DE MAÍZ E INCIDENCIA Y CONTROL DEL GUSANO COGOLLERO *Spodoptera frugiperda* (SMTH) EN OCOYUCAN, PUEBLA

Resumen

En este estudio, se describe el conocimiento de los productores sobre el manejo del cultivo de maíz y con base a esta información, se propone una estrategia para el manejo agroecológico de la plaga *Spodoptera frugiperda*. Para esto, se realizaron encuestas a una muestra de productores de maíz de la zona de estudio. Los resultados indican que los productores siembran el maíz bajo una agricultura de subsistencia de temporal, con uno o dos barbechos y rastras. Se siembran de 2 a 5 semillas de maíz criollo (blanco), con una separación de 30 a 60 cm entre mata y mata. Para un buen desarrollo del maíz se aplican fertilizantes químicos de urea y sulfato de amonio de 300 a 450 Kg / ha en promedio. El gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*, el chapulín *Sphenarium* sp y la gallina ciega *Phyllophaga* spp son los principales insectos plaga. Para su control se utilizan los insecticidas químicos Malatión[®], Paratión Metílico[®] y Diazinón[®], respectivamente. Las principales malas hierbas son el polocote *Tithonia tubaeformis*, el acahual *Helianthus annuus* y el quintonil *Amaranthus* spp y su control es a través de deshierbes o herbicidas químicos como el 2,4-D sal dimetilamina y sal isopropilamina. Para un mejor manejo de cultivo, los productores utilizan asociaciones, rotación de cultivos y conservación de suelos. La producción del maíz varía de 1.6 a 2.3 ton / ha y el costo-beneficio de su producción resultó ser negativo. El maíz es la base de la alimentación de la ganadería familiar campesina. Respecto al gusano cogollero, también daña a la cebolla, el frijol, el sorgo y el tomate, pero prefiere al maíz, el cual daña desde un 15 % en las hojas hasta un 90 % en el cogollo de la planta. De los otros cultivos, *S. frugiperda* causa daños entre un 10 a 20 % en las hojas de la cebolla, sorgo, tomate y desde un 25 % en el ejote hasta un 65 % en las hojas del frijol. Para su control se aplica 1 L de Malatión[®] / 200 L de agua en maíz o Paratión Metílico[®] en los otros cultivos. Como alternativa de control se propone en manejo agroecológico de *S. frugiperda*, con énfasis en el control biológico (*Chrysoperla carnea*) y control botánico (extractos acuosos de semillas de *Carica papaya* y *Trichilia havanensis*).

Palabras clave: plagas del maíz, manejo del maíz, malas hierbas, producción, manejo agroecológico.

Abstract

In this study, I describe the knowledge of the producers about corn crop management and based on this information, I propose a strategy for agro-ecological management of the pest *Spodoptera frugiperda*. For this, I surveyed a sample of maize producers in the study area. The results indicate that corn is produced under rainfed subsistence agriculture, applying one or two fallow practices. Corn is planting by using 2 to 5 seed of native seed and separated 30 to 60 cm. To enhance corn growth, producers apply urea and ammonium sulfate at 300 to 450 Kg / ha on average. The fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, the grasshopper *Sphenarium* sp and grubs *Phyllophaga* spp are the main insect pests. Controls of these pests involve the use of chemical insecticides Malathion®, Methyl Parathion® and Diazinon®, respectively. The main weeds are *Tithonia tubaeformis*, *Helianthus annuus* and *Amaranthus* spp weed control is through agricultural practices (weeding) or chemicals herbicides such as 2.4-D dimethyl amine salt and isopropyl amine salt. To better manage farming, producers use polyculture, crop rotation and soil conservation. Corn production vary from 1.6 to 2.3 ton / ha and the cost-benefit of the crop turned out to be negative. Maize is the staple food of the peasant family farming. Regarding the fall armyworm, is also damages onion, beans, sorghum and tomato, but prefers to maize, which has from 15 % damage in the leaves up to 90 % in the heart of the plant. Of the other crops, *S. frugiperda* causes damage ranging from 10 to 20 % in the leaves of onion, sorghum and tomato and 25 % in the bean pods up to 65 % in bean leaves. To control this pest, producers apply 1 L of Malathion® / 200 L of water in corn or Methyl Parathion® in other crops. Alternatively, agroecological-based control proposed to manage *S. frugiperda*, emphasize biological control (*Chrysoperla carnea*) and botanic control such a use of aqueous extract of *Carica papaya* and *Trichilia havanensis* seeds.

Key words: maize pests, maize pest management, weeds crop production, management agroecology.

1. INTRODUCCIÓN

Debido a una baja productividad agrícola y una mala distribución de los alimentos, la malnutrición y la pobreza son problemas en América Latina (Altieri y Yurjevic, 1991). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) notificó que un 37 % de superficie mundial está dedicada a las actividades agropecuarias (FAO, 2004). En América Latina ocho millones de unidades campesinas ocupan el 18 % del total de la tierra agrícola. De éstas, 24.2 millones de campesinos rurales están en México (Pérez, 2002). En las tierras agrícolas, el trigo, el arroz, el maíz y la soya ocupan el 91 % del área sembrada, mientras que el resto se dedica al café, caña de azúcar y frutales (FAO, 2004). En este sector se origina el 40 y 50 % de la producción agrícola para el consumo doméstico (Ortega, 1986).

Debido a su alta siembra, estos cultivos están expuestos a una serie de problemas fitosanitarios como las enfermedades y los insectos plaga, los cuales son controlados con productos pesticidas. Una de las características del mercado de pesticidas es su gran concentración en pocos productos: más del 50 % de los pesticidas se aplican a trigo, maíz, algodón, arroz y soya (Bufani, 1999).

Algunos de los pesticidas utilizados en Centroamérica han sido considerados lo suficientemente peligrosos como para ser prohibidos en los Estados Unidos y Europa. Como consecuencia, una cifra que alcanza a 5 millones de trabajadores agrícolas de Centroamérica —muchos de los cuales son niños— corren el riesgo de estar expuestos a pesticidas (ONU, 2001).

El uso excesivo de pesticidas ocasionó resistencia de insectos plaga y trastornó de los equilibrios ecológicos, lo que provocó la reaparición y nuevos brotes de insectos plaga y enfermedades. Los envenenamientos humanos producidos por pesticidas han llegado a niveles inaceptables en muchos países, cada año un millón de personas se intoxican en forma accidental por el uso de pesticidas. En un estudio en Kansas, USA, encontraron que trabajadores rurales expuestos a herbicidas tenían seis veces más posibilidades de contraer un tipo de cáncer (Hoar *et al.*, 1986) y en Nebraska, los que manipularon el herbicida 2-4-D y tuvieron tres veces más riesgo de contraer cáncer (Hoar *et al.*, 1988).

En el maíz, *Zea mays* L. (Poaceae), uno de los factores limitantes para su producción lo constituyen los problemas sanitarios, ya que es atacado por muchos insectos plaga (Lagunes *et al.*, 1994), de los cuales, *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) es el más importante. Esta plaga ataca todas las etapas de desarrollo de la planta en las zonas maiceras del Continente Americano y particularmente de las regiones tropicales y subtropicales de América Latina, con daños superiores al 10 % en Colombia (Mojocoa, 2004), 34 % en Brasil (Carnevali y Florcovski, 1995), 40 % en Perú (Herrera, 1979), 50 % en Argentina (Murua y Virla, 2004), 60 % en Honduras (SAG, 1998) y hasta un 80 % en Venezuela (Fernández y Clavijo, 1985). En México, los daños van desde un 20 % hasta la pérdida total del cultivo en infestaciones severas, si la plaga ataca en períodos cercanos a la etapa de floración (Del Rincón *et al.*, 2006).

Para su control se utilizan insecticidas sintéticos y su uso indiscriminado provocó un deterioro ambiental (Albert, 1990), daños a la salud de productores y consumidores (Huff y Haseman, 1991), genotipos resistentes (Lagunes y Villanueva-Jiménez, 1994) y/o formación de plagas secundarias por eliminación de insectos benéficos, lo que trae como consecuencia un incremento del costo de producción del maíz.

Por esta razón, el objetivo del presente estudio fue describir el manejo del maíz, con énfasis en el control de su principal insecto plaga y a partir de este análisis proponer elementos de una estrategia con aspectos agroecológicos que sirva a las necesidades reales de las poblaciones rurales de San Bernardino Chalchihuapan, San Hipólito Achiapa y Santa Clara Ocoyucan del municipio de Ocoyucan, Puebla, México.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Marco geográfico de la investigación. El estado de Puebla está situado en la región central del país, entre las coordenadas geográficas: 20° 50' al norte, al sur 17° 52', al este 96° 43', al oeste 99° 04'. Limita al norte con Hidalgo y Veracruz; al este con Veracruz y Oaxaca; al sur con Oaxaca y Guerrero, al oeste con Guerrero, Morelos, México, Tlaxcala e Hidalgo (Figura 1).

Predomina un clima templado subhúmedo con lluvias en verano con un 32.4 % y una precipitación media anual de 868.5 mm; los suelos dominantes son feozems, regosoles y vertisoles con un 37, 16 y 14 % respectivamente. Su área territorial es de 34 251 Km²,

el 1.7 % del territorio nacional, con 5 624 104 habitantes, 70.7 y 29.3 % urbanos y rurales, respectivamente (INEGI, 2005). Su densidad de población es de 158.8 habitantes por Km². Tiene un índice de marginación muy alto de 0.8, por lo que ocupa el sexto lugar con respecto al resto del país. El uso potencial de la tierra es pecuaria y agrícola, con un 50.6 y 46.2 %, respectivamente. En la agricultura, de 1 011 643 ha de Puebla, 88.2 % son de temporal y 11.8 % de riego; donde se siembran 40 cultivos. La caña de azúcar, el maíz, la alfalfa, la gladiola y las plantas de ornato son los más importantes con una producción de 5 865 053 toneladas, equivalente al 85.4 % de la producción agrícola en el estado de Puebla. El estado de Puebla, cuenta con 217 municipios y 6 348 localidades, en siete regiones socioeconómicas (INEGI, 1999, 2000, 2005; CONAPO, 2005; CONEVAL, 2005).

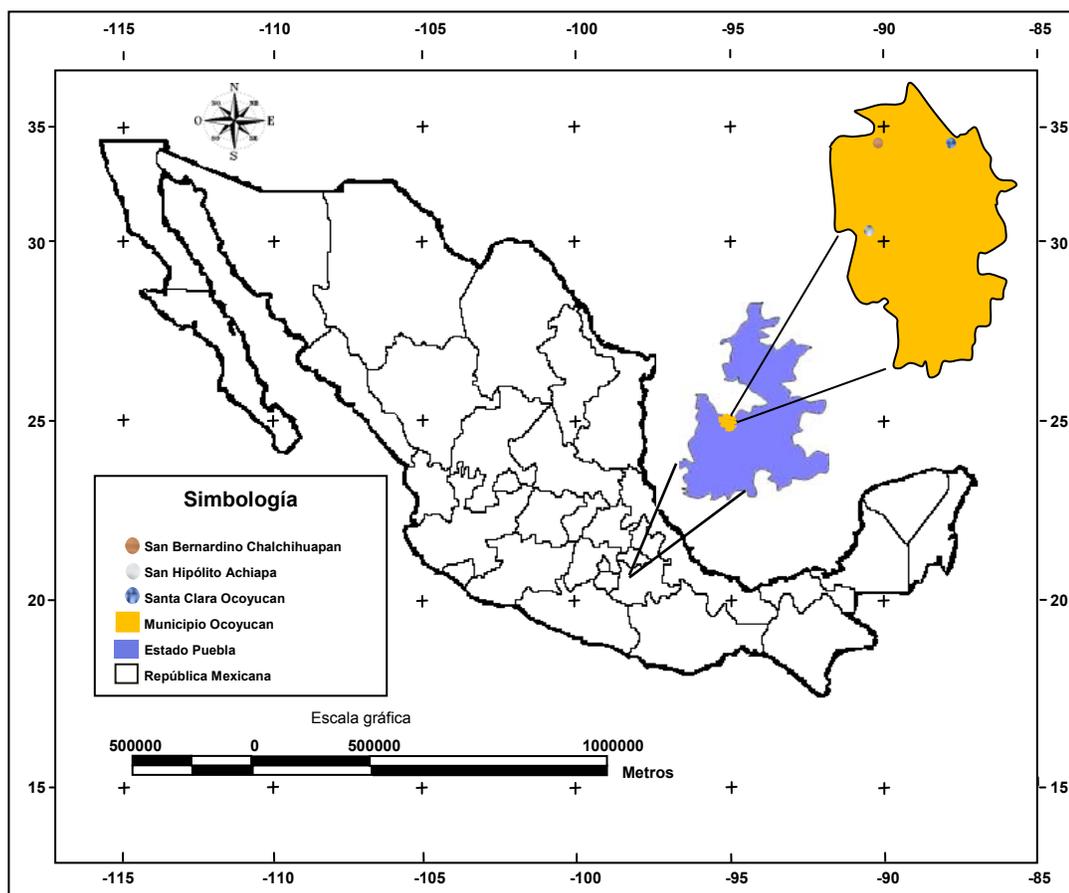


Figura 1. Ubicación geográfica de las localidades de estudio del municipio de Ocoyucan, Puebla.

2.2. Municipio de Ocoyucan. Se Localiza en la parte centro-oeste de la entidad. Presenta un clima templado subhúmedo con lluvias en verano y una precipitación

media anual de 900.8 mm (Figura 1). Se identifican seis suelos diferentes, fluvisol, litosol, regosol, cambisol, feozem y vertisol. En el 2005 contó con 23 619 habitantes, con un 53.4 y 46.6 % de mujeres y hombres, respectivamente, representó el 0.4 % del número de habitantes del estado. Su densidad de población fue de 277.3 habitantes por Km². Tiene un índice de marginación y un rezago social de 0.7 y 0.6 por lo que ocupan los lugares 58 y 55, respectivamente, con respecto al resto de los municipios del estado (INEGI, 2005).

Las actividades económicas se distribuyen por sector primario (agricultura, ganadería, caza y pesca), sector secundario (minería, petróleo, industria manufacturera, construcción y electricidad) y sector terciario (comercio, turismo y servicio) con un 53.8, 18.4 y 21.4 %, respectivamente. De la agricultura, se siembran 4 103 ha de temporal y riego con un 80.4 y 19.6 %, respectivamente, donde se producen maíz, frijol, forraje de alfalfa, avena, calabaza, aguacate, chirimoya y durazno (INEGI, 1999, 2000, 2005; CONAPO, 2005; CONEVAL, 2005). Este municipio cuenta con 29 localidades activas, siendo Santa Clara Ocoyucan, San Bernardino Chalchihuapan, Santa María Malacatepec, San Bernabé Tomoxtitla, Santa Martha Hidalgo y Francisco Sabina, las más importantes.

2.2.1. Localidad San Bernardino Chalchihuapan. Localidad urbana que se encuentra a una altura de 2210 msnm, su población en el 2005 fue de 5 017 habitantes con 45.8 y 54.2 % de hombres y mujeres, respectivamente, lo que representó un 21.2 % del número de habitantes del municipio (Figura 1). Con un índice de marginación alto (0.1) y un rezago social medio (0.008). La actividad preponderante es la jarciaría y la agricultura, siendo los principales cultivos, maíz, frijol y árboles de frutales, además de la crianza de aves de corral, cerdos y cabras (INEGI, 2005, 2010; CONAPO, 2005; CONEVAL, 2005; SDR, 2005).

2.2.2. Localidad San Hipólito Achiapa. Es una localidad rural que se encuentra a una altura media de 1 900 msnm, su población en el 2005 fue de 278 habitantes con un 46.7 y 53.3 % de hombres y mujeres, respectivamente, lo que representó el 1.1 % del número de habitantes del municipio (Figura 1). Con un índice de marginación alto (0.2) y un rezago social medio (0.2) (SDR, 2005; INEGI, 2010).

2.2.3. Localidad Santa Clara Ocoyucan. Localidad rural a 2110 msnm, su población en el 2005 fue de 4 363 habitantes con 46.9 y 53.1 % de hombres y mujeres, respectivamente, lo que representó el 18.4 % del número de habitantes del municipio (Figura 1). Con un índice de marginación alto (0.3) y un rezago social bajo (0.4) (INEGI, 2005, 2010; CONAPO, 2005; CONEVAL, 2005). El sector agropecuario absorbe en buena medida la mano de obra de la comunidad, ya que el 68.1 % de los hogares aun se dedica a la actividad agropecuaria (maíz y frijol). Dicha actividad aporta el 29.4 % al PIB de la comunidad (SDR, 2005; Mejía, 2010).

2.3. Encuesta. Se aplicó un cuestionario propuesto por Damián *et al.* (2007) y modificado para esta investigación a una muestra simple aleatoria de productores beneficiados del Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO).

La encuesta se definió con el método sistemático que recolectó información de los productores mediante preguntas, con un propósito descriptivo causal, en el cual caracterizó a la población en función de las variables seleccionadas.

La información acopiada por la encuesta abarcó: a) estructura agraria, b) economía, que incluyó acceso que tuvo el productor a los créditos, asistencia técnica, al ganado mayor y menor, y los recursos naturales, así como también a los gastos de producción, rendimiento e ingresos derivados de la producción y c) manejo de cultivo, donde se preguntó sobre las prácticas agrícolas que estuvieran o no incluidas en el paquete tecnológico del maíz, con énfasis en las principales plagas del cultivo como sus posibles enemigos naturales, además de su control con insecticidas químicos y/o botánicos.

La encuesta se aplicó del 18 al 30 de agosto del 2009, donde participaron 4 personas: el presidente del comisariado ejidal de la localidad, el presidente de la comisión de vigilancia y dos encuestadores.

El marco de muestreo fue el padrón de beneficiarios del PROCAMPO, que se depuro a partir de la lista original proporcionada por el comisariado ejidal de San Bernardino Chalchihuapan, el Sr. José Félix Montes Villa, para evitar que un productor apareciera más de una vez en el marco de muestreo. Para determinar el tamaño de la muestra se

consideró una estimación previa del porcentaje de daño de *S. frugiperda* en la comunidad de San Bernardino (12.3 %) y se usó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{NZ^2 p*q}{Nd^2 + Z^2 p*q}$$

Donde:

Sustituyendo datos:

N = Tamaño de la población

120 productores maíz

n = Tamaño de la muestra

A estimar

d = Precisión

10 % = 0.1

p y q

p = 0.12 y q = 0.88

Z (90 % de confianza, P = 0.1)

Valor de Z = 1.645

$$n = \frac{(120)(1.645)^2(0.12)(0.88)}{[(120)(0.88)^2 + (1.645)^2 (0.12)(0.88)]}$$

$$n = 34.52$$

$$n = 36 \text{ productores}$$

3. RESULTADOS

3.1. Estructura agraria. Los productores de maíz de San Bernardino, San Hipólito y Santa Clara Chalchihuapan, realizan una agricultura de subsistencia (ejidal: 90, 86.6 y 80 %, respectivamente) con una superficie en promedio por productor de 1.4, 0.9 y 0.8 % ha, respectivamente, con un mínimo de 0.25 ha y un máximo de 8 ha, en donde predomina la siembra de temporal (61.7, 58.4 y 49.1 %, respectivamente) (Cuadro 1). En el presente estudio el maíz es sembrado preferentemente en parcelas de temporal en las tres localidades del municipio de Ocoyucan.

3.2. Manejo de cultivo. Las superficies para el cultivo de maíz son suelos planos o con poca o mucha pendiente. En la localidad de San Bernardino Chalchihuapan predominaron los suelos con poca pendiente. En cambio, en San Hipólito Achiapa son más los suelos planos. Por último, en Santa Clara Ocoyucan predominan los suelos con poca o mucha pendiente (Cuadro 2).

Cuadro 1. Estructura agraria de parcelas de cultivo de tres localidades del municipio de Ocoyucan, Puebla, México.

| Estructura Agraria | San Bernardino Chalchihuapan | | | Total | San Hipólito Achiapa | | | Total | Santa Clara Ocoyucan | | | Total |
|--------------------|------------------------------|--------|----------|--------|----------------------|--------|----------|--------|----------------------|--------|----------|--------|
| | renta | ejidal | prestada | | renta | ejidal | Prestada | | Renta | Ejidal | prestada | |
| Superficie (ha) | 5 | 16.5 | ---- | 21.5 | 2.0 | 11.2 | 0.5 | 13.7 | 2.0 | 6.5 | 0.5 | 9.0 |
| Sup x productor* | 2.5 | 1.4 | ---- | 3.9 | 2.0 | 0.9 | 0.5 | 3.4 | 2.0 | 0.8 | 0.5 | 3.3 |
| Unidad (ha)* | 10.0 | 90.0 | ---- | 100 | 6.6 | 86.8 | 6.6 | 100 | 10 | 80.0 | 10 | 100 |
| Irrigación* | 2.5 t | 61.7 t | ---- | 64.2 t | 6.6 t | 58.4 t | 0.0 t | 65.0 t | 0.0 t | 49.1 t | 11.1 t | 60.4 t |
| | 2.5 r | 33.3 r | ---- | 35.8 r | 0.0 r | 28.4 r | 6.6 r | 35.0 r | 11.1 r | 28.5 r | 0.0 r | 39.6 r |

*= Porcentaje, t= temporal, r= Riego.

Cuadro 2. Preparación del terreno para el cultivo de maíz en tres localidades del municipio de Ocoyucan, Puebla, México.

| Localidades | Superficie-Pendiente (%) | | | Barbechos-Rastras (%) | | | | Surcado (%) | | | |
|------------------------------|--------------------------|------|-------|-----------------------|-------|---------|------|-------------|--------|---------|------|
| | Sin | Poca | Mucha | Tractor | Yunta | Caballo | otro | Tractor | Animal | caballo | Otro |
| San Bernardino Chalchihuapan | 35 | 40 | 25 | 94 | 6 | 100 | 0 | 55 | 45 | 90 | 10 |
| | | | | Abril-Mayo | | | | Junio | | | |
| San Hipólito Achiapa | 47 | 33 | 20 | 53 | 47 | 93.4 | 6.6 | 20 | 80 | 93.4 | 6.6 |
| | | | | Abril-Mayo | | | | Junio | | | |
| Santa Clara Ocoyucan | 20 | 40 | 40 | 70 | 30 | 100 | 0 | 40 | 60 | 100 | 0 |
| | | | | Mayo-Junio | | | | Junio | | | |

+sin pendiente=0, poca pendiente =1-50 % y mucha pendiente= 51 o más %.

3.2.1. Preparación de terreno. Todos los productores realizan uno o dos barbechos y una o dos rastras para el cultivo de maíz entre los meses de abril y mayo, preferentemente con tractor, excepto en Santa Clara Ocoyucan donde realizan esta labor entre mayo y junio. En cambio, el surcado lo realizan a la semana siguiente de la rastra en junio con tracción animal (yunta-caballo) (Cuadro 2).

3.2.2. Siembra y fertilización. En San Bernardino Chalchihuapan se siembran de tres a cinco semillas de la variedad blanca por mata entre el 20 de mayo al 20 junio, a una distancia de 40 a 60 cm entre mata y mata. Los productores durante la primera o segunda labor del cultivo (25 y 60 días posteriores de la siembra), fertilizan las plantas de maíz con urea (420 Kg / ha), sulfato de amonio (440 Kg / ha) o una mezcla de varios tipos de fertilizantes (470 Kg / ha) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Siembra y fertilización de maíz en tres localidades del municipio de Ocoyucan, Puebla, México.

| Componente tecnológico | San Bernardino Chalchihuapan | San Hipólito Achiapa | Santa Clara Ocoyucan |
|---------------------------|--|--|---------------------------------------|
| Fecha de siembra | 20 de mayo a 30 de junio | 1 de mayo a 30 de junio | 1 de mayo a 30 de junio |
| Varietal de siembra | Criolla: Blanca | Criollas: Blanca y Roja | Criolla: Blanca |
| Distancia entre matas | 40 a 60 cm | 40 cm | 30 cm |
| Plantas por mata | 3 a 5 | 2 a 5 | 3 a 4 |
| Labores de cultivo | 25-60 días de siembra Julio-agosto | 35-45 días de siembra Julio-agosto | 35-55 días de siembra julio-agosto |
| Fórmulas de fertilización | Urea y Sulfato de amonio | Urea, Sulfato de amonio y mezcla de ambos | Urea |
| Fecha de fertilización | Primera y Segunda labor | Primera y Segunda labor | Primera labor |
| Dosis de fertilización | Urea: 420 Kg / ha Sulfato de amonio: 440 Kg / ha Mezcla: 470 Kg/Ha | Urea: 325 Kg / ha Sulfato de amonio: 370 Kg / ha Mezcla: 275 Kg / ha | 300 Kg / ha |

En San Hipólito Achiapa se siembran del primero de mayo al 30 de junio, las variedades criollas blanca y roja del maíz. En la siembra se colocan de dos a cinco semillas a una distancia de 40 cm entre matas. Las plantas son fertilizadas con urea (325 Kg / ha), sulfato de amonio (370 Kg / ha) o una mezcla de diferentes fertilizantes (275 Kg / ha) en la primera y segunda labor (Cuadro 3).

En Santa Clara Ocoyucan en esta localidad se siembran del primero de mayo al 30 de junio, la variedad criolla blanca. Para la siembra, se utilizan tres o cuatro semillas a una distancia de 30 cm entre matas. El cultivo es fertilizado con urea (300 Kg / ha) durante la primera labor (Cuadro 3).

3.2.3. Insectos plaga. En San Bernardino Chalchihuapan se presenta el chapulín *Sphenarium* sp (22.9 %), la gallina ciega *Phyllophaga* spp (Coleoptera: Melolonthidae) (18.5 %) y el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) (12.3 %), como las principales plagas. El gusano elotero *Helicoverpa zea* Boddie (Lepidoptera: Noctuidae) (10.3 %) y los insectos de granos almacenados, la polilla *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) (10.3 %), el picudo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) (8.2 %), y la palomilla *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae) (7.0 %), son plagas secundarias. La araña roja *Tetranychus* sp (Acari: Tetranychidae) (5.0 %), el pulgón *Rhopalosiphum*

padi L. (Homoptera: Aphididae) (2.7) y el frailecillo *Macroductylus* spp (Coleoptera: Scarabaeidae) (2.7 %) son plagas ocasionales en el cultivo de maíz (Cuadro 4).

