



UAGro

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local

MANEJO AGRONÓMICO DE *Zea mays* L. Y CONTROL DE *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith CON EXTRACTOS BOTÁNICOS

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL**

P R E S E N T A

ITZEL SÁNCHEZ ALONSO

COMITÉ TUTORAL

DIRECTOR: DR. SAÚL ROJAS HERNÁNDEZ

CO-DIRECTOR: DR. JAIME OLIVARES PÉREZ

ASESORES: DR. AGUSTÍN OLMEDO JUÁREZ

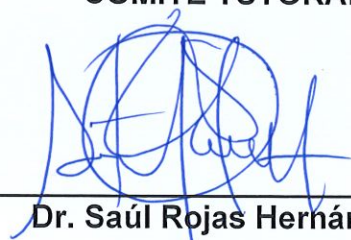
DR. ABRAHAM MONTEON OJEDA

DR. HÉCTOR RAMÓN SEGURA PACHECO

Iguala de la Independencia, Guerrero, México, abril 2023

La presente tesis titulada **“MANEJO AGRONÓMICO DE *Zea mays* L. Y CONTROL DE *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith CON EXTRACTOS BOTÁNICOS”**, realizada por la alumna **ITZEL SÁNCHEZ ALONSO**, ha sido leída y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local.

COMITÉ TUTORAL



Dr. Saúl Rojas Hernández
Director de tesis



Dr. Jaime Olivares Pérez
Codirector de tesis



Dr. Agustín Olmedo Juárez
Asesor



Dr. Abraham Monteon Ojeda
Asesor



Dr. Héctor Ramon Segura Pacheco
Asesor

DEDICATORIA

A mi madre

Con mucho amor para ti, Azucena Alonso Andrés, por tu apoyo incondicional, valores inculcados, consejos, comprensión y amor, por siempre creer en mí e impulsarme con tu ejemplo de fortaleza a salir adelante, gracias a ti, hoy soy la mujer que soy, gracias por estar al pendiente de mi durante toda esta etapa, este logro es tuyo

A mis hermanos

Lizbeth y Jesús, que son parte fundamental en mi vida, por su apoyo en todo momento y ejemplo de superación

Al Dr. Gustavo Adolfo Ballesteros Patrón (†)

Es un honor dedicar esta tesis al Dr. Ballesteros, a quien tuve el privilegio de conocer y tratar académicamente, por su invaluable aliento para seguir superándome, consejos, interés y motivación para realizar estudios de posgrado. Infinitas gracias por sus enseñanzas en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Es un placer dar las gracias a todas las personas involucradas en este proyecto, sepan que este trabajo no habría sido posible sin la atención, generosidad, conocimientos y consejos de cada uno de ustedes

Primeramente, agradezco a **Dios**, por haberme permitido concluir esta etapa en mi vida, por darme fortaleza y sabiduría para superar cada obstáculo durante mi formación

A mi director de tesis, **Dr. Saúl Rojas Hernández**, por sus conocimientos, acompañamiento, tiempo y sobre todo por sus valiosos consejos durante este proyecto de vida. Usted ha sido un ejemplo para conseguir este logro tan anhelado, gracias por hacerme ver mi potencial y creer en mí. Cada una de sus palabras y consejos los llevaré presentes en mi futuro profesional. El fruto de este proceso también es de usted

Al **Dr. Agustín Olmedo Juárez**, por sus conocimientos, orientación, paciencia, tiempo y esfuerzo que realizó para esta investigación. No tengo palabras para agradecerle la hospitalidad en el CENID-SAI-INIFAP y lo que he aprendido de usted, gran parte de este logro también es por y de usted. Mi sincero reconocimiento Dr., algún día aspiro a ser tan paciente y dedicado como usted

Al **Dr. Jaime Olivares Pérez**, por sus conocimientos, tiempo y apoyo académico, sus aportaciones en mi formación académica y a esta tesis han sido de mucha importancia

Al **Dr. Abraham Monteon Ojeda**, por el apoyo, por compartir sus experiencias, orientación, tiempo y conocimientos durante el proceso de realización de mis estudios

Al **Dr. Héctor Ramón Segura Pacheco**, por el apoyo académico durante el proceso de investigación

A la **Dra. Alicia Fonseca González**, por proporcionar el material biológico, tiempo y disponibilidad en esta investigación

A los **productores de Maíz**, por el apoyo y participación en las entrevistas para la generación de información de la presente investigación, sin su colaboración parte de esta investigación no hubiese sido posible

Al **Dr. Elías Hernández Castro**, por su contribución y facilidades brindadas en el transcurso de mi formación académica

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología**, por el financiamiento otorgado durante la presente investigación

A la **Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local (UAGro)**, por haberme permitido ser alumna de esta reconocible y honorable casa de estudios

A los **docentes** de la Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local, que contribuyeron en mi formación académica

Al **Sr. Natolio Betancurt**, por el apoyo y acompañamiento brindado durante el estudio en campo.