Cuadro 4. Utilización de insecticidas en el cultivo de maíz en San Bernardino Chalchihuapan, Ocoyucan, Puebla, México.

| INSECTOS PLAGA | Parte Daño (%) | Periodo (meses) | Control (%) | | Dosis (L / 200 L agua) |
|--|-----------------|------------------|-------------|---------------------|------------------------|
| | | | Práctica | Insecticida Químico | |
| Chapulín <i>Sphenarium</i> sp | Hoja 22.9 | Julio-septiembre | 54.5 | 45.5 | |
| | | | | Diazinón | 9.1 |
| | | | | Metamidofos | 9.1 |
| | | | | Clorpirifos | 9.1 |
| | | | | Malatión | 9.1 |
| | | | | Paratión Metílico | 9.1 |
| Gallina ciega <i>Phyllophaga</i> spp | Raíz 18.5 | Junio-agosto | 77.8 | 22.2 | |
| | | | | Diazinón | 11.1 |
| | | | | Metamidofos | 11.1 |
| Gusano cogollero <i>Spodoptera frugiperda</i> | Cogollo 12.3 | Mayo-julio | 0 | 100 | |
| | | | | Malatión | 55.6 |
| | | | | Paratión Metílico | 22.2 |
| | | | | Diazinón | 11.1 |
| | | | | Metamidofos | 11.1 |
| Gusano elotero <i>Helicoverpa zea</i> | Elote 10.3 | Septiembre | 80 | 20 | |
| | | | | Paratión Metílico | 20.0 |
| <i>Ephestia kuehniella</i> Polilla | Semilla 10.3 | Diciembre-enero | 0 | 100 | |
| | | | | Fosfuro de aluminio | 100.0 |
| Picudo <i>Sitophilus zeamais</i> | Semilla 8.2 | Diciembre-enero | 0 | 100 | |
| | | | | Fosfuro de aluminio | 100.0 |
| Palomilla <i>Sitotroga cerealella</i> | Semilla 7.0 | Diciembre-enero | 0 | 100 | |
| | | | | Fosfuro de aluminio | 100.0 |
| Araña roja <i>Tetranychus</i> sp | Hoja 5.0 | Junio-agosto | 0 | 100 | |
| | | | | Paratión Metílico | 50.0 |
| | | | | Metamidofos | 50.0 |
| Pulgón <i>Rhopalosiphum padi</i> | Hoja 2.7 | Septiembre | 0 | 100 | |
| | | | | Paratión Metílico | 100.0 |
| Frailecillo <i>Macroductylus</i> sp | Hoja 2.7 | Septiembre | 0 | 100 | |
| | | | | Paratión Metílico | 100.0 |

Para el control de las principales plagas, los productores de maíz utilizan insecticidas químicos solos o en combinación con prácticas agrícolas, según cada insecto. El chapulín *Sphenarium* sp ataca las hojas del maíz de julio a septiembre y es controlado indistintamente por prácticas agrícolas (barbechos, efectos del sol) o insecticidas químicos como el Diazinón (25 %, Diazinón Dragón® 25 E, concentrado emulsionable, Grupo Dragón, Izucar de Matamoros, Puebla, México), Metamidofos (48.3 %, Tamaron® 60, concentración emulsionable, Bayer, México), Clorpirifos (21.12 %, Compas® 480,

concentración emulsionable, Grupo Dragón, Izucar de Matamoros, Puebla, México), Malatión (83.7 %, Malathion[®] 1000 E, concentrado emulsionable, Grupo Dragón, Izucar de Matamoros, Puebla, México) y Paratión Metílico (50 %, Foley[®] 50 % C. E., concentración emulsionable, Grupo Dragón, Izucar de Matamoros, Puebla, México) (Cuadro 4). La gallina ciega *Phyllophaga* spp, daña las raíces del maíz en junio y agosto; los productores controlan esta plaga preferentemente con prácticas agrícolas (77.8 %, barbechos, rastras, efectos del sol) y con los insecticidas Diazinón[®] y Metamidofos[®]. En cambio, el gusano cogollero *S. frugiperda* que ataca el cogollo del maíz de mayo a julio, es controlado sólo con insecticidas químicos, de los que sobresalen el Malatión[®] y el Paratión Metílico[®] (Cuadro 4). De las plagas secundarias, el gusano elotero *H. zea* ataca el elote del maíz en septiembre y es controlado por prácticas agrícolas (80 %, barbechos) y sólo un 20 % por el insecticida Paratión Metílico[®]. En cambio, los insectos plaga de granos almacenados, el picudo *S. zeamais*, la polilla *E. kuehniella* y la palomilla *S. cerealella*, dañan a la semilla de diciembre a enero y sólo son controlados por el insecticida Fosfuro de Aluminio[®] (56.7 %, Gran Quick Phos[®], insecticida fumigante en pastilla, Grupo Dragón, Izucar de Matamoros, Puebla, México). Con un efecto similar, las plagas ocasionales araña roja *Tetranychus* sp, el pulgón *R. padi* y el frailecillo *Macrodactylus* sp se alimentan de la hoja de maíz entre junio y septiembre y son controladas con Paratión Metílico[®], como el Metamidofos[®] sólo para la araña roja (Cuadro 4).

En San Hipólito Achiapa el gusano cogollero *S. frugiperda* (31.8 %) seguido del chapulín *Sphenarium* sp (11.0 %), gallina ciega *Phyllophaga* spp (11.0 %), picudo del maíz *S. zeamais* (11.0 %) y palomilla *S. cerealella* (11.0 %) son las principales plagas. Las plagas secundarias son la polilla *E. kuehniella* (8.4 %), el gusano elotero *H. zea* (6.5 %) y la araña roja *Tetranychus* sp (6.5 %). Como plaga ocasional, el pulgón *R. padi* (2.8 %). Los productores utilizan insecticidas químicos para el control de las plagas, excepto en los casos del chapulín y la gallina ciega donde lo complementan con prácticas agrícolas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Utilización de insecticidas en el cultivo de maíz en San Hipólito Achiapa, Ocoyucan, Puebla, México.

| INSECTOS PLAGA | Parte Daño (%) | Periodo (meses) | Control (%) | | Dosis (L / 200 L agua) | Aplic. / años | |
|--|-----------------|-------------------|-------------|---------------------|------------------------|---------------|----|
| | | | Práctica | Insecticida Químico | | | |
| Gusano cogollero <i>Spodoptera frugiperda</i> | Cogollo 31.8 | Mayo-agosto | 0 | 100 | | | |
| | | | | Malatión | 50.0 | 1 | 4 |
| | | | | Metamidofos | 18.8 | 1.5 | 5 |
| | | | | Monocrotophos | 18.8 | 1 | 20 |
| | | | | Paratión Metílico | 12.4 | 1.5 | 2 |
| Chapulín <i>Sphenarium sp</i> | Hoja 11.0 | Junio-agosto | 16.7 | 83.3 | | | |
| | | | | Paratión Metílico | 16.6 | 0.25 | 2 |
| | | | | Metamidofos | 16.6 | 1 | 10 |
| | | | | Monocrotophos | 16.6 | 1 | 20 |
| | | | | Terbufos | 16.6 | 3 | 10 |
| | | | | Metomilo | 16.6 | 2 | 7 |
| Gallina ciega <i>Phyllophaga spp</i> | Raíz 11.0 | Junio-agosto | 16.7 | 83.3 | | | |
| | | | | Terbufos | 33.2 | 3 | 10 |
| | | | | Carbofuran | 16.6 | 1 | 2 |
| | | | | Malatión | 16.6 | 1 | 4 |
| | | | | Monocrotophos | 16.6 | 1 | 20 |
| Picudo <i>Sitophilus zeamais</i> | Semilla 11.0 | Diciembre-enero | 0 | 100 | | | |
| | | | | Fosfuro de aluminio | 100.0 | 3 | 10 |
| Palomilla <i>Sitotroga cerealella</i> | Semilla 11.0 | Diciembre-enero | 0 | 100 | | | |
| | | | | Fosfuro de aluminio | 100.0 | 2 | 10 |
| Polilla <i>Ephestia kuehniella</i> | Semilla 8.4 | Diciembre-enero | 0 | 100 | | | |
| | | | | Fosfuro de aluminio | 100.0 | 3 | 10 |
| Araña roja <i>Tetranychus sp</i> | Hoja 6.5 | Julio-agosto | 0 | 100 | | | |
| | | | | Malatión | 50.0 | 1 | 4 |
| | | | | Monocrotophos | 50.0 | 1 | 20 |
| Gusano Elotero <i>Helicoverpa zea</i> | Elote 6.5 | Agosto-septiembre | 0 | 100 | | | |
| | | | | Diazinón | 33.3 | 1 | 10 |
| | | | | Malatión | 33.3 | 1 | 4 |
| | | | | Monocrotophos | 33.3 | 1 | 20 |
| Pulgón <i>Rhopalosiphum padi</i> | Hoja 2.8 | Julio | 0 | 100 | | | |
| | | | | Paratión Metílico | 100.0 | 0.5 | 2 |

El gusano cogollero *S. frugiperda* se alimenta principalmente del cogollo del maíz entre mayo y agosto y es controlado sólo por el insecticida Malatión[®], seguido por el Metamidofos[®] y Monocrotophos[®]. En cambio, el chapulín *Sphenarium sp* y la gallina ciega *Phyllophaga spp* que se alimentan de la hoja y raíz de la planta, respectivamente, de junio a agosto, son controladas con prácticas agrícolas (16.7 % barbechos) como con insecticidas químicos.

En el caso del chapulín *Sphenarium sp*, su control químico es a través indistintamente de los insecticidas Paratión Metílico[®], Metamidofos[®], Monocrotophos[®], Terbufos (15 %,

Counter[®] FC 15 G, granulado, Basf Mexicana, D. F., México) o el Metomilo (90 %, Lannate[®], polvo soluble, Dupont, D. F. México). Pero, para la gallina ciega *Phyllophaga* spp, se utiliza preferentemente el Terbufos[®]. Las plagas de granos almacenados, picudo del maíz *S. zeamais* y palomilla *S. cerealella* se alimentan del grano en diciembre y enero, son sólo controlados con Fosfuro de Aluminio[®] (Cuadro 5).

De las plagas secundarias, esto mismo sucede con la polilla *E. kuehniella*, que sólo es controlada con el mismo insecticida Fosfuro de Aluminio[®]. No así, para la araña roja *Tetranychus* sp y el gusano elotero *H. zea*, que se alimentan de la hoja y el elote entre julio y septiembre, respectivamente, para su control se aplican el Malatión[®] y el Monocrotophos[®], más el Diazinón[®], sólo para el gusano elotero, respectivamente. El pulgón *R. padi*, es una plaga ocasional, se alimenta de las hojas en julio y sólo es controlado con el Paratión Metílico[®] (Cuadro 5).

En Santa Clara Ocoyucan el gusano cogollero *S. frugiperda* (39.2 %) seguido del chapulín *Sphenarium* sp (27.8 %) y la araña roja *Tetranychus* sp (11.0 %) son las principales plagas. Las plagas secundarias son la gallina ciega *Phyllophaga* spp (5.5 %), el picudo del maíz *S. zeamais* (5.5 %), la palomilla *S. cerealella* (5.5 %) y la polilla *E. kuehniella* (8.4 %). Los productores de esta localidad utilizan preferentemente insecticidas químicos para el control de las plagas, excepto en los casos del gusano cogollero *S. frugiperda* y chapulín *Sphenarium* sp donde complementan el control de estas plagas con prácticas agrícolas (Cuadro 6).

El gusano cogollero *S. frugiperda* daña al cogollo del maíz de mayo a junio y su control es con prácticas agrícolas (18 %, barbechos, eliminación manual) e insecticidas químicos, con más uso del Malatión[®]. De forma similar, el chapulín *Sphenarium* sp que causa daño a las hojas entre agosto y septiembre, es también controlado con prácticas agrícolas (18 %, barbechos) como insecticidas químicos, con predominancia del Paratión Metílico[®]. No siendo así para la araña roja *Tetranychus* sp, la cual daña toda la planta en agosto, esta sólo es controlada con el Paratión Metílico[®] (Cuadro 6). Todas las plagas secundarias son controladas sólo con insecticidas químicos. La gallina ciega *Phyllophaga* spp, daña las raíces del maíz en agosto y su control es con Diazinón[®]. Esto mismo sucede con el picudo del maíz *S. zeamais*, la palomilla *S. cerealella* y la

polilla *E. kuehniella*, los cuales dañan el grano del maíz en enero y sólo son controladas con el insecticida Fosfuro de Aluminio[®] (Cuadro 6).

Cuadro 6. Utilización de insecticidas en el cultivo de maíz en Santa Clara Ocoyucan, Ocoyucan, Puebla, México.

| INSECTOS PLAGA | Parte Daño (%) | Periodo (meses) | Control (%) | | Dosis (L / 200 L agua) | Aplic. / años | |
|--|-----------------|-------------------|-------------|---------------------|------------------------|---------------|----|
| | | | Práctica | Insecticida Químico | | | |
| Gusano cogollero <i>Spodoptera frugiperda</i> | Cogollo 39.2 | Mayo-junio | 18 | 82 | | | |
| | | | | Malatión | 45.6 | 1.5 | 5 |
| | | | | Metamidofos | 18.2 | 1 | 4 |
| | | | | Paratión Metílico | 18.2 | 1 | 2 |
| Chapulín <i>Sphenarium</i> sp | Hoja 27.8 | Agosto-septiembre | 20 | 80 | | | |
| | | | | Paratión Metílico | 40.0 | 0.5 | 2 |
| | | | | Diazinón | 20.0 | 1 | 2 |
| | | | | Terbufos | 20.0 | 3 | 10 |
| Araña roja <i>Tetranychus</i> sp | Planta 11.0 | Agosto | 0 | 100 | | | |
| | | | | Paratión Metílico | 100.0 | 1 | 2 |
| Gallina ciega <i>Phyllophaga</i> spp | Raíz 5.5 | Agosto | 0 | 100 | | | |
| | | | | Diazinón | 100.0 | 1 | 5 |
| Picudo <i>Sitophilus zeamais</i> | Semilla 5.5 | Enero | 0 | 100 | | | |
| | | | | Fosfuro de aluminio | 100.0 | 3 | 10 |
| Palomilla <i>Sitotroga cerealella</i> | Semilla 5.5 | Enero | 0 | 100 | | | |
| | | | | Fosfuro de aluminio | 100.0 | 2 | 10 |
| Polilla <i>Ephestia kuehniella</i> | Semilla 5.5 | Enero | 0 | 100 | | | |
| | | | | Fosfuro de aluminio | 100.0 | 2 | 10 |

3.2.4. Malas hierbas. En San Bernardino Chalchihuapan de las malas hierbas, el polocote *Tithonia tubaeformis* L. (Asteraceae), el acahual *Helianthus annuus* L. (Compositae), el pasto *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. (Poaceae), el quintonil *Amaranthus* spp (Amaranthaceae), manto *Ipomoea purpúrea* (L.) Roth (Convolvulaceae), el chayotillo *Echinocystis lobata* (Michaux) Torr. & Gray (Cucurbitaceae) y la verdolaga *Portulaca oleracea* L. (Portulacaceae) dañan al maíz entre junio y agosto, y son controladas por prácticas culturales (Cuadro 7).

El polocote *T. tubaeformis* y el acahual *H. annuus* son los más importantes y para su buen control, además, se utilizan los herbicidas químicos éster butílico del ácido 2,4-Diclorofenoxiacético [2,4-D] (84 %, Esteron plus[®], concentrado emulsionable, Dow AgroSciences, Jalisco, México), Sal Isopropilamina de N-(fosfonometil) glicina (35.6 %, Faena^{MR} clasico[®], concentrado soluble, Monsanto Comercial, Jalisco, México) y 2,4-D, Sal dimetilamina (49.4 %, Hierbamina[®], solución acuosa, Syngenta Agro, D. F., México) a una dosis de 1, 2 y 1 L / 200 L de agua, respectivamente (Cuadro 7).

Cuadro 7. Utilización de herbicidas en el cultivo de maíz en San Bernardino Chalchihuapan, Ocoyucan, Puebla, México.

| MALAS HIERBAS | Parte Daño (%) | Periodo (meses) | Control (%) | | Dosis L / 200 L agua | Aplic. / años | |
|--|----------------|-----------------|-------------|--------------------------|----------------------|---------------|----|
| | | | Práctica | Insecticida Químico | | | |
| <i>Tithonia tubaeformis</i> Polocote | 33.3 | Agosto | 81.3 | 18.7 | | | |
| | | | | 2,4-diclorofenoxiacético | 6.2 | 1 | 10 |
| | | | | Sal isopropilamina | 6.2 | 2 | 10 |
| | | | | 2,4-D sal dimetilamina | 6.2 | 1 | 10 |
| <i>Helianthus annuus</i> Acahual | 29.2 | Agosto | 85.8 | 14.2 | | | |
| | | | | Sal isopropilamina | 7.1 | 2 | 10 |
| | | | | 2,4-D sal dimetilamina | 7.1 | 1 | 6 |
| <i>Digitaria sanguinalis</i> Pasto | 12.5 | Junio-agosto | 100 | ----- | ----- | ----- | |
| <i>Amaranthus</i> spp Quintonil | 10.4 | Agosto | 100 | ----- | ----- | ----- | |
| <i>Ipomoea purpúrea</i> Manto | 8.4 | Agosto | 100 | ----- | ----- | ----- | |
| <i>Echinocystis lobata</i> Chayotillo | 3.1 | Agosto | 100 | ----- | ----- | ----- | |
| <i>Portulaca oleracea</i> Verdolaga | 3.1 | Agosto | 100 | ----- | ----- | ----- | |

En San Hipólito Achiapa nuevamente el polocote *T. tubaeformis*, el acahual *H. annuus*, el quintonil *Amaranthus* spp, manto *I. purpúrea*, el pasto *D. sanguinalis* y el chayotillo *E. lobata*, al igual que la manzanilla *Matricaria chamomilla* L. (Compositae) y la hierba zacahomite dañan al maíz entre junio y agosto, y son controladas en combinación por prácticas agrícolas e herbicidas químicos, excepto por la manzanilla *M. chamomilla* y la hierba zacahomite que son controladas sólo por prácticas agrícolas o herbicidas químicos, respectivamente (Cuadro 8).

En esta localidad, el polocote *T. tubaeformis*, seguido del acahual *H. annuus* y el quintonil *Amaranthus* spp, son las malas hierbas más importantes, para su buen control, se utiliza las prácticas agrícolas y preferentemente el herbicida químico éster butílico del ácido 2,4-diclorofenoxiacético [2,4-D] a una dosis de 1 L / 200 L de agua. Además, para el polocote se utilizan 2,4-D, sal dimetilamina, Sal isopropilamina de N-(fosfonometil) glicina y el Glifosato (36 %, Takle® 360, concentrado emulsionable, SINFATEC, Tlalnepantla, edo. de México, México) a una dosis de 1, 2 y 3 L / 200 L de agua, respectivamente (Cuadro 8).

Cuadro 8. Utilización de herbicidas en el cultivo de maíz en San Hipólito Achiapa, Ocoyucan, Puebla, México.

| MALAS HIERBAS | Parte Daño (%) | Periodo (meses) | Control (%) | | Dosis L / 200 L agua | Aplic. / años |
|--|----------------|-----------------|-------------|--------------------------------|----------------------|---------------|
| | | | Práctica | Insecticida Químico | | |
| <i>Tithonia tubaeformis</i> Polocote | 34.8 | Junio-agosto | 62.5 | 37.5 | | |
| | | | | 2,4-diclorofenoxiacético 18.7 | 1 | 10 |
| | | | | 2,4-D sal dimetilamina 6.2 | 1 | 10 |
| | | | | Sal isopropilamina 6.2 | 2 | 10 |
| | | | | Glifosato.....6.2 | 3 | 5 |
| <i>Helianthus annuus</i> Acahual | 21.7 | Junio-agosto | 70 | 30 | | |
| | | | | 2,4-D sal dimetilamina 30.0 | 1 | 6 |
| <i>Amaranthus spp</i> Quintonil | 17.4 | Junio-agosto | 75 | 25 | | |
| | | | | 2,4-diclorofenoxiacético 25.0 | 1 | 5 |
| <i>Ipomoea purpúrea</i> Manto | 13.0 | Julio-agosto | 83.3 | 16.7 | | |
| | | | | 2,4-diclorofenoxiacético 16.7 | 1 | 5 |
| <i>Digitaria sanguinalis</i> Pasto | 6.5 | Junio-agosto | 33.3 | 66.6 | | |
| | | | | 2,4-diclorofenoxiacético 33.3 | 1 | 10 |
| | | | | Sal isopropilamina 33.3 | 1 | 10 |
| <i>Echinocystis lobata</i> Chayotillo | 6.5 | Julio-agosto | 66.6 | 33.3 | | |
| | | | | 2,4-diclorofenoxiacético 33.3 | 1 | 5 |
| <i>Matricaria chamomilla</i> Manzanilla | 2.2 | Junio | 100 | ----- | ----- | ----- |
| Zacahomite | 2.2 | Julio | 0 | 100 | | |
| | | | | 2,4-diclorofenoxiacético 100.0 | 1 | 5 |

En Santa Clara Ocoyucan el polocote *T. tubaeformis*, el acahual *H. annuus*, el quintonil *Amaranthus spp*, manto *I. purpúrea*, el chayotillo *E. lobata* y el pasto *D. sanguinalis*, como la verdolaga *P. oleracea* dañan al maíz entre junio y agosto, y son controladas en combinación por prácticas agrícolas e herbicidas químicos, excepto el chayotillo, el pasto *D. sanguinalis* y la verdolaga *P. oleracea*, que son controlados sólo por prácticas agrícolas (Cuadro 9).

De igual manera que las otras dos localidades, el polocote *T. tubaeformis*, seguido del acahual *H. annuus* y el quintonil *Amaranthus spp*, son las malas hierbas más importantes en esta localidad y para su buen control, se utiliza preferentemente el herbicida químico éster butílico del ácido 2,4-diclorofenoxiacético [2,4-D] a una dosis de 1 L / 200 L de agua. Además, para el polocote se utiliza 2,4-D, sal dimetilamina, sal isopropilamina de N-(fosfometil) glicina y el Glifosato (36 %, Takle[®] 360, concentrado emulsionable, SINFATEC, Tlalnepantla, edo. de México, México) a una dosis de 1, 2 y 3 L / 200 L de agua, respectivamente (Cuadro 9).

Cuadro 9. Utilización de herbicidas en el cultivo de maíz en Santa Clara Ocoyucan, Ocoyucan, Puebla, México.

| MALAS HIERBAS | Parte Daño (%) | Periodo (meses) | Control (%) | | Dosis L / 200 L agua | Aplic. / años | |
|--|----------------|-----------------|-------------|------------------------|----------------------|---------------|----|
| | | | Práctica | Químico | | | |
| <i>Tithonia tubaeformis</i> Polocote | 27.8 | Junio-agosto | 70 | 30 | | | |
| | | | | 2,4-D sal dimetilamina | 6.2 | 1 | 10 |
| | | | | Sal isopropilamina | 6.2 | 2 | 10 |
| | | | | Glifosato..... | 6.2 | 3 | 5 |
| <i>Helianthus annuus</i> Acahual | 25.0 | Agosto | 88.8 | 11.2 | | | |
| | | | | Sal isopropilamina | 11.2 | 1 | 10 |
| <i>Amaranthus spp</i> Quintonil | 22.2 | Julio-agosto | 87.5 | 12.5 | | | |
| | | | | Sal isopropilamina | 11.2 | 1 | 10 |
| <i>Ipomoea purpúrea</i> Manto | 13.9 | Julio-agosto | 80 | 20 | | | |
| | | | | Sal isopropilamina | 20.0 | 1 | 10 |
| <i>Echinocystis lobata</i> Chayotillo | 5.5 | Julio-agosto | 100 | ----- | ----- | ----- | |
| <i>Digitaria sanguinalis</i> Pasto | 2.8 | Julio | 100 | ----- | ----- | ----- | |
| <i>Portulaca oleracea</i> Verdolaga | 2.8 | Junio | 100 | ----- | ----- | ----- | |

3.2.5. Enfermedades. En San Bernardino Chalchihuapan se presenta las enfermedades: el chahuixtle, la mancha negra y el amarillamiento que son controladas sólo con fungicidas químicos. El chahuixtle o roya del maíz *Puccinia sorghi* Schw. ataca a la hoja en el mes de agosto y es controlado con Diazinón® y Paratión Metílico®. La Mancha negra causada por *Phyllachora maydis* Maublanc daña la hoja en agosto y su control es con Carbofuran (33.2 %, Furadan® 350 L, concentrado emulsionable, FMC Agroquímica de México, Zapopan, Jalisco, México) y Monocrotophos (56 %, Monocrotophos® 600, concentrado emulsionable, SINFATEC, Tlalnepantla, edo. de México, México). El amarillamiento o mosaico del maíz (MMV) es causado por la chicharrita *Peregrinus maidis* Ashmead (Homoptera: Delphacidae) daña toda la planta en junio y su control es con el Monocrotophos® (Cuadro 10).

Cuadro 10. Utilización de fungicidas en el cultivo de maíz en San Bernardino Chalchihuapan, Ocoyucan, Puebla, México.

| ENFERMEDADES | Parte Daño (%) | Periodo (meses) | Control (%) | | Dosis (L / 200 L agua) | Aplic. / años | |
|--|----------------|-----------------|-------------|---------------------|------------------------|---------------|----|
| | | | Práctica | Insecticida químico | | | |
| <i>Puccinia sorghi</i> Chahuixtle | Hoja 50 | Agosto | 0 | 100 | | | |
| | | | | Diazinón | 50.0 | 1 | 2 |
| | | | | Paratión Metílico | 50.0 | 1 | 15 |
| <i>Phyllachora maydis</i> Mancha negra | Hoja 30 | Agosto | 0 | 100 | | | |
| | | | | Carbofuran | 50.0 | 1 | 10 |
| | | | | Monocrotophos | 50.0 | 1 | 20 |
| <i>Peregrinus maidis</i> Amarillamiento | Hoja 23 | Junio | 0 | 100 | | | |
| | | | | Monocrotophos | 100.0 | 1 | 20 |

3.2.6. Prácticas agrícolas. Los productores incorporan varias tecnologías para un mejor manejo del cultivo de maíz. Estas prácticas son asociaciones, conservación de suelos, fertilización con abonos orgánicos y rotación de cultivos.

En San Bernardino Chalchihuapan, siembran los maíces criollos blanco, azul, rojo o mixto. De los asociaciones, los productores siembran con mayor preferencia maíz-frijol (47.3 %), seguido por el maíz-calabaza y maíz-otros cultivos. Además, el 31.5 % realiza rotación de cultivos (Cuadro 11). Para la conservación de suelos, se forman bordos (52.6 %), zanjas (10.5 %) y terrazas vivas (5.2 %). Sin embargo, sólo el 5.2 % de los productores fertilizan las plantas de maíz con estiércol vacuno (Cuadro 11).

En San Hipólito Achiapa, los productores realizan siembran con maíz criollo blanco, azul y rojo solos o en asociaciones como maíz-frijol o maíz-calabaza (26.6 %). También llegan a hacer rotación de cultivos (36.8 %). Para conservar los suelos, realizan bordos, zanjas y terrazas de piedra en un 33.3, 15.7 y 5.2 %, respectivamente (Cuadro 11).

En Santa Clara Ocoyucan, se siembra el maíz criollo blanco, rojo o en asociación maíz-calabaza o maíz-frijol en un 40 y 20 %, respectivamente. La rotación de cultivos se realiza en un 10 %. Los productores para la conservación de los suelos, realizan bordos, zanjas, terrazas vivas o de piedra en un 46.1 y 6.2 % (Cuadro 11).

Cuadro 11. Prácticas agrícolas utilizadas en el cultivo de maíz en tres localidades del municipio de Ocoyucan, Puebla, México.

| Localidades | Semilla Criolla | Asociaciones | | | Rotación de cultivos | Conservación de suelos | | | | Aplicación Estiércol |
|------------------------------|-----------------|--------------|---------------|------------|----------------------|------------------------|--------|----------------|--------------------|----------------------|
| | | Maíz-Frijol | Maíz-Calabaza | Maíz-Otros | | Bordos | Zanjas | Terrazas Vivas | Terrazas de Piedra | |
| San Bernardino Chalchihuapan | 100 | 47.3 | 21.0 | 5.2 | 31.5 | 52.6 | 10.5 | 5.2 | ---- | 5.2 |
| San Hipólito Achiapa | 100 | 26.6 | 26.6 | ---- | 36.8 | 33.3 | 15.7 | ---- | 5.2 | ---- |
| Santa Clara Ocoyucan | 100 | 20.0 | 40.0 | ---- | 10.0 | 46.1 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | ---- |

3.2.7. Costo-Beneficio del maíz. El rendimiento del maíz en San Bernardino Chalchihuapan es de 4.8 ton / ha. El costo-beneficio del cultivo resulto ser negativo (\$ - 5,170.1 Cuadro 12). Los productores siembran el maíz para el autoconsumo (72.1 %) o

autoconsumo y venta (18.4 %) y sólo se vende el 9.5 % de la producción del cultivo (Cuadro 13).

Cuadro 12. Rendimiento y costo-beneficio del cultivo de maíz en tres localidades del municipio de Ocoyucan, Puebla, México.

| Costo-Beneficio | San Bernardino Chalchihuapan | San Hipólito Achiapa | Santa Clara Ocoyucan |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Rendimiento (ton x Ha) | 4.8 | 2.7 | 2.8 |
| Costo de cultivo (\$) | 7,532.6 | 4,684.1 | 4,758.3 |
| Ingresos derivados del cultivo (\$) | 2,362.5 | 2,000.0 | 2,000.0 |
| Diferencia (\$) | -5,170.1 | -2,684.1 | -2,758.3 |

Cuadro 13. Destino de la cosecha de maíz en tres localidades del municipio de Ocoyucan, Puebla, México.

| Localidad | Autoconsumo | Autoconsumo-Venta | Venta |
|------------------------------|-------------|-------------------|-------|
| San Bernardino Chalchihuapan | 72.1 | 18.4 | 9.5 |
| San Hipólito Achiapa | 59.0 | 23.7 | 17.3 |
| Santa Clara Ocoyucan | 67.5 | 2.5 | 30 |

Un efecto similar sucedió en la localidad de San Hipólito Achiapa, donde la producción y rendimiento del maíz fue de 1.6 y 2.7 toneladas por hectárea. La relación del costo-beneficio fue negativa (\$ -2,684.1, Cuadro 12) y los productores siembran el maíz para el autoconsumo (59 %) o autoconsumo y venta (23.7 %), pero llegan a vender un 17.3 % de la producción del maíz (Cuadro 13).

De igual forma, en Santa Clara Ocoyucan, la producción y rendimiento fue de 2.3 y 2.8 toneladas por hectárea, como también obtuvo un costo-beneficio negativo (\$ -2,758.3, Cuadro 12). Los productores producen el maíz para el autoconsumo (67.5 %) o venta (30 %), preferentemente (Cuadro 13).

El maíz criollo es la base de la alimentación de la ganadería familiar campesina. Todos los animales que poseen los productores de las tres localidades, son alimentados preferentemente con grano y/o forraje de maíz, incluso en San Hipólito Achiapa y Santa Clara Ocoyucan los animales porcinos y los guajolotes son sólo alimentados con maíz. En cambio, para las vacas como las ovejas y chivos en Santa Clara Ocoyucan el porcentaje de maíz u otro alimento es el mismo (Cuadro 14).

Cuadro 14. Tipo de ganado y porcentaje de cabezas que poseen los productores de tres localidades del municipio de Ocoyucan, Puebla, México.

| Tipo de ganado | San Bernardino Chalchihuapan | | | | San Hipólito Achiapa | | | | Santa Clara Ocoyucan | | | |
|-----------------|------------------------------|------|------|-------|----------------------|------|------|-------|----------------------|------|------|-------|
| | % | Maíz | Otro | Total | % | Maíz | Otro | Total | % | Maíz | Otro | Total |
| Vacas | 1.6 | 72.7 | 27.3 | 100 | 3.1 | 63.1 | 36.9 | 100 | 0.8 | 50 | 50 | 100 |
| Caballos | 0.3 | 76.3 | 23.7 | 100 | 0.8 | 78.7 | 21.3 | 100 | 0.4 | 65.4 | 34.6 | 100 |
| Mulas / Asnos | 0.1 | 66.5 | 33.5 | 100 | 0.3 | 79.3 | 20.7 | 100 | 0.1 | 59.8 | 40.2 | 100 |
| Ovejas / Chivos | 2.1 | 54.5 | 45.5 | 100 | 3.1 | 62.5 | 37.5 | 100 | 1.5 | 50 | 50 | 100 |
| Cerdos | 1.8 | 85.7 | 14.3 | 100 | 2.3 | 100 | 0 | 100 | 1.3 | 100 | 0 | 100 |
| Gallinas | 6.7 | 86.6 | 13.4 | 100 | 9.5 | 78.5 | 21.5 | 100 | 4.2 | 88.8 | 11.2 | 100 |
| Guajolotes | 4.3 | 81.8 | 18.2 | 100 | 5.9 | 100 | 0 | 100 | 1.9 | 100 | 0 | 100 |

Maíz= grano y forraje; otro= alfalfa, sorgo.

3.3. Preferencia de *Spodoptera frugiperda* a cultivos agrícolas. Con estos resultados, el gusano cogollero *S. frugiperda* es la principal plaga del maíz ya que causa daños desde un 15 % en las hojas hasta un 90 % en el cogollo de la planta. Los productores utilizan insecticidas químicos para su control, con preferencia del Malatión[®], seguido del Metamidofos[®], Paratión Metílico[®], Diazinón[®] y Monocrotophos[®] a una dosis de 1 L / 200 L de agua, con excepción del Paratión Metílico[®] que se aplica a 1.5 L / 200 L de agua. Además, *S. frugiperda* ataca a otros cultivos agrícolas, como cebolla, el frijol, sorgo y tomate en los cuales, el gusano cogollero causa daños entre un 10 y 20 % en las hojas de la cebolla, sorgo, tomate y desde un 25 % en el ejote hasta un 65 % en las hojas del frijol (Cuadro 15).

Cuadro 15. Preferencia de cultivo y control químico de *Spodoptera frugiperda* en tres localidades del municipio de Ocoyucan, Puebla, México.

| Cultivo | San Bernardino Chalchihuapan | | | | San Hipólito Achiapa | | | | Santa Clara Ocoyucan | | | |
|---------|------------------------------|-----------------|-----|------|----------------------|-----------------|-----|------|----------------------|-----------------|-----|------|
| | Daño % | insecticida | L | Años | Daño % | insecticida | L | años | Daño % | insecticida | L | años |
| Maíz | H-15 | Malatión | 1 | 5 | H-45 | Malatión | 1 | 4 | H-50 | Malatión | 1 | 5 |
| | H-50 | Parat. Metílico | 1.5 | 2 | C-47 | Parat. Metílico | 1.5 | 2 | H-45 | Parat. Metílico | 1.5 | 2 |
| | C-25 | Metamidofos | 1 | 5 | H-16 | Metamidofos | 1 | 5 | C-90 | Metamidofos | 1 | 5 |
| | H-25 | Diazinón | 1 | 2 | H-40 | Monocrotophos | 1 | 20 | | | | |
| Cebolla | H-10 | Parat. Metílico | 1 | 3 | H-10 | Parat. Metílico | 0.5 | 2 | H-10 | Parat. Metílico | 1 | 2 |
| | | | | | H-20 | Metamidofos | 1 | 5 | | | | |
| Frijol | H-65 | Parat. Metílico | 1 | 3 | E-25 | Parat. Metílico | 1 | 2 | H-50 | Parat. Metílico | 1 | 2 |
| | | | | | H-20 | Metamidofos | 1 | 5 | | | | |
| Sorgo | H-10 | Parat. Metílico | 1 | 3 | H-20 | Parat. Metílico | 1 | 2 | H-20 | Parat. Metílico | 1 | 2 |
| | | | | | | Monocrotophos | 1 | 20 | | | | |
| Tomate | H-20 | Parat. Metílico | 1 | 3 | H-10 | Parat. Metílico | 0.5 | 2 | H-15 | Parat. Metílico | 1 | 2 |
| | | | | | H-20 | Metamidofos | 1 | 5 | | | | |
| | | | | | H-20 | Monocrotophos | 1 | 20 | | | | |

H= hoja, C= cogollo, E= elote. Parat. Metílico= Paratión Metílico.

4. DISCUSIÓN

4.1. Estructura agraria. En el presente estudio, el maíz es sembrado principalmente en superficies ejidales, en parcelas de temporal. Capulín-Grande *et al.* (2007) mencionaron que el municipio de Ocoyucan tiene tierras ejidales y privadas, respectivamente y que en las tierras de temporal se siembra principalmente el maíz.

4.2. Manejo del cultivo.

4.2.1. Preparación del terreno. En la región de Cholula (incluyendo Ocoyucan), en parcelas de riego, el agricultor utiliza tractor y sólo en labores menores yunta de acémilas o caballos. En cambio, en las zonas de temporal el campesino utiliza sólo tractor en el barbecho, y en las demás labores yunta de caballos o acémilas (Capulín-Grande *et al.*, 2007). Un efecto igual sucedió en las tres localidades del municipio de Ocoyucan donde se utiliza el tractor para el barbecho y rastras y la yunta de caballos, preferentemente para el surcado y demás labores del maíz.

4.2.2. Siembra y fertilización. En las tres localidades de Ocoyucan, Puebla, la siembra se realiza a “pata pie” en mayo-junio con semillas criolla, existiendo un marcado predominio de la variedad blanca, seguida por las variedades roja o azul. El número promedio de variedades manejado por productor es de uno y el máximo de tres, que el productor selecciona de la cosecha anterior; el productor siembra maíz sólo o en mezcla con otros cultivos, cada mata se asegura que caigan de dos a cinco semillas de maíz. En la localidad de Atempa de Piaxtla, Puebla, también se siembran de tres o cuatro semillas de maíz criollo con una semilla de frijol o calabaza (Ocampo-Fletes *et al.*, 2009). En la comunidad de Santiago Xalitzintla, perteneciente al Municipio de San Nicolás de los Ranchos, Puebla, también siembran con preferencia el maíz criollo blanco seguido de la variedad azul en enero-mayo, seleccionado de la cosecha anterior (Álvarez, 2004).

Los productores durante la primera o segunda labor del maíz, fertilizan las plantas con urea y sulfato de amonio, preferentemente. Capulín-Grande *et al.* (2007) mencionan que en Atempa de Piaxtla, Puebla en parcelas de temporal y riego se utilizan abonos (estiércol) y fertilizantes químicos, aunque los agricultores utilizan con mayor frecuencia el fertilizante químico debido a la intensidad con que se usa el suelo. Esto concuerda con el presente estudio, porque en Ocoyucan los productores fertilizan las plantas de

maíz con urea, sulfato de amonio y mezcla de fertilizantes químicos y sólo un pequeño porcentaje utiliza estiércol en San Bernardino de Chalchihuapan. En cambio, en San Isidro Buen Suceso, Tlaxcala, los productores aplican urea, sulfato de amonio o mezcla de urea con otro fertilizante químico, como también abonos orgánicos de gallinaza o mular mezclados con bovino y chivo (Lara, 2001). Cantarero y Martínez (2002), concluyeron que los mejores rendimientos del maíz se obtuvieron con la gallinaza con relación al estiércol y un fertilizante mineral.

4.2.3. Insectos plaga. El gusano cogollero, el chapulín y la gallina ciega son las principales plagas de las plantas de maíz en Ocoyucan, Puebla, que son controlados por los insecticidas químicos Malatión[®] Paratión Metílico[®] y Terbufos[®] o Diazinón[®], respectivamente. Pero, los productores también aplican otros insecticidas químicos como el Carbofuran[®], Clorpirifos[®], Metamidofos[®], Metomilo[®] y Monocrotophos[®] o bien realizan prácticas agrícolas para el control de estos insectos plaga.

Un efecto similar fue reportado en la localidad de Atempa, municipio de Piaxtla, Puebla donde las principales plagas que atacan al maíz son el gusano cogollero, la gallina ciega y la araña verde (Ocampo-Fletes *et al.*, 2009). Estos autores mencionan que el gusano cogollero es el más agresivo para el cultivo por los daños severos que causan en la fase vegetativa y para su combate se aplica el insecticida químico Lannate[®]. En Ocoyucan, Puebla, también el gusano cogollero es la principal plaga del maíz ya que causa daños severos en el cogollo de la planta. En Atempa, se controla con Lannate[®] y en Ocoyucan se utilizan el Malatión[®], Paratión Metílico[®], Metamidofos[®], Monocrotophos[®] y Diazinón[®] o bien, prácticas agrícolas como barbechos y eliminación manual para su control.

Respecto a la gallina ciega, en Atempa, afecta a la raíz del cultivo; el agricultor detecta al insecto plaga en los primeros días cuando la planta presenta una coloración amarilla, se marchita y posteriormente deja de crecer y muere. El daño se manifiesta en forma de parches o manchas. El manejo integrado inicia con la preparación del terreno exponiendo la plaga al sol y con la aplicación del producto químico Counter[®] se elimina por completo la plaga (Ocampo-Fletes *et al.*, 2009). En Ocoyucan, Puebla, la gallina ciega daña las raíces del maíz en junio y agosto, los productores controlan esta plaga preferentemente con prácticas agrícolas como barbechos, rastras y efectos del sol

combinados con los insecticidas químicos Terbufos[®] (=Counter[®]), Diazinón[®] y Metamidofos[®].

El maíz es atacado por otros insectos plagas (Lagunes *et al.*, 1994) como el gusano elotero, la araña roja, el pulgón del maíz, chicharritas, gusanos cortadores gusano picador, thrips, mosca minadora, picudo del maíz, como otros insectos plaga. En Ocoyucan, Puebla se reportan como plagas secundarias al gusano elotero se alimenta de los granos de la punta de los elotes y la araña roja succiona la savia de la planta; ambas plagas son controladas con Malatión[®], Paratión Metílico[®] o Monocrotophos[®]. Además, como insectos plaga ocasionales, el pulgón verde succiona la savia de las hojas nuevas, cogollo e inflorescencia y el frailecillo se alimenta de inflorescencias, hojas tiernas y frutos recién formados; los productores los controlan con Paratión Metílico[®].

Como plagas de granos almacenados, la polilla, el gorgojo del maíz y la palomilla de los cereales perforan los granos sanos y sus larvas se alimentan del interior, su control sólo es con Fosfuro de Aluminio[®]. En otros estudios se ha demostrado que la palomilla de los cereales (García *et al.*, 2005) y el gorgojo del maíz (Lagunes y Domínguez, 1985) son los principales insectos plaga de los granos de maíz almacenado, que son controlados con el Graberil[®] y el Fosfuro de Aluminio[®] u otro producto (Lara, 2001).

En México tradicionalmente los insectos plaga del maíz son controlados con insecticidas químicos, como en Atempa, Puebla (Ocampo-Fletes *et al.*, 2009) y esto mismo sucede en Ocoyucan, Puebla con los insectos plaga de granos, pulgón, frailecillo y araña roja. Sin embargo, para el gusano cogollero, el chapulín la gallina ciega y el gusano elotero se utilizan insecticidas químicos preferentemente, pero también prácticas agrícolas para su control.

4.2.4. Malas hierbas. En Ocoyucan, Puebla, el maíz presenta varias malas hierbas, de las cuales el polocote, el acahual y el quintonil son las más importantes, porque impiden el buen crecimiento y desarrollo del maíz, como sirven de refugio a las plagas del maíz. Para su control, los productores realizan prácticas culturales (deshierbes) o bien, aplican los herbicidas químicos Hierbamina[®] y el Esteron[®] (2-4-D). En San Isidro Buen Suceso, Tlaxcala, se controlan las malas hierbas acahual, el chayotillo y el zacahomite

y otras más con deshierbes y Hierbamina[®], Esteron[®] y otros herbicidas solos o en mezclas (Lara, 2001). En la literatura se ha determinado que la vida silvestre (plantas, organismos del suelo insectos sobre el suelo, artrópodos, mamíferos, aves) que viven en maíz, se han visto afectados por el uso de herbicidas agrícolas (Freemark y Boutin, 1995). House (1989) mencionó que los organismos del suelo se vieron afectados negativamente por la reducción de especies de la diversidad vegetal en respuesta a los herbicidas. Lara (2001) concluye que el uso de los herbicidas ha ocasionado residualidad que imposibilita la siembra de frijol, haba y calabaza. El uso de productos herbicidas con 2-4-D incrementan los insectos y patógenos del maíz (Oka y Pimentel, 1976); como provocan cáncer (Hoar *et al.*, 1986, 1988).

4.2.5. Enfermedades. En San Bernardino Chalchihuapan, Ocoyucan, Puebla, los hongos de la mancha negra y roya, como el virus MMV del amarillamiento dañan las hojas del maíz, estas son controladas por productos químicos. En Tlaxcala, Lara (2001) reportó el amarillamiento, la producción de las mazorcas y el chahuixtle como enfermedades del maíz, pero los campesinos no aplican fungicidas, porque consideran que al aplicar fertilizante químico o natural, se puede evitar el amarillamiento que ellos observan. En contraste, en Mochitlán, Guerrero, la mancha negra daña severamente las mazorcas de dieciocho variedades de maíz (Pereyda-Hernández *et al.*, 2009).

4.2.6. Prácticas agrícolas. Los productores incorporan tecnologías para el manejo del maíz, como maíces criollos, asociaciones maíz-frijol o maíz-calabaza, la conservación de suelos (bordos, zanjas y terrazas vivas o de piedra), la fertilización con abono orgánico (estiércol) y la rotación de cultivos.

Con la siembra de maíces criollos se obtiene mayor rendimiento de grano, mejor adaptación al ambiente que las variedades mejoradas. Lara (2001) concluye que las subrazas criollas Cónico, Elote Cónico y Chalqueño presentan un amplio rango de adaptación del cultivo y que esto se debe al manejo y selección generacional por los campesinos nahuas que han habitado La Malinche, Tlaxcala.

Como técnicas de producción se siembra maíz-frijol (Capulín-Grande *et al.*, 2007) y maíz-calabaza (Ocampo-Fletes *et al.*, 2009). Con el uso de las asociaciones se fija N y se retiene mayor humedad del suelo con el frijol y la calabaza, respectivamente. Para la

protección del suelo se utilizó labranza reducida con maíz intercalado con papa (Meyer-Aurich, 2005).

Con el uso de los bordes, zanjas y terrazas se evita la erosión de suelos y se ahuyenta las plagas del maíz. Con la fertilización orgánica y la rotación de cultivos se aumenta la fertilidad del suelo, se disminuye los niveles de daño y se rompen los ciclos de vida los insectos plaga. Lara (2001) concluye que las prácticas de conservación y mejoramiento de los suelos como la incorporación de estiércol, el establecimiento y aprovechamiento de especies perennes en bordos o cercos; siembra en predios en forma de terrazas de corte transversal a la pendiente; despiedres, labores postcosechas y el “cajeteo” para retener agua son adaptaciones agrícolas del conocimiento campesino.

4.2.7. Costo-Beneficio del maíz. El umbral económico en San Bernardino, San Hipólito y Santa Clara, Ocoyucan, Puebla, resultó ser negativo, los productores de maíz lo siembran para el autoconsumo (para los miembros de la familia y los animales de traspatio) y solamente un pequeño porcentaje lo venden. Incluso, en San Hipólito Achiapa y Santa Clara Ocoyucan los animales porcinos y los guajolotes son sólo alimentados con maíz. Sin embargo, los animales de establo se alimentan con maíz al igual que con sorgo o alfalfa, respetivamente. Capulín-Grande *et al.* (2007) mencionan que se siembra el maíz sólo para el autoconsumo. Lara (2001) concluye que en San Isidro buen Suceso, Tlaxcala, la sola producción del sistema de maíz no satisface los ingresos monetarios de las unidades familiares, y al menos una tercera parte de ellas sufre desabasto de grano durante cuatro meses al año.

4.3. Preferencia de *Spodoptera frugiperda* a cultivos agrícolas. En Ocoyucan, Puebla, el gusano cogollero ataca al maíz, cebolla, frijol, sorgo y tomate. Con esto, *S. frugiperda* causa serios daños a estos cultivos, pero prefiere al maíz, seguido del frijol. Estos resultados, reafirman que *S. frugiperda* es un insecto plaga polífago; Morón y Terrón, (1988) mencionaron que *S. frugiperda* daña a estos y otros cultivos. Para el control de *S. frugiperda* en cebolla y frijol se aplica Paratión Metílico® y Metamidofos®. En sorgo y tomate se controla a *S. frugiperda* con Paratión Metílico® y Monocrotophos®, como Metamidofos (tomate). De los insecticidas químicos, los productores los han venido aplicando en el maíz y demás cultivos durante cinco años aproximadamente, o bien veinte años como el Monocrotophos®. Esto tiene consecuencias serias porque el

control de *S. frugiperda* con insecticidas químicos puede ocasionar problemas de contaminación al medio ambiente, así como a la salud de los productores. Aunado a esto *S. frugiperda* ha demostrado tener la habilidad para formar resistencia a insecticidas químicos, como el Paratión Metílico® (Morrillo y Notz, 2001). Este insecto presenta cierta capacidad de desintoxicación, por oxidación microsomal, de enzimas esterasas y transferasas ligadas a la edad de las larvas, presentando mecanismos de resistencia múltiple (Yu, 1992). Ante los problemas que se ocasiona el uso de los insecticidas químicos para el control de *S. frugiperda*, en este estudio se proponen otros tipos de controles alternativos con un enfoque agroecológico para *S. frugiperda*, los cuales pueden ser efectivos y más amigables con el medio ambiente.

4.4. Estrategia para el control de *Spodoptera frugiperda*. La agroecología es una nueva herramienta que proporciona métodos para un análisis más profundo e integral de la agricultura ha redimensionado los conceptos y principios de la protección de las plantas, entendiendo el comportamiento de plagas y como consecuencia trata de mitigar sus consecuencias a través del MIP sustituyendo los insumos químicos por biológicos, para favorecer el tránsito hacia la sustentabilidad (Figura 2).

La figura 2, ilustra por un lado, la problemática que se ocasiona el manejo convencional para el control de *S. frugiperda* en maíz, provocando contaminación al medio ambiente (suelo, agua, atmosfera), formación de resistencia del insecto plaga a los plaguicidas químicos organofosforados, carbamatos y piretroides (Young y McMillian, 1979; Wood *et al.*, 1981; Morrillo y Notz, 2001), eliminación de enemigos naturales (parasitoides y/o depredadores), formación de plagas secundarias como el gusano elotero *H. zea* y presencia de residuos en alimentos.

El manejo agroecológico obtiene mayor producción de cultivo con menos costo económico del cultivo, el uso o adecuación de varias herramientas afecta directamente la incidencia del gusano cogollero del maíz.

Las *variedades resistentes* presentan efectos de: 1) no presencia, 2) antibiosis que afecta el crecimiento y reproducción de la plaga y 3) tolerancia al insecto, presentando menos daños (Wiseman *et al.*, 1996).