A mi estimado amigo **Adrián Aguirre Armenta**, por el apoyo, tiempo y motivación para culminar la maestría, tu apoyo fue fundamental para realizar parte de esta investigación, infinitas gracias

A mis **amig@s**, Carlos Gutiérrez, Roberto Burgos, María Concepción Maldonado, Mauro Rayo, Miguel Ángel Manzanares, Santos Rodríguez, Fredy Valente, Erika Ramírez y Ana Consuelo Bahena, por su apoyo y tiempo, ustedes fueron de mucha ayuda para que este proyecto de vida fuera posible y más ligero

RESUMEN GENERAL

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) es la plaga más importante del maíz (*Zea mays* L.) y uno de los principales cereales a nivel mundial. En el estado de Guerrero, México, el principal método de control se basa en el uso de insecticidas químicos sintéticos, los cuales por su uso incorrecto y excesivo representan una grave amenaza para el medio ambiente y la salud humana; ante esta problemática, surge la necesidad de buscar estrategias menos agresivas e inoñas que puedan ser utilizadas para el manejo de plagas en la agricultura. La presente investigación tuvo como finalidad recabar información sobre el manejo agronómico de *Zea mays* L. y control de *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith en el trópico seco de Guerrero así también, evaluar la aplicación de extractos botánicos de *Caesalpinia coriaria* Jacq Will como estrategia ecológica de control de gusano cogollero. El presente estudio se divide en cuatro capítulos, el Capítulo I. tuvo como objetivo “Caracterizar las principales prácticas agrícolas en el cultivo del maíz en la región de Tierra Caliente, Guerrero, México”. Para ello, se realizaron entrevistas personales a productores de maíz utilizando una encuesta previamente estructurada como herramienta de recolección de datos; el Capítulo II. Se denominó “Prácticas de manejo para el control de *S. frugiperda* J. E. Smith en *Z. mays* L. en Pungarabato, Guerrero, México”: en el Capítulo III. Se evaluó la “eficacia de los extractos botánicos de *Caesalpinia coriaria* para el control de gusano cogollero (*S. frugiperda*) bajo condiciones *in vitro*”; este estudio describe la toxicidad tóxica de los extractos botánicos sobre larvas de tercer instar de gusano cogollero establecidas en condiciones de laboratorio. Finalmente, el Capítulo IV. Se enfocó en la “evaluación de la eficacia de los extractos botánicos de *C. coriaria* para el control de gusano cogollero (*S. frugiperda*) en cultivo de maíz”. Este capítulo describe la bioactividad de los extractos botánicos sobre el control de gusano cogollero en condiciones de campo. Los resultados indican; Capítulo I. La edad promedio de los productores fue de 51.9 ± 16.7 años, con 8.4 ± 5.7 años de escolaridad, siembran en promedio 3.4 ha, cuentan con 28.6 ± 19.4 años dedicados a la actividad agrícola, el tipo de propiedad que prevalece es ejidal, la eventualidad de siembra que sobresale es en temporada de lluvias, el manejo agronómico del cultivo se realiza con labores

agrícolas convencionales y el rendimiento promedio de grano por hectárea es de 4 t ha⁻¹ en cultivo temporal y 4.8 t ha⁻¹ en cultivo riego. Capítulo II. Todos los productores manifestaron tener problemas con gusano cogollero y el 95 % de ellos aplica permetrina (27 %), clorpirifós (17 %), benzoato de emamectina (15 %) y spinetoram (15 %) de una a tres veces durante el ciclo productivo para controlar este insecto y otras plagas. Capítulo III. El extracto hexánico a la concentración 100 mg/mL causó un 93.3 % de mortalidad larval a partir de las 24 h. Capítulo IV. Todos los tratamientos ejercieron efecto sobre la población de larvas y no se observaron efectos fitotóxicos sobre el cultivo, siete días post-aplicación la mayor eficacia se obtuvo con el E-AcOEt-H-50 % (89 %) y a los catorce días con E-AcOEt-V-25 % y E-AcOEt-H-50 % (94 %). Se concluye que conocer las principales prácticas agronómicas sobre el cultivo de maíz en el municipio de Pungarabato, Guerrero, México y algunas estrategias de control alternas a los insecticidas químicos sintéticos permitirá a los productores ampliar sus conocimientos sobre el manejo integrado de plagas y potenciar la producción de maíz.