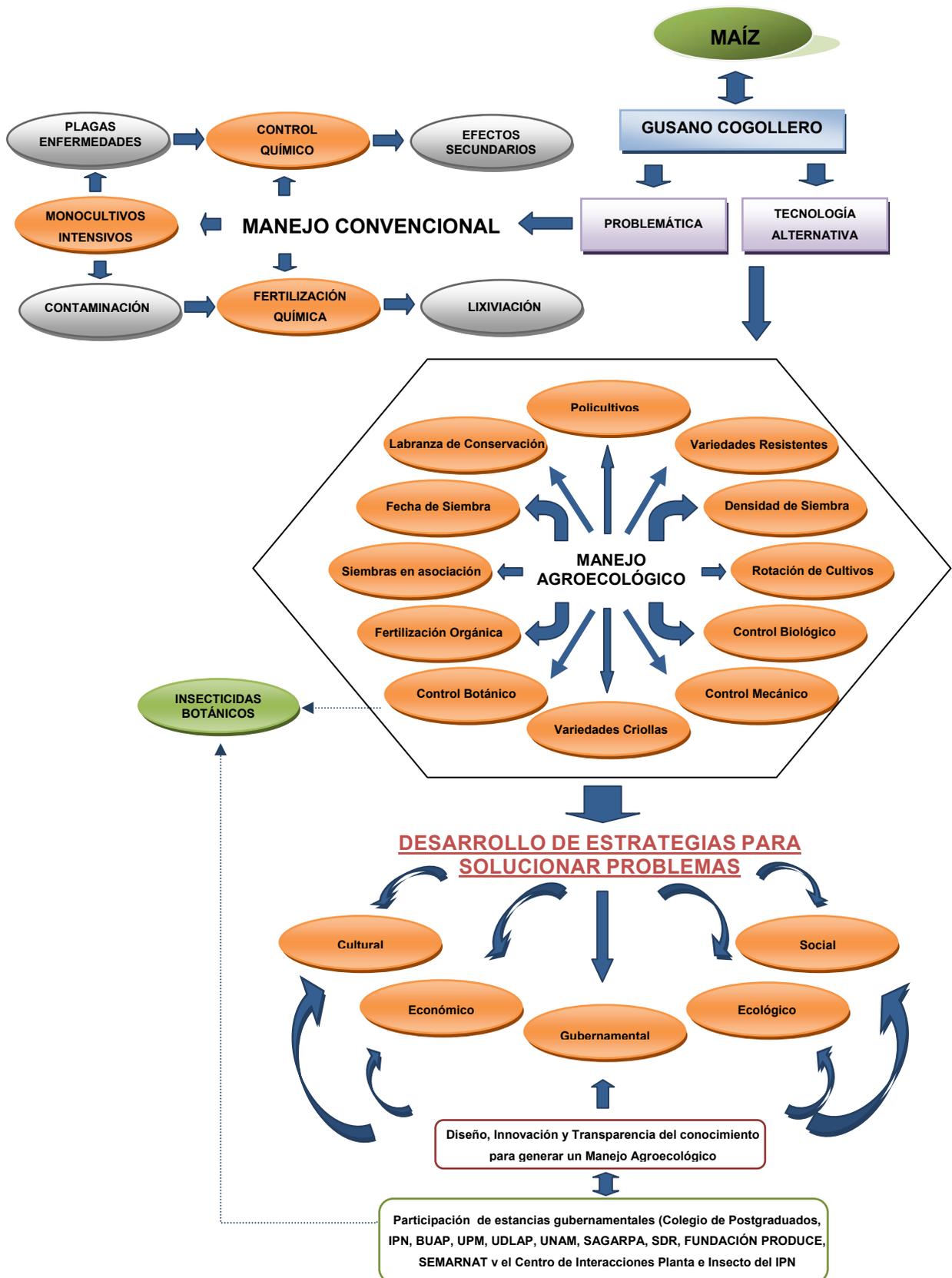


Figura 2. Conjunto de estrategias como tecnología alternativa del manejo agroecológico para el insecto plaga *Spodoptera frugiperda* en maíz.

Con un cambio de *fecha de siembra* se crea una sincronía entre la fenología del cultivo y el gusano cogollero lo que tardará su establecimiento en el cultivo.

Con un alargamiento de la *densidad de siembra* entre mata y mata del maíz se evita la infestación de las larvas del gusano cogollero a otras plantas (por su comportamiento gregario) (figura 2).

Con la *siembra en asociación* de maíz con la alfalfa se mejora la calidad del suelo (fijación de N) y se aumenta la posibilidad de depredación de *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) sobre larvas del gusano cogollero porque la alfalfa es un hospedero natural de este insecto benéfico. Mojena *et al.* (2000) intercalaron el maíz a diferentes distancias con el cultivo de yuca con lo cual se disminuyeron los niveles de *S. frugiperda* con respecto al monocultivo de maíz y/o yuca, respectivamente.

El uso de la *rotación de cultivos* provoca la interrupción del ciclo biológico de *S. frugiperda*, por ejemplo maíz-leguminosas (Ríos y Baca, 2002).

Con el uso de la *fertilización orgánica* se mejora la cantidad y calidad de los nutrientes del suelo y se disminuye el daño de *S. frugiperda* (Bortoli *et al.*, 1987; Morales *et al.*, 2001), evitando la lixiviación causada por los fertilizantes químicos (Figura 2).

También son útiles varios controles: *control biológico* con la depredación de larvas de *S. frugiperda* con larvas y adultos de crisopas *C. carnea* (Sanidad Vegetal, 2004) o bien con el parasitismo de especies de *Trichogramma* (Olague *et al.*, 2006), en ambos casos sobre larvas de *S. frugiperda*.

Como *control botánico*, la aplicación de insecticidas botánicos como extractos acuosos y varias fracciones de *Carica papaya* (Caricaceae) (Figueroa-Brito *et al.*, 2002a,b; Franco *et al.*, 2006) y *Trichilia havanensis* (Meliaceae) (López-Olguín *et al.*, 2007; Rosas-Alfaro, 2010) resultan efectivos sobre *S. frugiperda*; sin afectar a las poblaciones de su depredador natural *C. carnea* (Huerta, 2004; R. Figueroa-Brito 2011, datos no publicados).

Con el uso de trampas (pegajosas, de luz, feromonas, entre otras) sirven como *control mecánico o monitoreo* (Malo *et al.*, 2001; Salas, 2001, Rojas *et al.*, 2004) (Figura 2).

Además de todo esto, en el maíz se han generado aportaciones a través del conocimiento campesino como la siembra de *policultivos* como maíz-frijol-calabaza, porque el frijol fija nitrógeno necesario para el maíz y la calabaza por ser una planta rastrera mantiene la humedad del suelo. Plantas de maíz intercaladas con frijol o haba causaron un aumento de insectos benéficos y provocó una interferencia en la colonización de *S. frugiperda*; del mismo modo se observó como la presencia del *Meteorus* spp, parasitoide de *S. frugiperda* fue mayor en los policultivos en comparación con el monocultivo (Altieri, 1992).

Las *variedades criollas* están adaptadas a través del tiempo al medio local asegurando con esto la germinación y producción del maíz (Figura 2).

En la agricultura de subsistencia, el uso de pulverizados y extractos de plantas del agroecosistema, constituye una opción muy útil para agricultores de escasos recursos económicos que cuentan con superficies de terreno muy pequeñas, como es el caso de los productores de maíz de las tres localidades de Ocoyucan, Puebla. Pero, este propósito, el uso de las semillas de papaya tiene una gran limitante para su uso en el control de *S. frugiperda*, porque para su obtención y aplicación es necesario contar con suficientes frutos de papaya. Por ejemplo, de los productores encuestados, la producción de maíz se realiza en 30 hectáreas, entre las tres localidades. Para el control de *S. frugiperda* en maíz se recomienda la aplicación del extracto de semillas de papaya al 1 %, con un gasto de 200 litros de agua por hectárea (García, 2004). Si se deseara combatir esta plaga con este insecticida botánico, con un promedio de tres aplicaciones, en total se requerirían 600 litros de extracto de semillas de papaya al 1 % por hectárea. En el mercado mexicano la papaya tiene un costo aproximado de \$ 10.00 pesos por Kg y de cada Kg de papaya se obtienen 10 g de sus semillas, por lo que esta práctica tendría un costo de \$ 2,000.00 pesos por hectárea, lo cual generaría una erogación total por temporada de \$ 9,000.00 pesos por hectárea y \$ 27,000.00 pesos por 30 hectáreas. Los productores de maíz en las tres localidades, utilizan el Malathion® 1000 E, a razón de 1 L / ha, el cual cuesta \$ 100.00 pesos, lo que esta práctica tiene un costo de \$ 300.00 pesos por hectárea y 9,000.00 por 30 hectáreas. En consecuencia, los costos de control con extracto de semillas de papaya se elevarían en un 66.6 % y seguramente no se podrían sufragar. Este mismo enfoque no se puede aplicar a

grandes productores o empresas con elevada demanda de productos para la protección del maíz. Seguramente una mejor opción para este tipo de agricultura sería comprar los insecticidas botánicos formulados comercialmente, que en este caso podrían ser Neemix[®] 4.5 (Thermo Trilogy, USA) y/o extractos de nim (Montes-Molina *et al.*, 2008). Una buena alternativa podría ser almacenar las semillas de papaya hasta que sea necesario utilizarlas. Pero es conveniente estudiar el efecto de almacenaje sobre la efectividad biológica de las semillas de papaya, para determinar la viabilidad del uso de estas semillas que hayan sido almacenadas durante un tiempo determinado. O bien, el uso de extractos acuosos de hojas de papaya, ha disminuido el porcentaje de daño causado por *S. frugiperda* a plantas de maíz en invernadero (García, 2004). Pero, es necesario evaluar la efectividad de las semillas y hojas de papaya sobre *S. frugiperda* en parcelas de maíz, fabricar y comercializar un producto botánico a base de papaya, bajando los costos del producto para que sea costeable su aplicación en campo.

Respecto a *Trichilia havanensis*, es un árbol de la familia Meliaceae, que está distribuido en las regiones tropicales de México, Islas del Caribe, América Central, Colombia y Venezuela (Pennington, 1981). En México se encuentra en Sinaloa, Nayarit, Colima, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Quintana Roo, Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y México (Calderón y Germán, 1993), en Puebla en la Sierra Norte de Puebla (López-Olguín *et al.*, 1997). Por su amplia distribución y frecuencia no se encuentra en peligro de extinción. Para el control de *S. frugiperda* es necesario realizar la colecta de frutos entre mayo y diciembre para la preparación del extracto acuoso al 1 %. Para su aplicación en otra época del año, es necesario su colecta, almacenamiento y determinación de viabilidad para poder ser usada para el control de *S. frugiperda*. En los trabajos realizados en Puebla por López-Olguín y colaboradores se ha demostrado que la ramatinaja *T. havanensis* en forma de polvo, pasta y/o extractos acuosos al 1 y 5 y 10 % es tóxica, inhibe la alimentación y el peso larval del insecto, así como estimulan la germinación y aumentan el rendimiento del maíz (López-Olguín y Aragón, 1990; Aragón *et al.*, 1991; Galán, 1993; López-Olguín *et al.*, 1993; López-Olguín, 1994; Téllez, 1997). En la sierra Norte de Puebla la comunidad Náhuatl-Totonaca han utilizado el fruto de *T. havanensis* en la agricultura tradicional para proteger a la semilla de maíz durante la germinación del ataque de insectos, aves y roedores (López-Olguín *et al.*, 1997). Estos

resultados estimulan la aplicación de *T. havanensis* sobre poblaciones de *S. frugiperda*, pero su colecta y aplicación tienen un estimado económico a considerar lo que eleva el costo del manejo del cultivo de maíz. Pero este estimado económico es menor al estimado para la papaya. Una alternativa es purificar, evaluar y validar los principios activos de las fracciones F₃ y F₆ del extracto clorofórmico de semillas de *T. havanensis* en *S. frugiperda* (Rosas-Alfaro, 2010), para fabricar y comercializar un producto botánico a base de ramatinaja (al igual que la papaya), bajando los costos del producto para que sea costeable su aplicación en campo. Otra alternativa es aplicar extracto acuoso al 1 % de ramatinaja entre mayo y diciembre y de enero a abril con papaya en maíz, o bien realizar aplicaciones escalonadas de ambas plantas, respectivamente. Esto con varios propósitos, (i) mitigar los altos costos económicos de la papaya, (ii) disminuir el grado de resistencia de *S. frugiperda* a estos insecticidas botánicos y (iii) ser inofensivos en la crisopa *C. carnea* (depredador de *S. frugiperda*).

El uso de fertilizantes orgánicos mejora el crecimiento y desarrollo del maíz. El estiércol de ganado vacuno aumenta el diámetro del tallo, el área foliar de la hoja y número de frutos por planta, como con gallinaza se obtiene un mayor rendimiento (Cantarero y Martínez, 2002), así como se disminuye el daño de *S. frugiperda* al maíz (Bortoli *et al.*, 1987) y con la aplicación del extracto acuoso de papaya al 20 % en plantas de maíz con vermicomposta de ganado vacuno, el nivel de daño del gusano cogollero es menor que las plantas de maíz con urea y fosfonitrato (R. Figueroa-Brito, 2011, datos no publicados).

Los insecticidas botánicos presentan la ventaja de ser compatibles con otras opciones de bajo riesgo aceptables en el control de insectos, tales como depredadores y parasitoides, entre otros, como es el caso de larvas y adultos de *C. carnea*, depredador de larvas de lepidópteros. El producto de semillas de papaya y ramatinaja puede ser usado de manera simultánea o de forma alternada con la liberación de productos de *C. carnea* para el control de *S. frugiperda* en maíz fertilizada con abonos orgánicos, lo que aumenta enormemente sus posibilidades de su integración a los diferentes programas de manejo agroecológico de plagas (MAP), a través del desarrollo de una estrategia para solucionar los problemas sociales, económicos, culturales y ecológicos.

Con este conocimiento se puede dar un buen manejo agroecológico al cogollero del maíz *S. frugiperda* donde la aplicación de los insecticidas y fertilizantes botánicos, como los enemigos naturales juegan un papel importante en la conservación de la biodiversidad e incremento de producción del maíz. Esta tecnología alternativa a los insecticidas y fertilizantes químicos, puede tener *un número potencial de usuarios*: (i) los 125 productores de maíz de San Bernardino Chalchihuapan, San Hipólito Achiapa y Santa Clara Ocoyucan, porque a través de productores cooperantes se genera el conocimiento para el desarrollo de una estrategia de uso para solucionar el problema del insecto plaga, (ii) productores de otras regiones agrícolas de maíz, con problemas similares (iii) productores de otros cultivos y otras plagas con sus adaptaciones particulares de manejo.

En esta revisión se han presentado los componentes que pueden ser utilizados para crear un sistema de MAP para *S. frugiperda*. El MAP tiene tres niveles: (i) la integración de métodos para el control de una sola especie (la población control, caso *S. frugiperda*), (ii) la integración de los impactos de múltiples plagas categóricas de insectos (cogollero, chapulín, gallina ciega, etc.) y los métodos para su control (control de nivel de la comunidad: semillas criollas, rotaciones-policultivos, etc.), que se extrapolen en (iii) la integración de múltiples impactos de plagas y los métodos de su control en el contexto del total del cultivo-sistema (de control a nivel de ecosistemas).

En forma global lo que se obtiene en este estudio es una estrategia general de cómo se pueden manejar las plagas y específicamente el manejo del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* en maíz en las localidades de estudio. Se requiere llevar a cabo diversos trabajos para poder corroborar y validar este modelo.

5. CONCLUSIONES

- 1.- Los productores siembran el maíz bajo una agricultura de subsistencia.
- 2.- Aplican fertilizantes químicos de urea, sulfato de amonio de 300 a 450 Kg / ha en promedio.
- 3.- El gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*, el chapulín *Sphenarium* sp y la gallina ciega *Phyllophaga* spp son los principales insectos plaga.
- 4.- Las principales malas hierbas son el polocote *Tithonia tubaeformis*, el acahual *Helianthus annuus* y el quintonil *Amaranthus* spp.

- 5.- Para el control de los insectos plaga y las malas hierbas se utilizan insecticidas y herbicidas químicos y/o prácticas agrícolas (deshierbes).
- 6.- Para un mejor manejo de cultivo, los productores utilizan asociaciones, rotación de cultivos y conservación de suelos.
- 7.- La producción del maíz es entre 1.6 y 2.3 toneladas por hectárea y el costo-beneficio del cultivo resulto ser negativo.
- 8.- Los productores siembran el maíz para el autoconsumo principalmente. El maíz es la base de la alimentación de la ganadería familiar campesina.
- 9.- Respecto al gusano cogollero, también daña a la cebolla, el frijol, el sorgo y el tomate, pero prefiere al maíz, el cual daña desde un 15 % en las hojas hasta un 90 % en el cogollo de la planta.
- 10.- De los otros cultivos, *S. frugiperda* causa daños entre un 10 y 20 % en las hojas de la cebolla, sorgo, tomate y desde un 25 % en el ejote hasta un 65 % en las hojas del frijol. Para su control se aplica 1 L / 200 L de agua de Malatión® en maíz o Paratión Metílico® en los otros cultivos.
- 11.- Como alternativa de control se propone un modelo de manejo agroecológico de *S. frugiperda*, con énfasis en fertilización orgánica, control botánico (extracto acuoso de semillas de *Carica papaya* y *Trichilia havanensis*) y control biológico (*Chrysoperla carnea*).

6. LITERATURA CITADA

- Albert L., A. 1990. *Los plaguicidas, el ambiente y la salud*. Riesgos de los plaguicidas para la salud. Centro Ecodesarrollo. México. 65-71 pp.
- Altieri S., M. A. 1992. *Biodiversidad, agroecología y manejo de plagas*. CETAL. Valparaiso, Chile. 162 p.
- Altieri S., M. A. y A. Yurjevic. 1991. La agroecología y el desarrollo rural sostenible en América Latina. *Agroecología y Desarrollo*, 1(1): 25-36.
- Álvarez C., N. M. 2004. Uso y manejo tradicional de los maíces criollos en la región Iztaccíhuatl-Popocatépetl del estado de Puebla. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla.

- Aragón G., A., J. F. López-Olguín, y F. J. Galán, A. 1991. Experimento de campo con *Trichilia havanensis* (Meliaceae) para el combate de *Phyllophaga* spp. (Melolonthidae) y *Spodoptera frugiperda* (Noctuidae) en el cultivo de maíz, Amatlán, Zoquiapan, Puebla. Memorias del III Simposio nacional sobre sustancias vegetales y minerales en el combate de plagas. Leos M., J. y M. O. Cortéz R. (Comps). Veracruz, Veracruz, México. 11-14 pp.
- Bortoli S., A., A. C. Araujo J., L. Mari U. y J. Queiróz, M. 1987. Influência da aplicação de biofertilizante, fertirrigação sobre populações de alguns insetos pragas do milho (*Zea mays* L.). *Ecossistema*, 12: 45-53.
- Bufani, P. 1999. *Medio ambiente y desarrollo sostenible*. 4ª ed. rev. – Madrid. Instituto de estudios políticos para América Latina (IEPALA). 358 p.
- Calderón R., G. y T. Germán M. 1993. Flora del bajío y de regiones adyacentes. Meliaceae. Fascículo 11. Trabajo realizado con apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, del Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán y del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro. México, D. F. 22 p.
- Cantarero H., R. J. y O. A. Martínez T. 2002. Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno y fertilizante mineral) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) variedad NB-6. Trabajo de Diploma. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. Managua, Nicaragua. 20-30 pp.
- Capulín-Grande, J. I., J. F. Escobedo-Castillo, I. Ocampo-Fletes, P. Juárez-Sánchez y S. Rappoz-Miguez. 2007. Desarrollo endógeno y estrategias campesinas en una comunidad Cholulteca. El caso de San Miguel Papaxtla, Tecuanipan, Puebla. *Ra Ximhai*, 3(1): 137-164.
- Carnevalli, P. C., and F. L. Florcovski. 1995. Efeito de diferentes fontes de nitrogênio em milho (*Zea mays* L.) sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797). *Ecossistema*, 20: 41-49.

- CONAPO. 2005. Grado de marginación por entidad, municipio y localidad. Unidad de microrregiones dirección general adjunta de planeación microregional. [<http://cat.microrregiones.gob.mx>, 6 de julio de 2010], México.
- CONEVAL. 2005. Rezago social municipal 2005. [<http://www.coneval.gob.mx/mapas/NACIONAL/Nacional.pdf>, 6 de julio de 2010], México.
- Damián H., M. A. 2007. Apropiación de tecnología agrícola: el caso de los productores de maíz del estado de Tlaxcala, México. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. *Campus Puebla*. 1-2 pp.
- Del Rincón C., M. C., J. Méndez L. y E. Ibarra J. 2006. Caracterización de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* con actividad insecticida hacia el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 45(2): 157-164.
- Fernández B., R. I. y S. Clavijo, A. 1985. Efectos de los insecticidas (Diazinón y *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki) sobre los rendimientos del maíz, el porcentaje de infección por *Spodoptera frugiperda* (S.) y el grado de daño en parcelas experimentales de maíz. *Boletín Entomológico Venezolano*, 4(7): 53-59.
- Figueroa-Brito, R., M. Camino, M. C. Pérez-Amador, V. Muñoz, E. Bratoeff, and C. Labastida. 2002a. Fatty acid composition and toxic activity of the acetonic extract of *Carica papaya* L. (Caricaceae) seeds. *Phyton International Journal of Experimental Botany*, 69: 97-99.
- Figueroa-Brito, R., J. S. Calderón, M. C. Pérez-Amador, V. Muñoz, M. C. Hernández, M. E. Valdés, and L. Aldana. 2002b. Toxicity and growth inhibitory effects of extracts and some fractions from *Carica papaya* against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Latinoamericana de Química*, 30(3): 98-102.
- Food Agriculture Organization (FAO). 2004. FAOSTAT agriculture data. [<http://apps.fao.org>, 25 de junio de 2010].

- Franco A., S. L., A. Jiménez P., C. Luna L. y R. Figueroa-Brito. 2006. Efecto tóxico de semillas de cuatro variedades de *Carica papaya* (Caricaceae) en *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 45(2): 171-177.
- Freemark, K., and C. Boutin. 1995. Impacts of agricultural herbicide use on terrestrial wildlife in temperate landscapes: A review with special reference to North America. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 52: 67-91
- Galán A., F. J. 1993. Experimento de campo con *Trichilia havanensis* (Meliaceae), para el combate de *Phyllophaga* spp y *Spodoptera frugiperda* (Smith) en el cultivo de maíz, Amatlan, Zoquiapan, Puebla. Ciclo agrícola Xopamile de 1990. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Químicas. Instituto de Ciencias. Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 21-24 pp.
- García R., R. 2004. Efectividad de polvos de cuatro variedades de *Carica papaya* (Caricaceae) contra *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Guerrero. Unidad Académica de Ciencias Agrícolas y Ambientales. Iguala, Guerrero. 18-20 pp.
- García Z., E., J. D. Molina G. y J. García Z. 2005. Dinámica poblacional y preferencia de los gorgojos y palomillas en maíz almacenado con baja humedad del grano. *Folia Entomológica Mexicana*, 44(2): 145-154.
- Herrera A., J. 1979. *Principales plagas del maíz*. Boletín Especial de la Dirección de Agricultura y Ganadería del Perú. 10 p.
- Hoar, S. K., A. Blair, F. F. Holmes, C. D. Boysen, R. J. Robel, R. Hoover, and Jr J. F. Fraumeni. 1986. Agricultural herbicide use and risk of lymphoma and soft-tissue sarcoma. *Journal of the American Medical Association*, 256(9): 1141-1147.
- Hoar, S. K., D. D. Weisenburger, P. A. Babbitt, R. C. Saal, K. P. Cantor, and A. Blair. 1988. A case control study of non-Hodgkin's lymphoma and agricultural factors in eastern Nebraska. *American Journal of Epidemiology*, 128(4): 901.

- House, G. F. 1989. Soil arthropods from weed and crop roots of an agroecosystem in a wheat-soybean-corn rotation: impact of tillage and herbicides. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 25: 233-244.
- Huerta P., A. 2004. Compatibilidad de la lucha química y biológica. Evaluación en laboratorio de modernos insecticidas que ofrecen interés para su uso en sistemas productivos sostenibles en el depredador cosmopolita *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). Tesis de Doctorado. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 179 pp.
- Huff, J. E., and J. K. Haseman. 1991. Exposure to certain pesticides may pose real carcinogenic risk. *Chemical and Engineering News*, 69: 33-37.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 1999. Superficies nacionales y estatales. [<http://mapserver.inegi.gob.mx>, 6 de julio de 2010], México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2000. Marco geoestadístico. [<http://mapserver.inegi.gob.mx>, 6 de julio de 2010], México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2005. Censo de población y vivienda. [<http://www.inegi.org.mx>, 6 de julio de 2010], México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010. Catálogo General de Localidades. [<http://mapserver.inegi.org.mx>, 9 julio 2010], México.
- Lagunes T., A. y R. Domínguez R. 1985. *Plagas del maíz*. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Estado de México. 100 p.
- Lagunes T., A., J. C. Rodríguez M. y D. Mota S. 1994. *Combate químico de plagas agrícolas en México*. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 121-123 pp.
- Lagunes T., A. y J. A. Villanueva-Jiménez. 1994. *Toxicología y manejo de insecticidas*. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. 35 Aniversario. 1ª Ed. México. 264 p.

- Lara P., E. 2001. El conocimiento campesino náhuatl en el agroecosistema tradicional de maíz (*Zea mays* L.): estudio de caso en San Isidro Buen Suceso, Tlaxcala. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, *Campus Puebla*.
- López-Olguín, J. F. y A. Aragón G. 1990. Pruebas de campo con polvos vegetales para el combate de “gallina ciega” (*Phyllophaga* spp.) y “gusano cogollero” (*Spodoptera frugiperda* Smith) en la Sierra Norte de Puebla. Memorias del II Simposio Nacional sobre Substancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas. Oaxaca, Oaxaca, México. 74-87 pp.
- López-Olguín, J. F., A. Aragón, G. y A. Lagunes, T. 1993. Evaluación de extractos acuosos vegetales contra *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Memorias del I simposio internacional y II reunión nacional sobre agricultura sostenible. Comisión de Estudios Ambientales y CEICADAR, CP. México. 239-243 pp.
- López-Olguín, J. F. 1994. Investigación agrícola en una zona marginada del estado de Puebla. *Elementos*, 20(3): 26-32.
- López-Olguín, J. F., F. Budia, P. Castañera y E. Viñuela. 1997. Actividad de *Trichilia havanensis* Jacq. (Meliaceae) sobre larvas de *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae). *Boletín de Sanidad Vegetal de Plagas*, 23(1): 3-10.
- López-Olguín, J. F., A. Aragón G., M. Tapia R., B. Rodríguez G., F. Ortego A., E. Viñuela S. y P. Castañeda D. 2007. *Actividad antialimentaria de Trichilia havanensis* Jacq. (Meliaceae) en larvas de *Spodoptera exigua* (Hübner) (Noctuidae). 108-129 pp. En: López-Olguín, J. F., A. G. Aragón, C. H. Rodríguez y M. G. Vázquez (eds), *Agricultura sostenible: sustancias naturales contra plaga*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Colegio de Postgraduados. Universidad de Guadalajara. México.
- Malo, E. A, L. Cruz-Lopez, J. Valle-Mora, A. Virgen, J. A. Sanchez, and J. Rojas. 2001. Evaluation of commercial pheromone lures and traps for monitoring male fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in the coastal region of Chiapas, Mexico. *Florida Entomologist*, 659-664.

- Mejía M., G. 2010. Construcción de una matriz de contabilidad social para Santa Clara Ocoyucan, Puebla, y evaluación de escenarios de política económica. Tesis de Doctor en Ciencias, especialista en Economía). Colegio de Postgraduados. Montecillos, Texcoco, estado de México, México. 50-56 pp.
- Meyer-Aurich, A. 2005. Economic and environmental analysis of sustainable farming practices – a Bavarian case study. *Agricultural Systems*, 86: 190–206.
- Mojena, M., M. Bertolí y E. Zaffaroni. 2000. Evaluaciones de plagas insectiles en agroecosistemas de intercalamiento de maíz (*Zea mays*, L) y frijol (*Phaseolus vulgaris*, L) con yuca (*Manihot esculenta*, Crantz). *Revista Brasileira de Agrociência*, 6(1): 4-11.
- Mojocoa A., M. 2004. Efecto del uso del clorpirifos en maíz (*Zea mays* L.) sobre los artrópodos no-blancos del suelo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad de Tolima, Ibagué, Colombia. 8 p.
- Montes-Molina, J. A., M. L. Luna-Guido, N. Espinoza-Paz, B. Govaerts, F. A. Gutierrez-Miceli, and L. Dendooven. 2008. Are extracts of neem (*Azadirachta indica* A. Juss. (L.)) and *Gliricidia sepium* (Jacquin) an alternative to control pests on maize (*Zea mays* L.). *Crop Protection*, 27, 763–774.
- Morales, H., I. Perfecto, and B. Ferguson. 2001. Traditional fertilization and its effect on corn insect populations in the Guatemalan highlands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 84: 145-155.
- Morrillo, F. y A. Notz. 2001. Resistencia de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a lambdacihalotrina y metomil. *Entomotropica*, 16(2): 79-87.
- Morón, M. A. y R. A. Terrón. 1988. *Entomología Práctica. Instituto de Ecología*. México, D. F.
- Murua, M. G. y G. Virla E. 2004. Presencia invernal de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el área maicera de la provincia de Tucumán. Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, la Plata*, 105 (2): 46-52.

- Ocampo-Fletes, I., A. Gutiérrez A., I. Ballinas T. y F. Parra I. 2009. *Diagnóstico comunitario participativo y plan estratégico de Atempa, municipio de Piaxtla, Puebla*. 83-104 pp. En: Reyna, P. A., Martínez, R. R., Rojo, M. G. E. y Ramírez, V. B. (eds), Diagnóstico social comunitario. Serie las Ciencias Sociales. Universidad Autónoma Indígena de México. Universidad Autónoma de Sinaloa. Colegio de Postgraduados. *Campus Puebla*.
- Oka, I. N., and D. Pimentel. 1976. Herbicide (2, 4-D) increases insect and pathogen pests on corn. *Science*, 193: 239-240.
- Olague, R. J., J. A. Montemayor T., S. R. Bravo S., M. Fortis H., R. A. Aldaco N. y E. Ruiz C. 2006. Características agronómicas y calidad del maíz forrajero con riego sub-superficial. *Técnica Pecuaria en México*, 44(3): 351-357.
- Organización de Naciones Unidas (ONU). 2001. Una amenaza para los niños de América Central y para el futuro de la región. [<http://www.prb.org/SpanishContent/Articles/2001/Pesticidas.aspx>, 29 de octubre de 2008], Washington, EEUU.
- Ortega, E. 1986. Peasant Agriculture in Latin America and the Caribbean. Joint ECLAC/FAO, Agriculture Division, Santiago, Chile. 143 p.
- Pennington, T. D. 1981. *A monograph of neotropical Meliaceae*. pp. 1-232. In: Pennington, T. D. (ed). *Flora Neotropica. A monograph of neotropical Meliaceae*. The New York Botanical Garden, N. Y. 470 p.
- Pérez M., A. 2002. La calidad de vida en los asentamientos rurales de Iberoamérica. *Revista Geográfica Venezolana*, 43(1): 11-38.
- Pereyda-Hernández, J., J. Hernández-Morales, J. S. Sandoval-Islas, S. Aranda-Ocampo, C. de León y N. Gómez-Montiel. 2009. Etiología y manejo de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis* Maubl.) del maíz en Guerrero, México. *Agrociencia*, 43(5): 511-519.

- Rojas, J. C., A. A. Virgen and E. Malo. 2004. Seasonal and nocturnal flight activity of *Spodoptera frugiperda* males (Lepidoptera: Noctuidae) monitored by pheromone traps in the coast of Chiapas, Mexico. *Florida Entomologist*, 87(4): 496-503.
- Rosas-Alfaro, M. L. 2010. Actividad biológica de extractos de tres especies vegetales en larvas de *Spodoptera frugiperda* Smith. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.
- Ríos F., F. y P. Baca. 2002. Control de plaga y enfermedades. Programa de manejo integrado de plagas en América Central. CNEA. 10-12 pp.
- Salas, J. 2001. Captura de *Spodoptera frugiperda* en trampas con feromona. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, 59: 48-51.
- Sanidad Vegetal. 2004. Crisopa. Junta local de Sanidad Vegetal Navojoa. Boletín técnico No. 7, Navojoa, Sonora. 1-4 pp.
- Secretaria de Agricultura y Ganadería (SAG). 1998. Manejo integrado del gusano cogollero. Proyecto de Sanidad Vegetal-GTZ. Tegucigalpa, M. D. C. Honduras, 3 p.
- Secretaría de Desarrollo Rural (SDR). 2005. Municipio: Santa Clara de Ocoyucan. Diagnostico participativo. [<http://www.sdr.gob.mx/Contenido/informacion%20municipal/ddr5/diagnosticos/docoyucan.pdf>, 9 de julio de 2010], México.
- Téllez G., M. R. 1997. Búsqueda de plantas con propiedades prometedoras para el control del gusano cogollero del maíz en nueve municipios de la Sierra Norte de Puebla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Químicas. Instituto de Ciencias. Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas. Sección Entomología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Wiseman, B. R., J. E. Carpenter, and G. S. Wheeler. 1996a. Growth inhibition of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae reared on leaf diets of no-host plants. *Florida Entomologist*, 79(3): 302-311.

- Wood, K. A., B. H. Wilson, and J. B. Graves. 1981. Influence of host plant on the susceptibility of the fall armyworm to insecticides. *Journal of Economic Entomology*, 74(1): 96-98.
- Young, J. R. and W. W. McMillian. 1979. Differential feeding by two strains of fall armyworm larvae on carbaryl treated surfaces. *Journal of Economic Entomology*, 72(2): 202-203.
- Yu, S. J. 1992. Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*, 85(3): 675-682.

CONCLUSIONES GENERALES

CAPITULO I

1.- Los compuestos linoleico, esteárico y araquidónico, como la mezcla esteárico + palmítico son tóxicos sobre *S. frugiperda*.

2.- Los compuestos linoleico y esteárico son los más activos en la disminución del peso larval del insecto. En segundo orden de importancia la mezcla esteárico + palmítico y compuesto araquidónico también disminuyen el peso larval.

3.- El desarrollo del insecto, se prolongó con el compuesto linoleico, seguido de la mezcla esteárico + palmítico y las dos papaínas (laboratorio y comercial).

4.- Los compuestos palmítico y mirístico seguidos de la papaína comercial provocaron el mayor número de insectos malformados.

CAPITULO II.

1.- Los extractos acuosos de *Carica papaya* y *Trichilia havanensis* (1, 10, y 100 ppm) como compuestos linoleico, esteárico y mezcla esteárico + palmítico (50, 100 y 1000 ppm) no afectaron la mortalidad, fecundidad y fertilidad del depredador *Chrysoperla carnea*.

2.- Los extractos acuosos al 1000 ppm de semillas de *T. havanensis* y *Carica papaya* var. Mamey, como el compuesto araquidónico disminuyeron un 14.2, 18.7 y 22 % la oviposición de huevos de *Chrysoperla carnea*, respectivamente en ensayo de inmersión de huevos.

3.- Además, a 1000 ppm del araquidónico disminuyó un 6.2 % la fecundidad de huevos, en ensayo residual de larvas (L₂) de *Chrysoperla carnea*.

4.- El extracto acuoso de semillas de *Trichilia havanensis* y *Carica papaya*, como sus compuestos linoleico, esteárico y la mezcla esteárico + palmítico pueden ser usados junto con el depredador *Chrysoperla carnea* en un programa de manejo agroecológico para el control de la plaga *Spodoptera frugiperda* en cultivos de maíz.

CAPITULO III.

- 1.- La vermicompost ayuda a la germinación de la semilla del maíz.
- 2.- El sulfato de amonio provocó el mayor crecimiento y desarrollo de la planta.
- 3.- Las fuentes de nitrógeno estimulan a *S. frugiperda* a ocasionar más daño a la planta.
- 4.- El sulfato de amonio más el extracto acuoso de semillas de *C. papaya* registró el menor daño del insecto al maíz.

CAPITULO IV.

- 1.- El polvo de las semillas o su mezcla (semilla + pericarpio) a concentraciones de 10-15 % causaron una mortalidad entre el 59-100 % sobre larvas de *S. frugiperda* en 48 h. El pericarpio al 15 % en un segundo orden de importancia fue también tóxico sobre este insecto.

CAPITULO V.

- 1.- Los productores siembran el maíz bajo una agricultura de subsistencia.
- 2.- Aplican fertilizantes químicos de urea, sulfato de amonio de 300 a 450 Kg / ha en promedio.
- 3.- El gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*, el chapulín *Sphenarium sp* y la gallina ciega *Phyllophaga spp* son los principales insectos plaga.
- 4.- Las principales malas hierbas son el polocote *Tithonia tubaeformis*, el acahual *Helianthus annuus* y el quintonil *Amaranthus spp*.
- 5.- Para el control de los insectos plaga y las malas hierbas se utilizan insecticidas y herbicidas químicos y/o prácticas agrícolas (deshierbes).
- 6.- Para un mejor manejo de cultivo, los productores utilizan asociaciones, rotación de cultivos y conservación de suelos.
- 7.- La producción del maíz es entre 1.6 y 2.3 toneladas por hectárea y el costo-beneficio del cultivo resulto ser negativo.
- 8.- Los productores siembran el maíz para el autoconsumo principalmente. El maíz es la base de la alimentación de la ganadería familiar campesina.

9.- Respecto al gusano cogollero, también daña a la cebolla, el frijol, el sorgo y el tomate, pero prefiere al maíz, el cual daña desde un 15 % en las hojas hasta un 90 % en el cogollo de la planta.

10.- De los otros cultivos, *S. frugiperda* causa daños entre un 10 y 20 % en las hojas de la cebolla, sorgo, tomate y desde un 25 % en el ejote hasta un 65 % en las hojas del frijol. Para su control se aplica 1 L / 200 L de agua de Malation® en maíz o Paration Metilico® en los otros cultivos.

11.- Como alternativa de control se propone en manejo agroecológico de *S. frugiperda*, con énfasis en fertilización orgánica, control botánico (extracto acuoso de semillas de *Carica papaya* y *Trichilia havanensis*) y control biológico (*Chrysoperla carnea*).

LITERATURA CITADA

- Abel, C. A., R. L. Wilson, B. R. Wiseman, W. H. White, and F. M. Davis. 2000. Conventional resistance of experimental maize lines to corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae), fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae), southwestern corn borer (Lepidoptera: Crambidae), and sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae). *Journal of Economic Entomology*, 93(3): 982-988.
- Aggarwal, N., and D. S. Brar. 2006. Effects of different neem preparations in comparison to synthetic insecticides on the whitefly parasitoid *Encarsia sophia* (Hymenoptera: Aphelinidae) and the predator *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) on cotton under laboratory conditions. *Journal of Pest Science*, 79(4): 201-207.
- Albert L., A. 1990. *Los plaguicidas, el ambiente y la salud*. Riesgos de los plaguicidas para la salud. Centro Ecodesarrollo. México. 65-71 pp.
- Aldana L., L., D. O. Salinas S., Ma. E. Valdés E., M. Gutiérrez O. y M. G. Valladares C.. 2010. Evaluación bioinsecticida de extractos de *Bursera copallifera* (D.C.) Bullock y *Bursera grandifolia* (SCHLTDL.) Engl. en gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae). *Polibotánica*, 29: 149-158.
- Altieri S., M. A. 1992. *Biodiversidad, agroecología y manejo de plagas*. CETAL. Valparaiso, Chile. 162 p.
- Altieri S., M. A. 1995. *Agroecology: the Science of Sustainable Agriculture*. Westview Press, Boulder. CO. 145-178 pp.
- Altieri S., M. A. 1996. *Bases agroecológicas para la agricultura sustentable*. En: *Agroecología y Agricultura Sustentable*. Consorcio Latinoamericano sobre Agroecología y Agricultura Sustentable (CLADES), Centro de Estudios de Agricultura Sostenible (CEAS), Instituto Superior de Ciencias Agropecuaria de la Habana (ISCAH). 122-147 pp.
- Altieri S., M. A. and C. I. Nicholls. 1999. Biodiversity, ecosystem function and insect pest management in agricultural systems. 69-84 pp. In: Collins, W. W. (ed.), *Biodiversity in Agroecosystems*. Qualset Co. CRC Press, Boca Raton.

- Altieri S., M. A. y C. I. Nicholls. 2000. *Bases agroecológicas para una agricultura sustentable*. Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. 1a edición. Serie textos básicos para la formación ambiental. México, D. F. México. 13-43 pp.
- Altieri S., M. A. and C. I. Nicholls. 2003. Soil fertility management and insects pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil and Tillage Research*, 72: 203-211.
- Altieri S., M. A. y C. I. Nicholls. 2006. Optimizando el manejo agroecológico de plagas a través de la salud del suelo. *Agroecología*, 1: 29-36.
- Altieri S., M. A. y A. Yurjevic. 1991. La agroecología y el desarrollo rural sostenible en América Latina. *Agroecología y Desarrollo*, 1(1): 25-36.
- Álvarez C., N. M. 2004. Uso y manejo tradicional de los maíces criollos en la región Iztaccíhuatl-Popocatépetl del estado de Puebla. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla.
- Álvarez, C. O., A. Neske, S. Popich, and A. Bardón. 2007. Toxic effects of annonaceous acetagenins from *Annona cherimolia* (Magnoliales: Annonaceae) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Pesticide Science*, 80(1): 63-67.
- Anaya L., A. L. y F. J. Espinoza, G. 2006. La química que entreteje a los seres vivos. *Ciencias*, 83: 4-13.
- Añez, B. y W. Espinoza. 2002. Fertilización química y orgánica. ¿Efectos interactivos o independientes sobre la producción de la zanahoria? *Revista Forestal Venezolana*, 46(2): 4-7-54.
- Aragón G., A. 1987. Entomofauna presente en el cultivo de maíz durante el ciclo agrícola primavera-verano de 1986 en la comunidad de Amatlán, municipio de Zoquiapan, Puebla. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Puebla, México. 14 p.
- Aragón G., A., J. F. López-Olguín, y F. J. Galán, A. 1991. Experimento de campo con *Trichilia havanensis* (Meliaceae) para el combate de *Phyllophaga* spp.

- (Melolonthidae) y *Spodoptera frugiperda* (Noctuidae) en el cultivo de maíz, Amatlán, Zoquiapan, Puebla. Memorias del III Simposio nacional sobre substancias vegetales y minerales en el combate de plagas. Leos M., J. y M. O. Cortéz R. (Comps). Veracruz, Veracruz, México. 11-14 pp.
- Arning, I. 2001. Efecto de la ceniza de *Opuntia ficus indica* en el control del cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) en la irrigación El Cural, Arequipa. *Boletín RAAA*, 37: 26-27.
- Ashley, T. R. 1986. Geographical distributions and parasitization levels for parasitoids of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Florida Entomologist*, 69(3): 516-524.
- Atiyeh, R. M., C. A. Edwards, S. Subler, and J. D. Metzger. 2000a. Earthworm-processed organic wastes as components of horticultural potting media for growing marigold and vegetable seedlings. *Compost Science and Utilization*, 8(3): 215–223.
- Atiyeh, R. M., N. Q. Arancon, C. A. Edwards, and J. D. Metzger. 2000b. Incorporation of earthworm-processed organic wastes into greenhouse container media for production of marigolds. *Bioresource Technology*, 75(3): 175–180.
- Ayala O., J. L. 1985. Evaluación de substancias vegetales contra el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 105 p.
- Badawy, H. M. A., and S. A. El-Arnaouty, 1999. Direct and indirect effects of some insecticides on *Chrysoperla carnea* (Stephens) s.l. (Neuroptera: Chrysopidae). *Journal of Neuropterology*, 2: 67-76.
- Bahena J., F. 2003. *Manejo agroecológico de plagas para una agricultura sostenible*. En: Tornero, C. M. A., J. F. López, O. y Aragón, G. A. (eds.), *Agricultura, Ambiente y Desarrollo Sustentable*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 292 p.
- Bahena J., F., Sánchez, M. y A. Miranda M. 2003. Extractos vegetales y bioplaguicidas, alternativas para el combate del “gusano cogollero del maíz” *Spodoptera*

- frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Entomología Mexicana*, 2: 366-372 pp.
- Batista-Pereira, L. G., T. C. Castral, M. T. M. da Silva, B. R. Amaral, J. B. Fernandes, P. C. Vieira, M. F. G. F. da Silva, and A. G. Corrêa. 2006. Insecticidal activity of synthetic amides on *Spodoptera frugiperda*. *Zeitschrift fur Naturforschung*, 61c(3-4): 196-202.
- Blaney, W. M., M. S. J. Simmonds, S. V. J. Ley, C. Anderson, and P. L. Toogood. 1990. Antifeedant effects of azadirachtin and structurally related compounds on lepidopterous larvae. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 55(2): 149-160.
- Bogorni P., C. y J. D. Vendramim. 2003. Efeito de extratos aquosos de *Trichilia* spp. na sobrevivência e peso larval de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). Resumos do 8º Simpósio de Controle Biológico. São Pedro, SP, Brasil. 162 p.
- Bogorni P., C., J. D. Vendramim, G. C. Tavares M. A., C. Pansiera V. y S. Cunha U. 2003. Efeito de extratos aquosos de Meliáceas sobre o dano de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) em milho. Resumos do 8º Simpósio de Controle Biológico. São Pedro, SP, Brasil. 161 p.
- Bogorni P., C., and J. D. Vendramin. 2005. Efeito subletal de extratos aquosos de *Trichilia* spp. sobre o desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho. *Neotropical Entomology*, 34(2): 311-317.
- Bolaños-Espinoza, A., I. Bravo M., A. Equihua M., A. Trinidad S., G. Ramírez V. y J. A. Domínguez V. 2001. Densidad y daños de plagas en maíz, bajo labranza convencional y de conservación. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 83: 127-141.
- Bortoli S., A., A. C. Araujo J., L. Mari U. y J. Queiróz, M. 1987. Influência da aplicação de biofertilizante, fertirrigação sobre populações de alguns insetos pragas do milho (*Zea mays* L.). *Ecossistema*, 12: 45-53.
- Bostanian, N. J., M. Akalach, and H. Chiasson. 2005. Effects of a *Chenopodium*-based botanical insecticide/acaricide on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and

- Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae). *Pest Management Science*, 61(10): 979-984.
- Boyetchko, S., E. Pedersen, Z. Punja, and M. Reddy. 1998. Formulations of biopesticides. *Methods in Biotechnology*, 5: 487-508.
- Brodbeck, B., J. Stavisky, J. Funderburk, P. Andersen, and S. Olson. 2001. Flower nitrogen status and populations of *Frankliniella occidentalis* feeding on *Lycopersicon esculentum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 99(2): 165-172.
- Bufani, P. 1999. *Medio ambiente y desarrollo sostenible*. 4^a ed. rev. – Madrid. Instituto de estudios políticos para América Latina (IEPALA). 358 p.
- Bunch, R. 1988. Case study: Guinope, an integrated development program in Honduras, World Neighbors, Oklahoma. 40-44 pp.
- Burton, L. R., and W. D. Perkins. 1987. Rearing the corn earworm and fall armyworm for maize resistance studies. *Proceedings of the International Symposium on Methodologies for Developing Host Plant Resistance to Maize Insects*. CIMMYT. México. 35-37 pp.
- Calderón, J. S., C. L. Céspedes, R. Rosas, F. Gómez-Garibay, R. J. Salazar, L. Lina, E. Aranda, and I. Kubo. 2001. Acetylcholinesterase and insect growth inhibitory activities of *Gutierrezia microcephala* on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith. *Zeitschrift fur Naturforschung*, 56c: 382-394.
- Calderón R., G. y T. Germán M. 1993. Flora del bajío y de regiones adyacentes. Meliaceae. Fascículo 11. Trabajo realizado con apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, del Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán y del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro. México, D. F. 22 p.
- Cantarero H., R. J. y O. A. Martínez T. 2002. Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno y fertilizante mineral) en el cultivo de maíz (*Zea mays*

- L.) variedad NB-6. Trabajo de Diploma. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. Managua, Nicaragua. 20-30 pp.
- Capulín-Grande, J. I., J. F. Escobedo-Castillo, I. Ocampo-Fletes, P. Juárez-Sánchez y S. Rappoz-Miguez. 2007. Desarrollo endógeno y estrategias campesinas en una comunidad Cholulteca. El caso de San Miguel Papaxtla, Tecuanipán, Puebla. *Ra Ximhai*, 3(1): 137-164.
- Carnevali, P. C., and F. L. Florcovski. 1995. Efeito de diferentes fontes de nitrogênio em milho (*Zea mays* L.) sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797). *Ecosystema*, 20: 41-49.
- Carpenter, J. E., and B. R. Wiseman. 1999. Comparisons of laboratory and feral strains of *Spodoptera frugiperda* and *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in laboratory and field bioassays. *Florida Entomologist*, 82(2): 237-247.
- Carpinella, M. C., M. T. Defago, G. Valladares, and S. M. Palacios. 2003. Antifeedant and insecticide properties of a limonoid from *Melia azedarach* (Meliaceae) with potential use for pest management. *Journal of Agriculture Food Chemical*, 51(2): 369-374.
- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimenticia (CEDRSSA). 2006. Balance y expectativas del campo mexicana. Maíz: soberanía y seguridad alimenticia. H. Cámara de Diputados, 31 de mayo y 1 de junio, México.
- Céspedes, C. L., J. S. Calderón, L. Lina, and E. Aranda. 2000. Growth inhibitory effects on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* of some limonoids isolated from *Cedrela* spp. (Meliaceae). *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 48(5): 1903-1908.
- Céspedes, C. L., J. R. Salazar, M. Martínez, and E. Aranda. 2005. Insect growth regulatory effects of some extracts and sterols from *Myrtillocactus geometrizans* (Cactaceae) against *Spodoptera frugiperda* and *Tenebrio molitor*. *Phytochemistry*, 66 (20): 2481-2493.

- Champagne, D. E., O. Koul, M. B. Isman, G. G. E. Scudder, and G. H. N. Towers. 1992. Biological activity of limonoids from the Rutales. *Phytochemistry*, 31(2): 377-394.
- Chang, N. T., R. E. Lynch, F. A. Slansky, B. R. Wiseman, and D. H. Habeck. 1987. Quantitative utilization of selected grasses by fall armyworm larvae. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 45(1): 29-35.
- Cohen, E., and Z. H. Levinson. 1972. The effect of fatty acids on reproduction of the hide beetle *Dermestes maculatus* (Dermestidae; Coleoptera). *Life Sciences*, 11(6): 293-299.
- CONAPO. 2005. Grado de marginación por entidad, municipio y localidad. Unidad de microrregiones dirección general adjunta de planeación microregional. [<http://cat.microrregiones.gob.mx>, 6 de julio de 2010], México.
- CONEVAL. 2005. Rezago social municipal 2005. [<http://www.coneval.gob.mx/mapas/NACIONAL/Nacional.pdf>, 6 de julio de 2010], México.
- Council of Australian Governments (COAG). 2004. Ammonium nitrate, a compound commonly used as fertilizer, is being restricted due to its potential for illicit use as an explosive. Councils are encouraged to make themselves aware of the proposed new restrictions. New restriction on ammonium nitrate fertilizer - circular 8.2. Local Government Association of South Australia. Australia.
- Damián H., M. A. 2007. Apropiación de tecnología agrícola: el caso de los productores de maíz del estado de Tlaxcala, México. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. Campus Puebla. 1-2 pp.
- Damián H., M. A., B. Ramírez, A. Gil, N. Gutiérrez, A. Aragón, R. Mendoza, J. C. Paredes, T. Damián y A. Almazán. 2004. *Apropiación de tecnología agrícola. Características técnicas y sociales de los productores de maíz de Tlaxcala*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-Sistema de Investigación Zaragoza y H. Congreso del Estado de Tlaxcala, Puebla, México. 284 p.

- Del Rincón C., M. C., J. Méndez L. y E. Ibarra J. 2006. Caracterización de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* con actividad insecticida hacia el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 45(2): 157-164.
- De Moraes, C. M., and M. C. Mescher. 2004. Biochemical crypsis in the avoidance of natural enemies by an insect herbivore. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of American*, 101(4): 8993-8997.
- Díaz-Napal, G. N., M. C. Carpinella, and S. M. Palacios. 2009. Antifeedant activity of ethanolic extract from *Flourensia oolepis* and isolation of pinocembrin as its active principle compound. *Bioresource Technology*, 100(14): 3669-3673.
- Díez, J. A., R. Caballero, R. Román, A. Tanquis, C. Cartagena M. y A. Vallego. 2000. Integrated fertilizer and irrigation management to reduce nitrate leaching in Central Spain. *Journal of Environmental Quality*, 29: 1539-1547.
- Don-Pedro, K. N. 2006. Insecticidal activity of fatty acid constituents of fixed vegetable oils against *Callosobruchus maculatus* (F.) on cowpea. *Pesticide Science*, 30(3): 295-302.
- Dreyer, M. R. R. 2001. Efectos de *Azadirachta indica* y Carbofuran granulado en control de *Spodoptera frugiperda* asociada al cultivo de maíz. *Esporas*, 1(1): 175-179.
- Duxbury, J. M. 1994. The significance of agricultural sources of greenhouse gases. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 38(2): 151-163.
- Dyer, L. A., C. D. Dodson, J. O. Stireman-III, M. A. Tobler, A. M. Smilanich, R. M. Fincher, and D. K. Letourneau. 2003. Synergistic effects of three *Piper* amides on generalist and specialist herbivores. *Journal of Chemical Ecology*, 29(11): 2499-2514.
- Edwards, C. A., I. Burrows, K. E. Fletcher, and B. A. Jones. 1985. The use of earthworms for compositing from wastes. 229-242 pp. In: Gasser, J. K. R. (ed.), *Compositina of agricultural and other waster*. Elsevier Publisher. Luxemburgo U. K.

- Ekka, I., J. G. Rodriguez, and D. L. Davis. 1971. Influence of dietary improvement on oviposition and egg viability of the mite, *Tetranychus urticae*. *Journal of Insect Physiology*, 17(8): 1393-1399.
- El-Wakeil, N. E., N. M. Gaafar, and S. Vidal. 2006. Side effects of some neem products on natural enemies of *Heliocoverpa* (*Trichogramma* spp) and *Chrysoperla carnea*. *Archives of Photopatology and Plant Protection*, 39(6): 445-455.
- Escribano, A., T. Williams, D. Goulson, R. D. Cave, and P. Caballero. 2000. Parasitoid-pathogen-pest interactions of *Chelonus insularis*, *Campoletis sonorensis*, and a nucleopolyhedrovirus in *Spodoptera frugiperda* larvae. *Biological Control*, 19(3): 265-273.
- Esmenjaud, D. 1984. Les noctuelles (Lépidoptères- Noctuidé) des Antilles françaises. Données Biologiques pour la conception d'une protection intégré du maïs centre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) et *Heliothis zea* (Bodie) en Guadeloupe. Test Doctoral. ENSAM, Francia, 194 p.
- Estrada B., M. A., I. Nikolskii G., F. Gavi R., J. D. Etchevers B. y O. L. Palacios V. 2002. Balance de nitrógeno inorgánico en una parcela con drenaje subterráneo en el trópico húmedo. *Terra Latinoamericana*, 20(2): 189-198.
- Fernández B., R. I. y S. Clavijo, A. 1985. Efectos de los insecticidas (Diazinón y *Bacillus thuringensis* var. kurstaki) sobre los rendimientos del maíz, el porcentaje de infección por *Spodoptera frugiperda* (S.) y el grado de daño en parcelas experimentales de maíz. *Boletín Entomológico Venezolano*, 4(7): 53-59.
- Figuroa-Brito, R., M. Camino L., J. Taboada R. y J. Martínez H. 1998. Evaluación de metabolitos secundarios en contra de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz. *III Congress Cuban Chemical Society*. La Habana, Cuba. 99-100 pp.
- Figuroa-Brito, R., M. Camino L., L. Aldana LI., M. E. Valdés E. y R. Arzuffi B. 1999. Determinación de la efectividad de *Carica papaya* contra el gusano cogollero del

maíz *Spodoptera frugiperda*. *IV Simposium Internacional y V Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible*. Morelia, Michoacán. 177-181 pp.

Figueroa-Brito, R., M. Camino L., J. Taboada R., L. Aldana LI. y M. E. Valdés E. 2000. La efectividad de *Carica papaya* contra el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda*. *XXXV Congreso Nacional de Entomología*. Acapulco, Guerrero. 793-797 pp.

Figueroa-Brito, R. 2002. Evaluación de extractos vegetales contra el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 14-24 pp.

Figueroa-Brito, R., M. Camino, M. C. Pérez-Amador, V. Muñoz, E. Bratoeff, and C. Labastida. 2002a. Fatty acid composition and toxic activity of the acetonic extract of *Carica papaya* L. (Caricaceae) seeds. *Phyton International Journal of Experimental Botany*, 69: 97-99.

Figueroa-Brito, R., J. S. Calderón, M. C. Pérez-Amador, V. Muñoz, M. C. Hernández, M. E. Valdés, and L. Aldana. 2002b. Toxicity and growth inhibitory effects of extracts and some fractions from *Carica papaya* against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Latinoamericana de Química*, 30(3): 98-102.

Figueroa-Brito, R., M. Camino L., L. Aldana LI., M. E. Valdés E., J. Taboada R., J. S. Calderón P., F. Gómez-Garibay, C. Céspedes A., Y. Ríos G. y B. Aguilar G. 2002c. Productos naturales con actividad insecticida en el control de insectos plagas. *Simposio de Productos Naturales en Fitosanidad*. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (UAG) y Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (IPN). Cocula, Guerrero. 21-28 pp.

Food Agriculture Organization (FAO). 2006. FAOSTAT agricultural data. [<http://apps.fao.org>, 25 de junio de 2010].

Food and Agriculture Organization (FAO). 2005. FAOSTAT database. [<http://Apps.fao.org/default.htm>, 20 de agosto de 2010]. Rome, Italy.

- Food Agriculture Organization (FAO). 2004. FAOSTAT agriculture data. [http://apps.fao.org, 25 de junio de 2010].
- Franco A., S. L. 2006. Evaluación del efecto tóxico de semillas de cuatro variedades de *Carica papaya* (Caricaceae) contra *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México. 38 p.
- Franco A., S. L., A. Jiménez P., C. Luna L. y R. Figueroa-Brito. 2006. Efecto tóxico de semillas de cuatro variedades de *Carica papaya* (Caricaceae) en *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 45(2): 171-177.
- Freemark, K., and C. Boutin. 1995. Impacts of agricultural herbicide use on terrestrial wildlife in temperate landscapes: A review with special reference to North America. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 52: 67-91
- Galán A., F. J. 1993. Experimento de campo con *Trichilia havanensis* (Meliaceae), para el combate de *Phyllophaga* spp y *Spodoptera frugiperda* (Smith) en el cultivo de maíz, Amatlan, Zoquiapan, Puebla. Ciclo agrícola Xopamile de 1990. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Químicas. Instituto de Ciencias. Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 21-24 pp.
- Gallo M., B. C., S. da Cunha U., C. Vieira P., J. D. Vendramim, A. Diogo F., B. Fernandes J. y G. F. da Silva M. 2004. Identificação de substâncias em *Vitex polygama* (Verbenaceae) e *Siphoneugena densiflora* (Myrtaceae) com atividade inseticida sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Resumos do XX Congresso Brasileiro de Entomologia. Gramado, RS, Brasil. 341 p.
- Gallo M., B. C., C. Rocha W., S. da Cunha U., A. Diogo F., C. da Silva F., C. Vieria P. J. D. Vendramin, B. Fernandes J., F. da Silva, M., and G. Batista-Pereira. 2006. Bioactivity of extracts and isolated compounds from *Vitex polygama* (Verbenaceae) and *Siphoneugena densiflora* (Myrtaceae) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pest Management Science*, 62: 1072-1081.

- García R., R. 2004. Efectividad de polvos de cuatro variedades de *Carica papaya* (Caricaceae) contra *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Guerrero. Unidad Académica de Ciencias Agrícolas y Ambientales. Iguala, Guerrero. 18-20 pp.
- García Z., E., J. D. Molina G. y J. García Z. 2005. Dinámica poblacional y preferencia de los gorgojos y palomillas en maíz almacenado con baja humedad del grano. *Folia Entomológica Mexicana*, 44(2): 145-154.
- Gereszek, L. J., J. R. Coats, and D. C. Beitz. 2008. Effects of dietary conjugated linoleic acid on european corn borer (Lepidoptera: Crambidae) survival, fatty acid profile, and fecundity. *Annals of the Entomological Society of America*, 101(2): 430-438.
- Gregory, W. W., and H. G. Raney. 1981. *Pests and their control, insect management*. 55-63 pp. In: Phillips, R. E., Thomas, G. W. and Blevins, R. L. (eds.), No-Tillage Research: Research reports and Reviews. University of Kentucky, College of Agriculture and Agricultural Experiment Station, Lexington.
- Gutiérrez-García, S. C., J. Sánchez-Escudero, J. F. Pérez-Domínguez, A. Carballo-Carballo, D. Bergvinson, y M. M. Aguilera-Peña. 2010. Efecto del nim en el daño ocasionado por el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en tres variables agronómicas de maíz resistente y susceptible. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 26(1): 1-16.
- Guzmán-Pantoja, L. E., P. Guevara-Fefer, M. L. Villarreal-Ortega, I. León-Rivera, E. Aranda-Escobar, R. Á. Martínez-Peniche, and V. M. Hernández-Velázquez. 2010. Biological activity of *Ipomoea pauciflora* Martens and Galeotti (Convolvulaceae) extracts and fractions on larvae of *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae). *African Journal of Biotechnology*, 9(24): 3659-3665.
- Hardman, J. M., R. F. Smith, and E. Bent. 1995. Effects of different integrated pest management programs on biological control of mites on apple by predatory mites (Acari) in Nova Scotia. *Environmental Entomology*, 24(1): 125-142.

- Hassan, S. A., F. Bigler, H. Bogenschütz, E. Boller, J. Brun, J. N. M. Calis, P. Chiverton, J. Coremans-Pelseneer, C. Duso, G. B. Lewis, F. Mansour, L. Moreth, P. A. Oomen, W. P. J. Overmeer, L. Polgar, W. Rieckmann, L. Samsøe-Petersen, A. Stäubli, G. Sterk, K. Tavares, J. J. Tuset, and G. Viggiani. 1991. Results of the fifth joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group "Pesticides and beneficial organisms. *Biocontrol*, 36(1): 55-67.
- Hassan, S. A. 1994. Activities of the IOBC/Wprs working group pesticides and beneficial organisms. *IOBC Bulletin*, 17(10): 1-5.
- Hecht S., B. 1996. Evolución del pensamiento agroecológico. Agroecología y agricultura sostenible. 166 pp.
- Hernández E., M. P. J. 1988. Estimación de las pérdidas ocasionadas por el gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda* Smith), en la comunidad de Amatlán Sierra Norte de Puebla, Siembra de temporal de 1987. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Químicas. Instituto de Ciencias. Universidad Autónoma de Puebla. 18-23 pp.
- Herrera A., J. 1979. *Principales plagas del maíz*. Boletín Especial de la Dirección de Agricultura y Ganadería del Perú. 10 p.
- Hoar, S. K., A. Blair, F. F. Holmes, C. D. Boysen, R. J. Robel, R. Hoover, and Jr J. F. Fraumeni. 1986. Agricultural herbicide use and risk of lymphoma and soft-tissue sarcoma. *Journal of the American Medical Association*, 256(9): 1141-1147.
- Hoar, S. K., D. D. Weisenburger, P. A. Babbitt, R. C. Saal, K. P. Cantor, and A. Blair. 1988. A case control study of non-Hodgkin's lymphoma and agricultural factors in eastern Nebraska. *American Journal of Epidemiology*, 128(4): 901.
- Houghton, J. T., G. J. Jenjins, and J. J. Ephraum. 1990. *IPPC (intergovernmental panel on climate changes) climate changes*. Cambridge University pres. Cambridge, U. K. 36-37 pp.

- House, G. F. 1989. Soil arthropods from weed and crop roots of an agroecosystem in a wheat-soybean-corn rotation: impact of tillage and herbicides. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 25: 233-244.
- Huerta P., A. 2004. Compatibilidad de la lucha química y biológica. Evaluación en laboratorio de modernos insecticidas que ofrecen interés para su uso en sistemas productivos sostenibles en el depredador cosmopolita *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). Tesis de Doctorado. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 179 pp.
- Huerta, A., P. Medina, P. Castañera, and E. Viñuela. 2003. Lab studies with *Trichilia havanensis* Jacq., a botanical pesticide, and adults of *Chrysoperla carnea* (Stephens). *Pesticides and Beneficial Organisms, IOBC/wprs Bulletin*, 26(5): 25-32.
- Huff, J. E., and J. K. Haseman. 1991. Exposure to contain pesticides may pose real carcinogenic risk. *Chemical and Engineering News*, 69: 33-37.
- Ichaud, J. P. M. and C. L. Mckenzie. 2004. Safety of a novel insecticide, sucrose octanoate, to beneficial insects in Florida citrus. *Florida Entomologist*, 87(1): 6-9.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 1999. Superficies nacionales y estatales. [<http://mapserver.inegi.gob.mx>, 6 de julio de 2010], México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2000. Marco geoestadístico. [<http://mapserver.inegi.gob.mx>, 6 de julio de 2010], México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2005. Censo de población y vivienda. [<http://www.inegi.org.mx>, 6 de julio de 2010], México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Estadísticas de la población de México. [<http://72.52.156.225/Estudio.aspx?Estudio=estadisticas-poblacion-mexico>, 6 de julio de 2010], México.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010. Catálogo General de Localidades. [<http://mapserver.inegi.org.mx>, 9 julio 2010], México.
- Irish Statute Book (ISB). 1987. S.I. No. 63/1987 — restriction of imports (calcium ammonium nitrate from the German Democratic Republic or Romania) order, 1987. Produced by the office of the attorney general. [<http://www.irishstatutebook.ie/1987/en/si/0063.html>, 12 de agosto de 2007], Ireland.
- Isenhour, D. J., B. R. Wiseman, and R. C. Layton. 1989. Enhanced predation by *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) on larvae of *Heliothis zea* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) caused by prey feeding on resistant corn genotypes. *Environmental Entomology*, 18(3): 418-422.
- Isman, M. B. 1999. *Neem and related natural products*. 139-153 pp. In: F. R. Hall and J. J. Menn (eds.), *Biopesticides: use and delivery*. Humana, Totowa, N. J.
- Isman, M. B., J. T. Arnason, and G. H. N. Towers. 1995. *Chemistry and biological activity of ingredients of other species of Meliaceae*. pp. 652-666. In: Schmutterer, H. (ed.). *The nim tree: source of unique natural products for integrated pest management, medicine, industry and other purposes*. VCH Verlagsgesellschaft mbH. Weinheim.
- Jacobson, M. 1989. *Botanical pesticides against insects*. 1-298 pp. In: Prakash, A., J. Rao (eds.), *Botanical pesticides in agriculture*. CRC Press, Boca Ratan, Florida.
- Javed, M. A., and G. A. Matthews. 2002. Bioresidual and integrated pest management status of a biorational agent and a novel insecticide against whitefly and its key parasitoids. *International Journal of Pest Management*, 48(1): 13–17.
- Karagounis, C., A. K. Kourdoumbalos, J. T. Margaritopoulos, G. D. Nanos, and J. A. Tsitsipis. 2006. Organic farming-compatible insecticides against the aphid *Myzus persicae* (Sulzer) in peach orchards. *Journal of Applied Entomology*, 130(3): 150-154.

- Klocke, J. A. 1987. *Natural plant compounds useful in insect control*. pp. 396-415. In: Waller, G. R. (ed.). *Allelochemicals; role in agriculture and forestry*. American Chemical Society Symposium Serie 330. Washington, USA.
- Konno, K., C. Hirayama, M. Nakamura, K. Tateishi, Y. Tamura, M. Hattori, and K. Kanno. 2004. Papain protects papaya trees from herbivorous insects: role of cysteine proteases in latex. *Plant Journal*, 37(3): 370-378.
- Kubo, I., and J. A. Klocke. 1982. An insect growth inhibitor from *Trichilia roka* (Meliaceae). *Experientia*, 38(6): 639-340.
- Lagunes T., A. 1984. Empleo de sustancias vegetales contra plagas de maíz como una alternativa del uso de insecticidas en áreas de temporal. (PCAFBNA 001299) Informe de proyecto cooperativo, CONACYT., México, D. F.
- Lagunes T., A., C. Arenas y C. Rodríguez. 1984. Extractos acuosos y polvos vegetales con propiedades insecticidas. CANACYT-CP-AUACH-DGSV-INIFAP. Chapingo, México. 203 p.
- Lagunes T., A. y R. Domínguez R. 1985. *Plagas del maíz*. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Estado de México. 100 p.
- Lagunes T., A. y J. C. Rodríguez M. 1988. *Combate químico de plagas agrícolas en México*. CENA. CP. Edo. de México.
- Lagunes T., A. 1993. *Uso de extractos y polvos vegetales y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia*. Colegio de Postgraduados, México 31 p.
- Lagunes T., A., J. C. Rodríguez M. y D. Mota S. 1994. *Combate químico de plagas agrícolas en México*. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 121-123 pp.
- Lagunes T., A. y J. A. Villanueva-Jiménez. 1994. *Toxicología y manejo de insecticidas*. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. 35 Aniversario. 1ª Ed. México. 264 p.

- Lara P., E. 2001. El conocimiento campesino náhuatl en el agroecosistema tradicional de maíz (*Zea mays* L.): estudio de caso en San Isidro Buen Suceso, Tlaxcala. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. 182 pp.
- Lezama-Gutiérrez, R. 1993. Patogenicidad de hongos (Hyphomycetes) y del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Colima.
- Lezama-Gutiérrez, R., R. Alatorre-Rosas, L. F. Bojalil-Jaber, J. Molina-Ochoa, M. Arenas-Vargas, M. González-Ramírez, and O. Rebolledo-Domínguez, 1996. Virulence of five entomopathogenic fungi (Hyphomycetes) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs and neonate larvae. *Vedalia*, 3: 35-40.
- Lienard, V., D. Seck, G. Lognay, C. Gaspar, and M. Severin. 1993. Biological activity of *Cassia occidentalis* L. against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, 29(4): 311-318.
- Liu, T. X., and P. A. Stansly. 1996. Toxicological effects of selected insecticides on *Nephaspis oculatus* (Col., Coccinellidae), a predator of *Bemisia argentifolii* (Hom., Aleyrodidae). *Journal of Applied Entomology*, 120(1-5): 369-373.
- Liu, T. X., and P. A. Stansly. 2000. Insecticidal activity of surfactants and oils against silverleaf whitefly (*Bemisia argentifolii*) nymphs (Homoptera: Aleyrodidae) on collards and tomato. *Pest Management Science*, 56(10): 861-866.
- López-Olguín, J. F. y A. Aragón G. 1987. Entomofauna presente en el cultivo de maíz durante el ciclo agrícola primavera-verano de 1986 en la comunidad de Amatlán, Sierra norte de Puebla. Resúmenes del XXII Congreso Nacional de Entomología. Cd. Juárez, Chihuahua, México.
- López-Olguín, J. F. y A. Aragón G. 1990. Pruebas de campo con polvos vegetales para el combate de “gallina ciega” (*Phyllophaga* spp.) y “gusano cogollero” (*Spodoptera frugiperda* Smith) en la Sierra Norte de Puebla. Memorias del II Simposio Nacional

sobre Substancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas. Oaxaca, Oaxaca, México. 74-87 pp.

López-Olguín, J. F., A. Aragón, G. y A. Lagunes, T. 1993. Evaluación de extractos acuosos vegetales contra *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Memorias del I simposio internacional y II reunión nacional sobre agricultura sostenible. Comisión de Estudios Ambientales y CEICADAR, CP. México. 239-243 pp.

López-Olguín, J. F. 1994. Investigación agrícola en una zona marginada del estado de Puebla. *Elementos*, 20(3): 26-32.

López-Olguín, J. F., F. Budia, P. Castañera y E. Viñuela. 1997. Actividad de *Trichilia havanensis* Jacq. (Meliaceae) sobre larvas de *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae). *Boletín de Sanidad Vegetal de Plagas*, 23(1): 3-10.

López-Olguín, J. F., C. De La Torre M., E. Viñuela y P. Castañera. 1998. Actividad de extractos de semillas de *Trichilia havanensis* Jacq, sobre larvas de *Helicoverpa armigera* (Hübner). *Boletín Sanidad Vegetal de Plagas*, 24: 629-636.

López-Olguín, J. F., A. Adán, E. Ould-Abdallahi, F. Budia, P. Del Estal y E. Viñuela. 2002. Actividad de *Trichilia havanensis* Jacq. (Meliaceae) en la mosca mediterránea de la fruta *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae). *Boletín Sanidad Vegetal de Plagas*, 28: 299-306.

López-Olguín, J. F., A. Aragón G., M. Tapia R., B. Rodríguez G., F. Ortego A., E. Viñuela S. y P. Castañeda D. 2007. *Actividad antialimentaria de Trichilia havanensis Jacq. (Meliaceae) en larvas de Spodoptera exigua (Hübner) (Noctuidae)*. 108-129 pp. En: López-Olguín, J. F., A. G. Aragón, C. H. Rodríguez y M. G. Vázquez (eds.), Agricultura sostenible: sustancias naturales contra plagas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Colegio de Postgraduados. Universidad de Guadalajara. México.

Luna, J. M. 1988. In global perspectives on agroecology and sustainable agricultural systems. Proc. Sixth. Int. Conference of IFOAM Santa Cruz, CA. 589-600 pp.

- Malo, E. A., L. Cruz-Lopez, J. Valle-Mora, A. Virgen, J. A. Sanchez, and J. Rojas. 2001. Evaluation of commercial pheromone lures and traps for monitoring male fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in the coastal region of Chiapas, Mexico. *Florida Entomologist*, 659-664.
- Månsson, P. E., F. Schlyter, C. Eriksson, and K. Sjödin, 2006. Nonanoic acid, other alkanolic acids, and related compounds as antifeedants in *Hylobius abietis* pine weevils. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 121(3): 191–201.
- Medina, P., F. Budia, L. Tirry, G. Smagghe, and E. Viñuela. 2001. Compatibility of sinosad, tbufenozide and azadirachtin on eggs and pupae of the predator *Chrysoperla carnea* (Stephens) under laboratory conditions. *Biocontrol Science Technology*, 11: 597–610.
- Medina, P., F. Budia, H. Vogt, P. Del Estal y E. Viñuela. 2002. Influencia de la ingestión de presa contaminada con tres modernos insecticidas en *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). *Boletín Sanidad Vegetal de Plagas*, 28: 375-384.
- Medina, P., G. Smagghe, F. Budia, L. Tirry, and E. Viñuela. 2003a. Toxicity and absorption of azadirachtin, diflubenzuron, pyriproxyfen, and tebufenozide after topical application in predatory larvae of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environmental Entomology*, 32(1): 196-203.
- Medina, P., F. Budia, P. Del Estal, A. Adán, and E. Viñuela. 2003b. Side effects of six insecticides on different developmental stages of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Pesticides and Beneficial Organisms IOBC/wprs Bulletin*, 26 (5): 33–40.
- Medina, P., F. Budia, P. Del Estal, and E. Viñuela. 2004. Influence of azadirachtin, a botanical insecticide, on *Chrysoperla carnea* (Stephens) reproduction toxicity and ultrastructural approach. *Journal of Economic Entomology*, 97: 43–50.
- Medina, P., F. Budia, M. González, B. Rodríguez, A. Díaz, A. Huerta, N. Zapata, and E. Viñuela. 2006. Effects of botanical insecticides on two natural enemies of

- importance in Spain: *Chrysoperla carnea* (Stephens) and *Psytalia concolor* (Szépligeti). *Pesticides and Beneficial Organisms IOBC/wprs Bulletin*, 29(10): 85-93.
- Mejía M., G. 2010. Construcción de una matriz de contabilidad social para Santa Clara Ocoyucan, Puebla, y evaluación de escenarios de política económica. Tesis de Doctor en Ciencias, especialista en Economía). Colegio de Postgraduados. Montecillos, Texcoco, estado de México, México. 50-56 pp.
- Metcalf C., L. y W. P. Flint. 1984. *Insectos destructivos e insectos útiles, sus costumbres y su control*. CECSA, México. 195-210 pp.
- Meyer-Aurich, A. 2005. Economic and environmental analysis of sustainable farming practices – a Bavarian case study. *Agricultural Systems*, 86: 190–206.
- Mihn, J. 1984. *Técnicas eficientes para la crianza masiva e infestación de insectos, en la selección de las plantas hospederas para la resistencia al gusano cogollero (Spodoptera frugiperda)*. Centro internacional para el mejoramiento del maíz y trigo (CIMMYT). México. Folleto técnico.
- Mikolajczak, K. L., and D. K. Reed. 1987. Extractives of seeds of the Meliaceae: effects on *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), *Acalymma vittatum* (F.), and *Artemia salina* Leach. *Journal of Chemical Ecology*, 13(1): 99-111.
- Mikolajczak, K. L., B. W. Zilkowski, and R. J. Bartelt. 1989. Effect of meliaceous seed extracts on growth and survival of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Journal of Chemical Ecology*, 15(1): 121-128.
- Mojena, M., M. Bertolí y E. Zaffaroni. 2000. Evaluaciones de plagas insectiles en agroecosistemas de intercalamiento de maíz (*Zea mays*, L) y frijol (*Phaseolus vulgaris*, L) con yuca (*Manihot esculenta*, Crantz). *Revista Brasileira de Agrociência*, 6(1): 4-11.
- Mojocoa A., M. 2004. Efecto del uso del clorpirifos en maíz (*Zea mays* L.) sobre los artrópodos no-blancos del suelo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad de Tolima, Ibagué, Colombia. 8 p.

- Molina-Ochoa, J., J. J. Hamm, R. Lezama-Gutiérrez, M. López-Edwards, M. González-Ramírez, and A. Pescador-Rubio. 2001. A survey of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) parasitoids in the Mexican states of Michoacán, Colima, Jalisco, and Tamaulipas. *Florida Entomologist*, 84(1): 31-36.
- Molina-Ochoa, J., J. E. Carpenter, E. A. Heinrichs, and J. E. Foster. 2003. Parasitoids and parasites of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas and Caribbean basin: an inventory. *Florida Entomologist*, 86(3): 254-289.
- Montes-Molina, J. A., M. L. Luna-Guido, N. Espinoza-Paz, B. Govaerts, F. A. Gutierrez-Miceli, and L. Dendooven. 2008. Are extracts of neem (*Azadirachta indica* A. Juss. (L.)) and *Gliricidia sepium* (Jacquin) an alternative to control pests on maize (*Zea mays* L.). *Crop Protection*, 27, 763–774.
- Morales, H., I. Perfecto, and B. Ferguson. 2001. Traditional fertilization and its effect on corn insect populations in the Guatemalan highlands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 84: 145-155.
- Moran, J. H., T. Mon, T. L. Hendrickson, L. A. Mitchell, and D. F. Grant. 2001. Defining mechanisms of toxicity for linoleic acid monoepoxides and idols in Sf-21 Cells. *Chemical Research in Toxicology*, 14 (4): 431–437.
- Morrillo, F. y A. Notz. 2001. Resistencia de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a lambdacihalotrina y metomil. *Entomotropica*, 16(2): 79-87.
- Morón, M. A. y R. A. Terrón. 1988. *Entomología Práctica. Instituto de Ecología. México, D. F.*
- Murua, M. G. y G. Virla E. 2004. Presencia invernal de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el área maicera de la provincia de Tucumán. Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, la Plata*, 105 (2): 46-52.
- Musau, D. M., and W. H. Parry. 1988. Comparison of the potential of organophosphorous insecticides and soaps in conifer aphid control. *Crop Protection*, 7(4): 267-272.

- Nakatani, K. 1982. Recent studies on bioactive compounds from plants. *Journal of Natural Products*, 45(1): 15-26.
- Nakatani, M., J. C. James, and K. Nakanishi. 1981. Isolation and structures of trichilins, antifeedants against the southern armyworm. *Journal of the American Chemical Society*, 103(5): 1228–1230.
- Nakatani, M., M. Okamoto, and T. Hase. 1984a. Isolation and structures of three seco-limonoids, insect antifeedants from *Trichilia roka* (Meliaceae), *Heterocycles*, 22: 2335–2340.
- Nakatani, M., T. Iwashita, H. Naoki, and T. Hase. 1984b. Structure of a limonoid antifeedant from *Trichilia roka*. *Phytochemistry*, 24(1): 195-196.
- Nicholls, C. I. y M. A. Altieri. 2005. Designing and implementing a habitat management strategy to enhance biological pest control in agroecosystems. *Biodynamics*, 251: 26-36.
- Obando, S. S. R., A. Oyervides G., H. de León C., A. López B. y O. García M. 1999. Selección de genotipos de maíz con resistencia múltiple a achaparramiento, cogollero y barrenador. *Agraria*, 15(1): 21-38.
- Ocampo-Fletes, I., A. Gutiérrez A., I. Ballinas T. y F. Parra I. 2009. *Diagnóstico comunitario participativo y plan estratégico de Atempa, municipio de Piaxtla, Puebla*. 83-104 pp. En: Reyna, P. A., Martínez, R. R., Rojo, M. G. E. y Ramírez, V. B. (eds.), Diagnóstico social comunitario. Serie las Ciencias Sociales. Universidad Autónoma Indígena de México. Universidad Autónoma de Sinaloa. Colegio de Postgraduados. Campus Puebla.
- Oetting, R. D., and J. G. Lamiter. 1995. Effects of soaps, oils, and plant growth regulators (PGRs) on *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) and PGRs on *Orius insidiosus* (Say). *Journal of Agricultural Entomology*, 12(2-3): 101-109.
- Oka, I. N., and D. Pimentel. 1976. Herbicide (2,4-D) increases insect and pathogen pests on corn. *Science*, 193: 239-240.

- Olague, R. J., J. A. Montemayor T., S. R. Bravo S., M. Fortis H., R. A. Aldaco N. y E. Ruiz C. 2006. Características agronómicas y calidad del maíz forrajero con riego sub-superficial. *Técnica Pecuaria en México*, 44(3): 351-357.
- Organización de Naciones Unidas (ONU). 2001. Una amenaza para los niños de América Central y para el futuro de la región. [<http://www.prb.org/SpanishContent/Articles/2001/Pesticidas.aspx>, 29 de octubre de 2008], Washington, EEUU.
- Ortega, E. 1986. Peasant Agriculture in Latin America and the Caribbean. Joint ECLAC/FAO, Agriculture Division, Santiago, Chile. 143 p.
- Pacheco-Covarrubias, J. J. 1993. Monitoring insecticide resistance in *Spodoptera frugiperda* populations from the Yaqui Valley, Son., México. *Resistant Pest Management Newsletter*, 5(1): 3-4.
- Pennington, T. D. 1981. *A monograph of neotropical Meliaceae*. pp. 1-232. In: Pennington, T. D. (ed). *Flora Neotropica. A monograph of neotropical Meliaceae*. The New York Botanical Garden, N. Y. 470 p.
- Pérez M., A. 2002. La calidad de vida en los asentamientos rurales de Iberoamérica. *Revista Geográfica Venezolana*, 43(1): 11-38.
- Pereyda-Hernández, J., J. Hernández-Morales, J. S. Sandoval-Islas, S. Aranda-Ocampo, C. de León y N. Gómez-Montiel. 2009. Etiología y manejo de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis* Maubl.) del maíz en Guerrero, México. *Agrociencia*, 43(5): 511-519.
- Phelan, P. L., J. F. Mason, and B. R. Stinner. 1995. Soil-fertility management and host preference by European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hubner), on *Zea mays* L.: comparison of organic and conventional chemical farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 56(1): 1-8.
- Pilbeam, C. J., A. M. McNeill, H. C. Harris and R. S. Swift. 1997. Effect of fertilizer rate and form on the recovery of ¹⁵N-labelled fertilizer applied to wheat in Syria. *The Journal of Agricultural Science*, 128(4): 415-424.

- Piñango, L., E. Arnal y B. Rodríguez. 2001. Fluctuación poblacional de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo de maíz bajo tres sistemas de labranza. *Entomotropica*, 16(3): 173-179.
- Pretty, J. N. 1997. *Regenerating Agriculture: Policies and practices for sustainability and self-reliance*. Earthscan Pub. Ltd., London.
- Proshold, F. I. and Carpenter, J. E. 2000. Survival of *Archytas marmoratus* (Diptera: Tachinidae) in *Helicoverpa zea* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) at low temperatures and short days. *Journal of Entomological Science*, 35(1): 9-21.
- Puterka, G. J., Farone, W. Palmer, T. and Barrigton, A. 2003. Structure-function relationships affecting the insecticidal and miticidal activity of sugar esters. *Journal of Economic Entomology*, 96(3): 636-644.
- Raina, R., M. Joseph, and A. Sen. 2004. Electroantennogram responses of *Chrysoperla carnea* (Stephens) to volatiles. *Indian Journal of Experimental Biology*, 42(12): 1230-1234.
- Ramírez, J. O., Montemayor, T. J. A., Bravo, S. S. R., Fortis, H. M., Aldaco, N. R. A. y Ruiz C. E. 2006. Características agronómicas y calidad del maíz forrajero con riego sub-superficial. *Téc. Pecu. Méx.* 44(3): 351-357.
- Ramsewak, R. S., M. G. Nair, S. Murugesan, W. J. Mattson, and J. Zasada. 2001. Insecticidal fatty acids and triglycerides from *Dirca palustres*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(12): 5852-5856.
- Raudonis, L., L. Duchovskienė, A. Valiuškaitė, and E. Survilienė. 2010. Toxicity of biopesticides to green apple aphid, predatory insects and mite in an apple-tree orchard. *Zemdirbyste-Agriculture*, 97(1): 49–54.
- Ríos F., F. y P. Baca. 2002. Control de plaga y enfermedades. Programa de manejo integrado de plagas en América Central. CNEA. 10-12 pp.

- Ripa, S. R., F. Rodríguez A., P. Carral D. y F. Luck R. 2006. Evaluación de un detergente en base a Benceno sulfonato de sodio para el control de la mosquita blanca *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) (Hemiptera: Aleyrodidae) y de la arañita roja *Panonychus citri* (McGregor) (Acarina: Tetranychidae) en naranjos y mandarinos. *Agricultura Técnica* (Chile), 66(2): 115-123.
- Rodríguez H., C., A. Lagunes T., R. Domínguez R. y L. Bermúdez V. 1982. Búsqueda de plantas nativas del estado de México con propiedades tóxicas contra el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith, y mosquito casero, *Culex quinquefasciatus* Say. *Revista Chapingo*, VII (37-38): 35-39.
- Rodríguez H., C. y J. D. Vendramin. 1996. Toxicidad de extractos acuosos de Meliaceae en *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Manejo Integrado de Plagas*, 42: 14-22.
- Rodríguez H., C. y J. D. Vendramin. 1997. Avaliação da bioatividade de estratos aquosos de Meliaceae sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Revista de Agricultura*, 72(3): 305-318.
- Rodríguez H., C. y J. D. Vendramin. 1998. Uso de índices nutricionales para medir el efecto insectistático de extractos de meliáceas sobre *Spodoptera frugiperda*. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, 48: 11-18.
- Rodríguez H., C. 2000. *Inhibición de la alimentación en insectos plaga*. 75-97 pp. En: López-Olguín, J. F., A. Aragón y M. A. Valera (eds.), *Métodos de investigación de las Ciencias Ambientales*. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.
- Roel A., R. y J. D. Vendramim. 1999. Desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) em genótipos de milho tratados com extrato acetato de etila de *Trichilia pallida* (Swartz). *Scientia Agricola*, 56(3): 581-586.
- Roel A., R., J. D. Vendramim, T. S. Frighetto R. y N. Frighetto, 2000a. Atividade tóxica de extratos orgânicos de *Trichilia pallida* Swartz (Meliaceae) sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 29: 799-808.

- Roel A., R., J. D. Vendramim, T. S. Frighetto R. y N. Frighetto. 2000b. Efeito do extrato acetato de etila de *Trichilia pallida* Swartz (Meliaceae) no desenvolvimento e sobrevivência da lagarta-do-cartucho. *Bragantia*, 59(1): 53-58.
- Rojano, B. A., C. A. Gaviria, J. A. Saez, F. Yepes, F. Muñoz, and F. Ossa. 2007a. Berenjenol isolated from *Oxandra cf xylopioides* (Annonaceae) as insecticide. *Vitae*, 14(2): 95-100.
- Rojano B., A., S. A. Montoya M., F. Yépez R. y J. A. Saez V. 2007b. Evaluación de isoespintanol aislado de *Oxandra cf. xylopioides* (Annonaceae) sobre *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 60(1): 3691-3702.
- Rojas, J. C., A. A. Virgen and E. Malo. 2004. Seasonal and nocturnal flight activity of *Spodoptera frugiperda* males (Lepidoptera: Noctuidae) monitored by pheromone traps in the coast of Chiapas, Mexico. *Florida Entomologist*, 87(4): 496-503.
- Rosas-Alfaro, M. L. 2010. Actividad biológica de extractos de tres especies vegetales en larvas de *Spodoptera frugiperda* Smith. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.
- Rosta's, M., and T. C. J. Turlings. 2008. Induction of systemic acquired resistance in *Zea mays* also enhances the plant's attractiveness to parasitoids. *Biological Control*, 46(2): 178–186.
- Ruiz M., J. J. 2001. Inhibición del crecimiento y de la alimentación en *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) por extractos de *Lupinus* (Fabaceae). Tesis de Maestría en Ciencias. Especialidad de Entomología y Acarología, IFIT, CP. Montecillos, Texcoco, Edo. de México, México. 72 p.
- SAGARPA. 2007. [<http://www.sagarpa.gob.mx>, 20 de diciembre de 2007], México.
- Salas, J. 2001. Captura de *Spodoptera frugiperda* en trampas con feromona. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, 59: 48-51.

- Sanidad Vegetal. 2004. Crisopa. Junta local de Sanidad Vegetal Navojoa. Boletín técnico No. 7, Navojoa, Sonora. 1-4 pp.
- SAS INSTITUTE 2002. SAS System for Windows, release 9.0. SAS Institute, Cary, NC.
- Schuster, D. J., and P. A. Stansly. 2000. Response of two lacewing species to biorational and broad-spectrum insecticides. *Phytoparasitica*, 28(4): 297-304.
- Secretaria de Agricultura y Ganadería (SAG). 1998. Manejo integrado del gusano cogollero. Proyecto de Sanidad Vegetal-GTZ. Tegucigalpa, M. D. C. Honduras, 3 p.
- Secretaría de Desarrollo Rural (SDR). 2005. Municipio: Santa Clara de Ocoyucan. Diagnostico participativo. [<http://www.sdr.gob.mx/Contenido/informacion%20municipal/ddr5/diagnosticos/docoyucan.pdf>, 9 de julio de 2010], México.
- Senior, I. J., and P. K. McEwen. 2001. *The use of lacewings in biological control*. pp. 297-299. In: McEwen P., New T. R. y Whittington A. E. (eds.), *Lacewings in the Crop Environment*. Cambridge, University Press. UK.
- Severini, M. 1985. Contribution a l'estude de la multiplication de Bacoluvirus de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Memoria (de DES) Université Paris, Ser. D. 273, 140-142.
- Shenk, M. D., and J. L. Saunders. 1984. Vegetation management systems and insect responses in the humid tropics of Costa Rica. *Trop. Pest Manag.*, 30(2): 186-193.
- SIAP-Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON), 1996-2005.
- Silva F., M. A., J. C. Rodríguez M., O. Díaz G. y N. Bautista M. 2005. Efectividad biológica de un derivado de ácido graso para el control de *Macrosiphim rosae* L. (Homoptera: Aphididae) y *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Agrociencia*, 39(3): 319-325.
- Slansky, F., and J. G. Rodriguez. 1987. Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates. Wiley, New York.

- Solórzano G., R. 2000. Métodos no tóxicos para el control de plagas agrícolas. Foro regional de agricultura orgánica. Santo Domingo, República Dominicana. 1-26 pp.
- Specty, O., G. Febvay, S. Grenier, B. Delobel, C. Piotte, J. F. Pageaux, A. Ferran, and J. Guillaud. 2003. Nutritional plasticity of the predatory ladybeetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae): comparison between natural and substitution prey. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 52(2): 81–91.
- Stansly, P. A., and T. X. Liu. 1997. Selectivity of insecticides to *Encarsia pergandiella* (Hymenoptera: Aphelinidae), an endoparasitoid of *Bemisia argentifolii* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Bulletin of Entomological Research*, 87: 525-531.
- Sterk, G., S. A. Hassan, M. Baillod, F. Bakker, F. Bigler, S. Blümel, H. Bogenschütz, E. Boller, B. Bromand, J. Brun, J. N. M. Calis, J. Coremans-Pelseneer, C. Duso, A. Garrido, A. Grove, U. Heimbach, H. Hokkanen, J. Jacas, G. Lewis, L. Moreth, L. Polgar, L. Rovesti, L. Samsøe-Peterson, B. Sauphanor, L. Schaub, A. Stäubli, J. J. Tuset, A. Vainio, M. Van de Veire, G. Viggiani, E. Viñuela, and H. Vogt. 1999. Results of the seventh joint pesticide testing programmed carried out by the IOBC/WPRS-Working Group 'Pesticides and Beneficial Organisms'. *Biocontrol*, 44(1): 99-117.
- Tamez G., P., L. J. Galán W., H. Medrano, R., C. García G., C. Rodríguez P., R. A. González F. y R. S. Tamez G. 2001. Bioinsecticidas: su empleo, producción y comercialización en México. *Ciencia*, 4(2): 143-152.
- Téllez G., M. R. 1997. Búsqueda de plantas con propiedades prometedoras para el control del gusano cogollero del maíz en nueve municipios de la Sierra Norte de Puebla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Químicas. Instituto de Ciencias. Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas. Sección Entomología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 17-25 pp.
- Thaler, J. S. 1999. Jasmonate-inducible plant defenses because increased parasitism of herbivores. *Nature*, 399: 686–688.

- Torrecillas, S. M. and J. D. Vendramim. 2001. Extratos aquosos de ramos de *Trichilia pallida* e o desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* em genótipos de milho. *Scientia Agricola*, 58(1): 27-31.
- Torres, P., J. G. Avila, A. Romo de Vivar, A. M. García, J. C. Marin, E. Aranda, and C. L. Céspedes. 2003. Antioxidant and insect growth regulatory activities of stilbenes and extracts from *Yucca periculosa*. *Phytochemistry*, 64(2):463-473.
- Toto, B. L. D., C. O. Álvarez, S. Popich, A. Neske, and A. Bardón. 2010. Antifeedant and toxic effects of acetogenins from *Annona montana* on *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Pest Science*, 83(3): 307-310.
- Tremblay, É., A. Bélanger, M. Brosseau, and G. Boivin. 2008. Toxicity and sublethal effects of an insecticidal soap on *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae). *Pest Management Science*, 64(3): 249-254.
- Trujillo R., P. A., L. N. Zapata R., R. A. Hoyos S., F. C. Yepes R., J. Capataz T. y F. Orozco S. 2008. Determinación de la DL₅₀ TL₅₀ y de extractos etanólicos de suspensiones celulares de *Azadirachta indica* sobre *Spodoptera frugiperda*. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 61(2): 4564-4575.
- Trujillo V., R. J. y L. E. García B. 2001. Conocimiento indígena del efecto de plantas medicinales locales sobre las plagas agrícolas en los altos de Chiapas, México. *Agrociencia*, 35(6):685-692.
- Tsolakis, H., and S. Ragusa, 2008. Effects of a mixture of vegetable and essential oils and fatty acid potassium salts on *Tetranychus urticae* and *Phytoseiulus persimilis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 70(2): 276-282.
- Uchiyama, M., M. Takeda, T. Suzuki, and K. Yoshikawa. 1975. Mutagenicity of nitroso derivatives of N-methylcarbamate insecticides in microbiological method. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 14(4): 389-394.
- United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service (USDAFAS). 2005. World corn production, consumption and Stocks. [<http://www.corn.org/web/wcornprd.htm>, 30 de noviembre de 2006], Westchester, EEUU.

- Urrea-Bulla, A., M. Suárez, and B. Moreno-Murrillo. 2004. Biological activity of phenolic compounds from *Alchornea glandulosa*. *Fitoterapia*, 75(3-4): 392-394.
- Uscian, J. M., J. S. Miller, R. W. Howard, and D. W. Stanley-Samuelson. 1992. Arachidonic and eicosapentaenoic acids in tissue lipids of two species of predacious insects, *Cicindela circumpecta* and *Asilis* sp. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 103(4): 833-838.
- Vestergard, M., L. N. Bjornlund, and S. Christensen. 2004. Aphid effects on rhizosphere microorganisms and microfauna depend more on barley growth phase than on soil fertilization. *Oecología*, 141(1): 84-93.
- Villanueva J., J. A. 1988. Actividad biológica de extractos acuosos de frutos vegetales sobre larvas del primer ínstar del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), bajo condiciones de laboratorio. Tesis de Licenciatura. Parasitología Agrícola, UACH. Chapingo, México. 77 p.
- Villar M., C. 1988. Utilización de infusiones y extractos acuosos vegetales en el combate del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en San Luis Potosí. Tesis de Maestría en Ciencias. Departamento de Parasitología Agrícola, UACH. Chapingo, México. 104 p.
- Villar M., C., L. Ayala J., C. Rodríguez H. y A. Lagunes T. 1990. Utilización de infusiones y extractos acuosos vegetales en el combate del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en San Luis Potosi. *Revista Chapingo*, 15: 105-107.
- Villar M., C., A. Tiscareño M., A. Delgadillo, A. Abad, M. Martínez y I. Martínez. 2000. Soluciones acuosas de plantas arvenses en el control del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith. Memorias del VI Simposio Nacional sobre Substancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas. Rodríguez, H. C. (ed.). Acapulco, Guerrero., México. 67-73 pp.

- Viñuela, E. 1982. Influence of cold and carbon dioxide on the susceptibility of adults of *Ceratitis capitata* to malathion. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 32(3): 296-298.
- Viñuela, E., U. Händel y H. Vogt. 1996. Evaluación en campo de los efectos secundarios de dos plaguicidas de origen botánico, una piretrina natural y un extracto de neem, sobre *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). *Boletín Sanidad Vegetal de Plagas*, 22: 97-106.
- Viñuela, E., A. Adán, G. Smagghe, M. González, M. P. Medina, F. Budia, H. Vogt, and P. Del Estal. 2000. Laboratory effects of ingestion of azadirachtin, by two pests (*Ceratitis capitata* and *Spodoptera exigua*) and three natural enemies (*Chrysoperla carnea*, *Opius concolor* and *Podisus maculiventris*). *Biocontrol Science and Technology*, 10: 165-177.
- Viñuela, E., M. P. Medina, M. I. Schneider, M. González, F. Budia, A. Adán, and P. Del Estal. 2001: Comparison of side-effects of spinosad, tebufenozide and azadirachtin on the predators *Chrysoperla carnea* and *Podisus maculiventris* and the parasitoids *Opius concolor* and *Hyposoter didymator* under laboratory conditions. – *IOBC/wprs Bulletin*, 24(4): 25-34.
- Vogt, H. 2001. Effects of Quassia products on *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera, Chrysopidae). *Pesticides and Beneficial Organisms IOBC/wprs Bulletin*, 24 (4): 47-52.
- Vogt, H., and P. Ternes. 2006. Side effects of pesticides on *Aphelinus mali* and other antagonists of the woolly apple aphid. *Pesticides and Beneficial Organisms, IOBC/wprs Bulletin*.
- Vogt, H., M. González, A. Adán, G. Smagghe y E. Viñuela. 1998. Efectos secundarios de la azadiractina, vía contacto residual, en larvas jóvenes del depredador *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera, Chrysopidae). *Boletín Sanidad Vegetal de Plagas*, 24: 67-78.

- Vogt, H., F. Bigler, K. Brown, M. P. Candolfi, F. Kemmeter, Ch. Kühner, M. Moll, A. Travis, A. Ufer, E. M. Viñuela, and A. Walterdorfer. 2000. *Laboratory method to test effects of plant protection products on larvae of Chrysoperla carnea (Neuroptera: Chrysopidae)*. In: Gent. Candolfi, M. P. Candolfi., S. Blümel, R. Forster, F. Bakker, C. Grimm., S. A. Hassan, U. Heimbach, B. Mead-Briggs, R. Reber, R. Schmuck and H. Vogt (eds.), Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-target arthropods. IOBC/wprs. pp. 27-44.
- Waddill, van H., and Whitcomb, W. H. 1982. Release of *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Florida, USA. *Entomophaga* **27**, 159–162.
- Ware, W. G., and M. D. Mhitaker. 2004. *An introduction to insecticides (4th edition)*. In: G. Ware, W. and Whitaker, D. M. (eds.), The Pesticide Book. Ed. Thomson Publications, Fresno, California, USA. 41-74 pp.
- Williams, W. P., and F. M. Davis. 1989. Breeding for resistance in maize to south-western corn borer and fall armyworm, pp. 207-210. In: *Toward insect resistant maize for the third world: proceedings of the international symposium on methodologies for developing host plant resistance to maize insects*. CIMMYT, México, D. F.
- Williams, W. P., F. M. Davis, and G. L. Windham. 1990. Registration of Mp708 germplasm line of maize. *Crop Science*, 30: 757.
- Wiseman, B. R., J. E. Carpenter, and G. S. Wheeler. 1996a. Growth inhibition of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae reared on leaf diets of no-host plants. *Florida Entomologist*, 79(3): 302-311.
- Wiseman, B. R., F. M. Davis, W. P. Williams, and N. W. Widsthom. 1996b. Resistance of a maize population, FAWCC(C5) to fall armyworm larvae (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist*, 79(3): 329-336.

- Wood, K. A., B. H. Wilson, and J. B. Graves. 1981. Influence of host plant on the susceptibility of the fall armyworm to insecticides. *Journal of Economic Entomology*, 74(1): 96-98.
- Xie, Y. S., M. B. Isman, P. Gunning, S. MacKinnon, J. T. Arnason, D. R. Taylor, P. Sanchez, C. Hasbun, and G. H. N. Towers. 1994. Biological activity of extracts of *Trichilia* species and the limonoid hirtin against lepidopteran larvae. *Biochemical Systematics and Ecology*, 22(2): 129-136.
- Young, J. R. and W. W. McMillian. 1979. Differential feeding by two strains of fall armyworm larvae on carbaryl treated surfaces. *Journal of Economic Entomology*, 72(2): 202-203.
- Yu, S. J. 1991. Induction of microsomal oxidases by host plant in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 17(1): 59-67.
- Yu, S. J. 1992. Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*, 85(3): 675-682.

APENDICE



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA DE POSTGRADO

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CUESTIONARIO DEL MANEJO DEL CULTIVO DE MAÍZ Y LA INCIDENCIA DEL GUSANO COGOLLERO SPODOPTERA FRUGIPERDA EN OCOYUCAN, PUEBLA

OBJETIVO:

DETERMINAR EL MANEJO TECNOLÓGICO EL MAÍZ CON ENFASIS EN EL
CONTROL DE *Spodoptera frugiperda* CON PRODUCTOS NATURALES

Responsable de la investigación: Rodolfo Figueroa Brito

Se crea el **compromiso de confidencialidad**, donde toda la información recabada, analizada y publicada llevara los créditos correspondientes de las Instituciones, personal técnico y productores cooperantes

I. DATOS GENERALES

ENTIDAD FEDERATIVA: _____ DDR: _____ CADER: _____

MUNICIPIO: _____ LOCALIDAD: _____

COORDENADA X: _____ COORDENADA Y: _____

ALTITUD: _____

DIRECCIÓN DE LA VIVIENDA: _____
CALLE, AVENIDAD, CALLEJON, CARRETERA, CAMINO

_____ NUMERO EXTERIOR _____ NUMERO INTERIOR _____ BARRIO, COLONIA FRACCIONAMIENTO

| |
|-------------------------|
| NOMBRE ENTREVISTADOR |
| NOMBRE DEL ENTREVISTADO |
| FECHA |

HORA DE INICIO HORA DE TERMINADO

II. ESTRUCTURA AGRARIA

Mencione el o los tipo(s) de tenencia de la(s) parcela(s) que tiene. También mencione la superficie de cada parcela, si son de temporal o de riego y el o los cultivo(s) que sembró el año pasado

| | TIPO DE TENENCIA ACTUAL | TIPO DE TENENCIA ANTERIOR | SUPERFICIE (HECTAREAS) | RIEGO O TEMPORAL | CULTIVO SEMBRADO |
|---|-------------------------|---------------------------|------------------------|------------------|------------------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |

| | |
|-------------------|----|
| Ejidal | 01 |
| Comunal | 02 |
| Propia | 03 |
| Rentada | 04 |
| Prestada | 05 |
| A medias o tercio | 06 |
| Riego | 01 |
| Temporal | 02 |

¿Ha comprado alguna(s) parcela(s)? SI NO Año: _____ No. de Ha

¿Ha vendido alguna(s) parcela(s)? SI NO Año: _____ No. de Ha

¿Ha comprado alguna(s) parcela(s)? SI NO Año: _____ No. de Ha

¿Ha vendido alguna(s) parcela(s)? SI NO Año: _____ No. de Ha

II. MANEJO DE CULTIVO*

*Esta información corresponde a la parcela de maíz exclusivamente. Si tiene varias parcelas sembradas con maíz, seleccionar la de mayor área.

| 3.1 PENDIENTE DEL SUELO | 3.2 PREPARACIÓN DEL TERRENO | | | | |
|---|--|---|--|--|--|
| ¿La pendiente o inclinación que tiene el suelo donde siembra es? | Mencione si barbecha, rastrea y/o surca su terreno, en qué mes del año realiza estas actividades, qué herramienta utiliza para ello y de dónde obtiene dicha herramienta | | | | |
| Mucha <input type="radio"/> 50% o más Poca <input type="radio"/> 10-49% Sin pendiente o plano <input type="radio"/> | ACTIVIDAD | MES | YUNTA/ TRACTOR | ANIMAL | TENENCIA |
| | Llenar el cuadro únicamente en las actividades que el productor realiza. | Anote las tres primeras letras del mes. | <input type="text"/> Yunta 01 <input type="text"/> Tractor 02 | Sólo si la respuesta es yunta, anote el tipo de animal (buey, vaca, mula o burro) usado. | <input type="text"/> Propia 01 <input type="text"/> Rentada 02 <input type="text"/> Comunal 03 |
| | Barbecho 1 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | | <input type="text"/> |
| | Barbecho 2 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | | <input type="text"/> |
| | Rastreo 1 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | | <input type="text"/> |
| | Rastreo 2 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | | <input type="text"/> |
| | Rastreo 3 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | | <input type="text"/> |
| | Surcado | <input type="text"/> | <input type="text"/> | | <input type="text"/> |
| 3.3 SIEMBRA | | | | | |
| ¿En qué mes sembró? | | | ¿Cuántas semillas siembra en cada mata? | | |
| <input type="text"/> | | | <input type="text"/> | | |
| ¿Hace cinco años en que mes sembraba? | | | ¿Cuántos centímetros deja entre cada mata? | | |
| <input type="text"/> | | | <input type="text"/> | | |

| NOMBRE DE LA VARIEDAD CRIOLLA | COLOR | CICLO DE LA PLANTA (meses) | ALTURA | % DE ÁREA QUE CUBRE | |
|-------------------------------|-------|----------------------------|--------|---------------------|-------------|
| | | | | | Blanco 01 |
| 1 | □□□ | | | | Azul 02 |
| 2 | □□□ | | | | Morado 03 |
| 3 | □□□ | | | | Amarillo 04 |
| 4 | □□□ | | | | Rojo 05 |
| 5 | □□□ | | | | Mixto 06 |

¿Qué parte de la mazorca usa para obtener la semilla que siembra? ¿Qué método utiliza para sembrar el maíz?

Manual

¿Cómo se llama el híbrido de la variedad mejorada que sembró?

Sembradora acoplada al tractor

Sembradora acoplada a la yunta

3.4 LABORES DE CULTIVO

| LABORES DE CULTIVO | DÍAS A* | YUNTA / TRACTOR | ANIMAL** |
|--------------------|---------|-----------------|----------|
| Primera labor | □□□□ | □□□ | |
| Segunda labor | □□□□ | □□□ | |
| Tercera labor | □□□□ | □□□ | |

* En el primer renglón anote el número de días que pasan de la siembra a la 1ª labor, en el segundo renglón los días de la 1ª labor a la 2ª, etc.

Yunta 01

Tractor 02

** Anote el tipo de animal sólo si se usó yunta

3.5 FERTILIZACIÓN

¿Qué tipo de fertilizante utiliza?

¿A qué dosis lo(s) aplica?

3.6 REGIMEN DE HUMEDAD

¿Con que tipo de agua proporciona humedad al cultivo?

Temporal

Riego

¿Cuántos realiza por todo el ciclo agrícola? _____

3.7 PLAGAS

| Anote el nombre de la plaga. | Anote el porcentaje de la parcela que es atacada por la plaga. | Anote la parte de la planta que es dañada por la plaga. | Anote los meses en que causa mayor daño la plaga. | Pregunte al productor si combate o no la plaga. | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Producto químico 01</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Producto botánico 02</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Producto biológico 03</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Práctica agrícola 04</div> |
|------------------------------|--|---|---|---|---|
| PLAGA | % DE LA PARCELA ATACADA | PARTE DE LA PLANTA DAÑADA | PERIODO DE MAYOR DAÑO | COMBATE | MÉTODO DE COMBATE |
| 1 | _ _ _ % | | | SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> | _ _ |
| 2 | _ _ _ % | | | SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> | _ _ |
| 3 | _ _ _ % | | | SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> | _ _ |
| 4 | _ _ _ % | | | SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> | _ _ |
| 5 | _ _ _ % | | | SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> | _ _ |
| 6 | _ _ _ % | | | SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> | _ _ |

| | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|-----------------------|----|------------|----|---|
| Anote en orden de importancia el nombre de la plaga. | Anote los nombres de los insecticidas usados. | Anote el número de litros aplicados por cada hectárea | Anote las tres primeras letras del mes. | <table border="1"> <tr><td>Manual</td><td>01</td></tr> <tr><td>Maquinaria</td><td>02</td></tr> </table> | Manual | 01 | Maquinaria | 02 | Anote el número de años que ha sido usado el insecticida. |
| Manual | 01 | | | | | | | | |
| Maquinaria | 02 | | | | | | | | |
| PLAGA | PRODUCTO QUÍMICO | LITROS APLICADOS/HA | FECHA DE APLICACIÓN | MODO DE APLICACIÓN | PERIODO (AÑOS) | | | | |
| INSECTICIDAS | | | | | | | | | |
| 1 | | □ □ □ □ | □ □ □ □ | □ □ □ | □ □ □ | | | | |
| 2 | | □ □ □ □ | □ □ □ □ | □ □ □ | □ □ □ | | | | |
| 3 | | □ □ □ □ | □ □ □ □ | □ □ □ | □ □ □ | | | | |
| 4 | | □ □ □ □ | □ □ □ □ | □ □ □ | □ □ □ | | | | |
| 5 | | □ □ □ □ | □ □ □ □ | □ □ □ | □ □ □ | | | | |

3.7.1. PRODUCTOS BOTÁNICOS

| | | | | |
|---|----------------------------|------------------------------------|-----------------------|---|
| ¿Conoce los productos botánicos? | | | | |
| SI <input type="radio"/> | | NO <input type="radio"/> | | |
| <table border="1"> <tr> <td>Si los conoce, preguntar al productor contra que los ha usado</td> </tr> </table> | | | | Si los conoce, preguntar al productor contra que los ha usado |
| Si los conoce, preguntar al productor contra que los ha usado | | | | |
| NOMBRE DE LA PLAGA | NOMBRE DEL PRODUCTO | DOSIS APLICADA Kg/Ha ó L/Ha | EN QUE CULTIVO | |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |

3.7.2 GUSANO COGOLLERO DEL MÍAZ (*Spodoptera frugiperda*)

| | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|---------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------|
| LO CONOCE | ES PLAGA | | EN QUE CULTIVO(S) | % DE DAÑO EN LA PARCELA | DAÑO A LA PLANTA | |
| | Primaria 01 | Secundaria 02 | | | | |
| SI <input type="radio"/> | NO <input type="radio"/> | □ □ □ | | | Follaje | Fruto |

| QUE MAÍZ PREFERE | | | CONTROL | NOMBRE DEL PRODUCTO | DOSIS APLICADA Kg/Ha ó L/Ha |
|------------------|----------|---------|---------|---------------------|--------------------------------|
| Criollo | Variedad | Hibrido | | | |

3.7.3 INSECTOS BENÉFICOS

| Los conoce | Los ha usado | Contra que plagas | En que cultivos | Dosis aplicada |
|---|---|-------------------|-----------------|----------------|
| SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> | SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| Anote el nombre del insecto benéfico | Anote el porcentaje de la plaga que es controlada por el insecto benéfico | Anote el estado biológico de la plaga que es controlada por el insecto benéfico. | Anote los meses en que causa el mayor control de la plaga. | Pregunte al productor si combate o no la plaga. | <input type="checkbox"/> Básico 01 <input type="checkbox"/> Hortaliza 02 <input type="checkbox"/> Frutal 03 <input type="checkbox"/> Otro 04 |
|--------------------------------------|---|--|--|---|---|
| ENEMIGO NATURAL | % DE LA PARCELA ATACADA | PARTE DE LA PLANTA DAÑADA | PERIODO DE MAYOR DAÑO | COMBATE | TIPO DE CULTIVO |
| 1 | % | | | SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> | |
| 2 | % | | | SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> | |
| 3 | % | | | SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> | |

3.8 ENFERMEDADES

| Anote el nombre de la enfermedad. | Anote el porcentaje de la parcela que es atacada por la enfermedad. | Anote la parte de la planta que es dañada por la enfermedad. | Anote los meses en que causa mayor daño la enfermedad. | Pregunte al productor si combate o no la enfermedad. | <input type="checkbox"/> Producto químico 01 <input type="checkbox"/> Producto botánico 02 <input type="checkbox"/> Producto biológico 03 <input type="checkbox"/> Práctica agrícola 04 |
|-----------------------------------|---|--|--|--|--|
| ENFERMEDAD | % DE LA PARCELA ATACADA | PARTE DE LA PLANTA DAÑADA | PERIODO DE MAYOR DAÑO | COMBATE | MÉTODO DE COMBATE |
| 1 | % | | | SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> | |
| 2 | % | | | SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> | |
| 3 | % | | | SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|----------------------------|---|
| Anote en orden de importancia el nombre de la enfermedad. | Anote los nombres de los fungicidas usados. | Anote el número de litros aplicados por cada hectárea | Anote las tres primeras letras del mes. | Manual 01 Maquinaria 02 | Anote el número de años que ha sido usado el fungicida. |
| ENFERMEDAD | PRODUCTO QUÍMICO | LITROS APLICADOS/HA | FECHA DE APLICACIÓN | MODO DE APLICACIÓN | PERIODO (AÑOS) |
| FUNGICIDA | | | | | |
| 1 | | □□□□ | □□□□ | □□ | □□ |
| 2 | | □□□□ | □□□□ | □□ | □□ |
| 3 | | □□□□ | □□□□ | □□ | □□ |

| 3.9 MALEZAS | | | | | |
|-------------------------------|---|--|--|--|--|
| Anote el nombre de la maleza. | Anote el porcentaje de la parcela que es atacada por la maleza. | Anote la parte de la planta que se ve afectada por la maleza | Anote los meses en que causa mayor daño la enfermedad. | Pregunte al productor si combate o no la maleza. | Producto químico 01 Producto botánico 02 Producto biológico 03 Práctica agrícola 04 |
| MALEZA | % DE LA PARCELA ATACADA | PARTE DE LA PLANTA DAÑADA | PERIODO DE MAYOR DAÑO | COMBATE | MÉTODO DE COMBATE |
| 1 | □□□□% | | | SI ○ NO ○ | □□ |
| 2 | □□□□% | | | SI ○ NO ○ | □□ |
| 3 | □□□□% | | | SI ○ NO ○ | □□ |

| | | | | | |
|---|---|---|---|----------------------------|---|
| Anote en orden de importancia el nombre de la maleza. | Anote los nombres de los herbicidas usados. | Anote el número de litros aplicados por cada hectárea | Anote las tres primeras letras del mes. | Manual 01 Maquinaria 02 | Anote el número de años que ha sido usado el herbicida. |
| MALEZA | PRODUCTO QUÍMICO | LITROS APLICADOS/HA | FECHA DE APLICACIÓN | MODO DE APLICACIÓN | PERIODO (AÑOS) |
| HERBICIDA | | | | | |
| 1 | | □□□□ | □□□□ | □□ | □□ |

3.10 COSECHA

¿En qué mes cosecha su maíz?

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
|--|--|--|--|

¿Cuántas toneladas o pacas de forraje obtiene por hectárea?

| | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|---|--|--|--|--|
| <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25px; height: 20px;"> </td> </tr> </table> ton | | | | | <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25px; height: 20px;"> </td> </tr> </table> pacas | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

¿De qué manera cosecha su maíz?

Manual Mecánica

Si el productor da la respuesta en pacas, preguntar

¿Cuántos kilogramos pesa cada paca de forraje?

¿Ocupa la planta del maíz para forraje?

SI NO

¿En qué mes lleva a cabo el corte de la planta del maíz?

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
|--|--|--|--|

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
|--|--|--|--|

 Kg

| IV. RENDIMIENTO | | | | V. SINIESTROS |
|---|-----------|---|-------------------------------|--|
| * Esta información corresponde a la parcela de maíz de mayor área exclusivamente. | | | | ¿Cuál o cuáles de los siguientes siniestros afectó su cosecha el año pasado? |
| ¿Qué volumen de producción obtiene por cultivo sembrado en la misma parcela? | | | | |
| El dato de hectáreas se obtiene de la estructura agraria. | | Si el dato lo dan en costales u otra medida de peso, preguntar por su equivalencia en Kg. | | |
| CULTIVO | HECTÁREAS | VOLUMEN DE PRODUCCIÓN (Kg) | RENDIMIENTO CALCULADO (Kg/Ha) | |
| Maíz | | | | Lluvias <input type="radio"/> |
| Frijol | | | | Sequías <input type="radio"/> |
| Haba | | | | Granizadas <input type="radio"/> |
| Calabaza | | | | Heladas <input type="radio"/> |
| Otro _____ | | | | Plagas <input type="radio"/> |
| Especificar | | | | Enfermedades <input type="radio"/> |
| | | | | Otro _____ |
| | | | | Especificar |

VI. POSTCOSECHA

6.1 ALMACENAMIENTO DE LA COSECHA

Mencione el lugar en el que almacena su cosecha. En caso de que aplique algún producto químico para la conservación de su cosecha, mencione también el nombre de éste, la dosis en que lo aplica y la fecha de aplicación.

| | | | | | |
|--|---|---|---|---|----------------|
| Anote el lugar en el que el productor guarda su cosecha. | Si el productor responde NO pasar al punto 6.2 | Anote el nombre del producto utilizado para conservar la cosecha. | Anote el número de kg o pastillas aplicadas por tonelada. | Anote las tres primeras letras del mes. | |
| CULTIVO | LUGAR DE ALMACENAMIENTO | CONSERVACIÓN DE LA COSECHA | | | |
| | | SI | NO | PRODUCTO | DOSIS (Lt/Ton) |
| Maíz | | ○ ○ | | | |
| Frijol | | ○ ○ | | | |
| Haba | | ○ ○ | | | |
| Calabaza | | ○ ○ | | | |
| Otro _____ Especificar | | ○ ○ | | | |

6.2 DESTINO DE LA COSECHA

Mencione para qué utiliza la cosecha que obtiene. En caso de que la venda anote el lugar de procedencia del comprador.

| | | | | |
|--|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------------------|
| Anote el número de kilogramos que destina para el autoconsumo, el animal y la venta. | Comunidad | 01 | País | 04 |
| | Región | 02 | No sabe | 05 |
| | Estado | 03 | | |
| | | | | |
| CULTIVO | AUTOCONSUMO HUMANO (Kg) | AUTOCONSUMO ANIMAL (Kg) | VENTA (Kg) | PROCEDENCIA DEL COMPRADOR |
| Maíz | | | | |
| Frijol | | | | |
| Haba | | | | |
| Calabaza | | | | |

| | | | | |
|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Forraje | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Otro _____ Especificar | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

VII. EMPLEO DE TÉCNICAS CAMPESINAS

| 7.1 POLICULTIVOS | 7.2 ROTACIÓN DE CULTIVOS | 7.3 CONSERVACIÓN DE SUELOS |
|--|---|---|
| ¿En su parcela su cultivo de maíz lo siembra asociado con: | ¿Siembra en su parcela el mismo cultivo cada ciclo agrícola? | ¿Cuál(es) de las siguientes práctica(s) realiza para evitar la erosión del suelo? |
| Frijol <input type="radio"/> | SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> | Bordos <input type="radio"/> |
| Haba <input type="radio"/> | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> NOTA: Si contesta SI, pasar al punto 7.3 </div> | Zanjas <input type="radio"/> |
| Calabaza <input type="radio"/> | | ¿En el año 2008 qué cultivo sembró? |
| Frutales <input type="radio"/> | _____ | Terrazas de piedra <input type="radio"/> |
| Nopales y tunas <input type="radio"/> | ¿Siembra dos o más cultivos en su misma parcela alternando en franjas? | Curvas a nivel <input type="radio"/> |
| Ninguno <input type="radio"/> | SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> | Otro <input type="radio"/> |
| Otro <input type="radio"/> | _____ | _____ |
| _____ Especificar | ¿Cuáles? _____ | _____ Especificar |

XIII. CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD PRODUCTIVA AGRÍCOLA

| 8.1 ACCESO A LA FUERZA DE TRABAJO | 8.4 ACCESO AL CRÉDITO |
|---|--|
| ¿En su(s) parcela(s) cuantas personas participan en el: | ¿Para llevar a cabo el cultivo del maíz obtuvo algún crédito? |
| | SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> |
| | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> NOTA: Si contesta NO, pasar al punto 8.5. </div> |
| Cantidad | ¿Qué cantidad de dinero le prestan? \$ <input type="text"/> |
| Costo/Día | ¿Qué institución o persona le otorgó el préstamo? _____ |
| Siembra <input type="text"/> | |
| Primera labor <input type="text"/> | |
| Segunda labor <input type="text"/> | |
| Tercera labor <input type="text"/> | |
| Riego <input type="text"/> | |
| Aplicación herbicidas <input type="text"/> | |
| Fertilización <input type="text"/> | |

| | |
|---|--|
| | 8.5 ACCESO A LA ASISTENCIA TÉCNICA |
| 8.2 COMPRA DE INSUMOS AGRÍCOLAS | ¿Recibe asistencia técnica para sus cultivos? |
| Los productos químicos o herramientas que emplea para cultivar el maíz los compra en: _____ _____ | SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-left: 20px;"> NOTA: Si contesta NO, pasar al punto 8.6. </div> |
| 8.3 PROBLEMAS DEL PRODUCTOR | ¿Qué tipo de asistencia recibió? |
| Cómo productor agrícola ¿Cuales son los cinco principales problemas que tiene? _____ _____ _____ _____ _____ | Agrícola <input type="radio"/> Pecuaria <input type="radio"/> Otra <input type="radio"/> ¿En qué actividades del ciclo(s) del maíz recibió la asistencia? _____ ¿De qué forma recibió la asesoría técnica? Personal <input type="radio"/> Parcela demostrativa <input type="radio"/> Cursos de capacitación <input type="radio"/> Otros _____ _____ ¿ Recibe asistencia técnica para el control de plagas, enfermedades y malezas? SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> De que tipo? _____ ¿Acostumbra escuchar programas radiofónicos con información agropecuaria? SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> ¿Cuáles? _____ ¿Acostumbra leer revistas, folletos o periódicos con información agropecuaria? SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> ¿Cuáles? _____ |

8.6 ACTIVIDADES DE TRASPATIO

| | | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|--|
| ¿Su vivienda cuenta con solar o patio? SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> individuos | ¿Qué tipo y cantidad de plantas siembra en su solar? TIPO Nombre de la planta Plantas/m ² ó | | | | | |
| | De ornato <input type="radio"/> _____ _____ | | | | | |
| ¿Cuánto mide el solar de la vivienda? <table border="1" style="display: inline-table; width: 100px; height: 20px; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table> | | | | | | Medicinales <input type="radio"/> _____ _____ |
| | | | | | | |
| En su solar siembra cultivos básicos (maíz, frijol, haba, etc.)? SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> | Hortalizas <input type="radio"/> _____ _____ | | | | | |
| ¿Cuál es la superficie que ocupa para ello? <table border="1" style="display: inline-table; width: 100px; height: 20px; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table> | | | | | | Frutales <input type="radio"/> _____ _____ |
| | | | | | | |
| ¿En su solar siembra plantas? SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> | Otras <input type="radio"/> _____ _____ | | | | | |

8.7 GANADO MAYOR Y MENOR

8.8 RELACIÓN HOMBRE-NATURALEZA

| ¿Usted posee algunos de los siguientes tipos de ganado? | ¿En qué lugar mantiene normalmente a su ganado y con qué lo alimenta? | ¿Qué productos no cultivados obtiene o aprovecha Usted del campo? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|-----------|--------------|-------|-----------------------|--|--|--|--|--|-----------------------|-----------------------|----------|--|--|--|--|--|-----------------------|-----------------------|--------------------------|--|--|--|--|--|-----------------------|-----------------------|--------|--|--|--|--|--|-----------------------|-----------------------|---------------------------|--|--|--|--|--|-----------------------|-----------------------|----------|--|--|--|--|--|-----------------------|-----------------------|----------|--|--|--|--|--|-----------------------|-----------------------|--|--------------|------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Cantidad</th> <th style="width: 15%;">Traspatio</th> <th style="width: 30%;">Alimentación</th> <th style="width: 15%;">Campo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ganado vacuno</td> <td style="text-align: center;"><table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td></tr></table></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Caballos</td> <td style="text-align: center;"><table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td></tr></table></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Machos, mulas y semillas</td> <td style="text-align: center;"><table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td></tr></table></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Burros</td> <td style="text-align: center;"><table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td></tr></table></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Chivos, cabras y borregos</td> <td style="text-align: center;"><table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td></tr></table></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Marranos</td> <td style="text-align: center;"><table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td></tr></table></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Gallinas</td> <td style="text-align: center;"><table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td></tr></table></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> </tbody> </table> | Cantidad | Traspatio | Alimentación | Campo | Ganado vacuno | <table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td></tr></table> | | | | | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Caballos | <table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td></tr></table> | | | | | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Machos, mulas y semillas | <table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td></tr></table> | | | | | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Burros | <table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td></tr></table> | | | | | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Chivos, cabras y borregos | <table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td></tr></table> | | | | | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Marranos | <table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td></tr></table> | | | | | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Gallinas | <table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td></tr></table> | | | | | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Combustibles</th> <th style="width: 50%;">Materiales</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Quelites <input type="radio"/></td> <td>Carbón <input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Hongos <input type="radio"/></td> <td>Tierra de monte</td> </tr> <tr> <td>Frutas <input type="radio"/></td> <td>Grava <input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Plantas medicinales <input type="radio"/></td> <td>Arena <input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Pasto/forraje <input type="radio"/></td> <td>Piedra <input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Pulque <input type="radio"/></td> <td>Leña <input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Animales <input type="radio"/></td> <td>Horcones <input type="radio"/></td> </tr> </tbody> </table> | Combustibles | Materiales | Quelites <input type="radio"/> | Carbón <input type="radio"/> | Hongos <input type="radio"/> | Tierra de monte | Frutas <input type="radio"/> | Grava <input type="radio"/> | Plantas medicinales <input type="radio"/> | Arena <input type="radio"/> | Pasto/forraje <input type="radio"/> | Piedra <input type="radio"/> | Pulque <input type="radio"/> | Leña <input type="radio"/> | Animales <input type="radio"/> | Horcones <input type="radio"/> |
| Cantidad | Traspatio | Alimentación | Campo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ganado vacuno | <table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td></tr></table> | | | | | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Caballos | <table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td></tr></table> | | | | | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Machos, mulas y semillas | <table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td></tr></table> | | | | | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Burros | <table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td></tr></table> | | | | | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chivos, cabras y borregos | <table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td></tr></table> | | | | | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Marranos | <table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td></tr></table> | | | | | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gallinas | <table border="1" style="width: 40px; height: 20px;"><tr><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td><td style="width: 10px; height: 20px;"></td></tr></table> | | | | | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Combustibles | Materiales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quelites <input type="radio"/> | Carbón <input type="radio"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hongos <input type="radio"/> | Tierra de monte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Frutas <input type="radio"/> | Grava <input type="radio"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Plantas medicinales <input type="radio"/> | Arena <input type="radio"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pasto/forraje <input type="radio"/> | Piedra <input type="radio"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pulque <input type="radio"/> | Leña <input type="radio"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Animales <input type="radio"/> | Horcones <input type="radio"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| <p>Guajolotes <input type="checkbox"/> _____</p> <p>Otros animales (Especifique) _____ <input type="checkbox"/> _____ <input type="checkbox"/></p> <p>_____ <input type="checkbox"/> _____ <input type="checkbox"/></p> | <p>Insectos <input type="checkbox"/></p> <p>Otros productos _____</p> <p>_____ (Especificar)</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| 8.9 FESTIVIDADES RELIGIOSAS EN TORNO AL MAÍZ | 8.10 LENGUA MATERNA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>¿Acostumbra a realizar alguna festividad religiosa en torno al maíz (bendición de la semilla por ej.)?</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <th style="width: 33%; text-align: center;">FESTIVIDAD</th> <th style="width: 33%; text-align: center;">FECHA</th> <th style="width: 33%; text-align: center;">LUGAR</th> </tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> </table> | FESTIVIDAD | FECHA | LUGAR | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | <p>¿Además del español habla Usted otra lengua?</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p> <p>Mencione cuál _____</p> <p>¿Además del español sus padres o abuelos hablan(ban) otra lengua?</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p> <p>Mencione cuál _____</p> |
| FESTIVIDAD | FECHA | LUGAR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| _____ | _____ | _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| _____ | _____ | _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| _____ | _____ | _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| _____ | _____ | _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| _____ | _____ | _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| _____ | _____ | _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| _____ | _____ | _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| IX. ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN COMUNITARIA | | | | | | | | | | |
|--|--|----------|-----|-----|----------|--|-----|----------|--|-----|
| <p>¿En qué comisión, comité u organización se encuentra participando actualmente en su comunidad?</p> <p>1° _____</p> <p>2° _____</p> <p>3° _____</p> <p>¿Actualmente cuáles son los principales problemas que se están gestionando en su comunidad?</p> <p>1° _____</p> | <p>¿En qué comisión, comité u organización ha participado en los últimos cinco años en su comunidad?</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">1° _____</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">Año</td> <td style="width: 10%; text-align: center;"> _ _ </td> </tr> <tr> <td>2° _____</td> <td></td> <td style="text-align: center;"> _ _ </td> </tr> <tr> <td>3° _____</td> <td></td> <td style="text-align: center;"> _ _ </td> </tr> </table> <p>¿Mencione los problemas más importantes que la comunidad ha gestionado ante autoridades Federales, del Estado o Municipal?</p> <p>1° _____</p> | 1° _____ | Año | _ _ | 2° _____ | | _ _ | 3° _____ | | _ _ |
| 1° _____ | Año | _ _ | | | | | | | | |
| 2° _____ | | _ _ | | | | | | | | |
| 3° _____ | | _ _ | | | | | | | | |

X. ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN CAMPESINA

¿Actualmente se encuentra participando en alguna organización campesina?

SI

NO

Si contesta que NO,
pasar a las preguntas de
la columna de enfrente

¿Cómo se llama? _____

¿Con que objetivos se organizaron? _____

¿Cuáles son los logros que han obtenido a través de su organización?

¿Quién toma normalmente los acuerdos de la organización?

Asamblea

Comité o comisión

Otros _____

¿Actualmente, cuáles son los problemas que se encuentra atendiendo la organización? _____

¿Anteriormente participó en alguna organización campesina?

SI

NO

Año

| | | |
|--|--|--|
| | | |
|--|--|--|

Si contesta que NO,
la encuesta concluye

¿Cómo se llamaban? _____

¿Con que objetivos se organizaron? _____

¿Cuáles fueron los logros que obtuvieron a través de su organización?

¿Quién toma normalmente los acuerdos de la organización?

Asamblea

Comité o comisión

Otros _____

**HA CONCLUIDO LA ENCUESTA, POR FAVOR
AGRADEZCA LA PARTICIPACIÓN AL
PRODUCTOR O PRODUCTORA.**