Palabras clave: maíz, gusano cogollero, extractos vegetales, *Caesalpinia coriaria*.

	ÍNDICE	Página
	RESUMEN GENERAL	iv
I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
III.	OBJETIVOS	4
3.1.	OBJETIVO GENERAL	4
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
IV.	HIPÓTESIS	5
V.	JUSTIFICACIÓN	6
VI.	REVISIÓN DE LITERATURA	7
6.1.	Pérdidas causadas por plagas en los cultivos	7
6.2.	<i>Spodoptera frugiperda</i> (SENASICA, 2021).	7
6.2.1.	Clasificación taxonómica	7
6.3.	Ciclo biológico	7
6.3.1.	Huevo	9
6.3.2.	Larva	9
6.3.3.	Pupa	9
6.3.4.	Adulto	10
6.4.	Hábitos alimenticios	11
6.5.	Distribución	11
6.6.	Métodos de control	12
6.6.1.	Control Químico	12
6.6.2.	Control Biológico	12
6.7.	Uso de extractos botánicos como alternativa de control biológico	13
6.8.	Importancia del uso de productos naturales en la agricultura	14
6.9.	Metabolitos secundarios en la defensa de las plantas	15
6.10.	Clasificación de los metabolitos secundarios activos sobre <i>Spodoptera</i> spp	17
6.10.1.	Terpenos	17
6.10.2.	Esteroles	17
6.10.3.	Cumarinas	17
6.10.4.	Flavonoides	18
6.10.5.	Citosoles	18
6.11.	Actividad de los metabolitos secundarios contra insectos	19
6.12.	Descripción morfológica de <i>Caesalpinia coriaria</i> Jacq Willd	20
6.12.1.	Clasificación taxonómica (Little et al., 1988)	22
6.13.	Usos tradicionales	22
6.14.	Propiedades farmacológicas	22
6.15.	Composición química	23
VII.	LITERATURA CITADA	24
VIII.	CAPÍTULO I. CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.) EN PUNGARABATO, GUERRERO, MÉXICO	32

8.1.	RESUMEN	33
8.2.	ABSTRACT	34
8.3.	INTRODUCCIÓN	35
8.4.	MATERIALES Y MÉTODOS	36
8.4.1.	Área de estudio	36
8.4.2.	Recolección de información	36
8.4.3.	Análisis estadístico	37
8.5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
8.6.	CONCLUSIONES	48
8.7.	LITERATURA CITADA	49
IX.	CAPÍTULO II. MANAGEMENT PRACTICES FOR <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. SMITH) CONTROL ON <i>Zea Mays</i> (L.) IN PUNGARABATO, GUERRERO, MEXICO	52
9.1.	ABSTRACT	53
9.2.	RESUMEN	54
9.3.	INTRODUCTION	55
9.4.	MATERIALS AND METHODS	57
9.4.1.	<i>Study area</i>	57
9.4.2.	<i>Data collection</i>	57
9.4.3.	<i>Monitoring of S. frugiperda in corn crops</i>	57
9.4.4.	<i>Statistical analysis</i>	58
9.5.	RESULTS AND DISCUSSION	59
9.6.	CONCLUSIONS	66
9.7.	ACKNOWLEDGMENTS	66
9.8.	LITERATURE CITED	67
X.	CAPÍTULO III. ACTIVIDAD INSECTICIDA DE <i>Caesalpinia coriaria</i> Jacq Willd CONTRA <i>Spodoptera frugiperda</i> J. E. Smith	72
10.1.	RESUMEN	73
10.2.	ABSTRACT	74
10.3.	INTRODUCCIÓN	75
10.4.	MATERIALES Y MÉTODOS	77
10.4.1.	Sitio experimental	77
10.4.2.	Material vegetal	77
10.4.3.	Preparación de los extractos acetato de etilo (E-AcOEt) y hexánico (E-Hx)	77
10.4.4.	Material biológico	78
10.4.5.	Actividad insecticida	78
10.4.6.	Análisis estadístico	80
10.5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	81
10.6.	CONCLUSIONES	87
10.7.	AGRADECIMIENTOS	87
10.8.	LITERATURA CITADA	88
XI.	CAPÍTULO IV. ACTIVIDAD INSECTICIDA DE <i>Caesalpinia coriaria</i> Jacq Willd EN CULTIVO DE MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.)	93
11.1.	RESUMEN	94

11.2. ABSTRACT	95
11.3. INTRODUCCIÓN	96
11.4. MATERIALES Y MÉTODOS	97
11.4.1. Sitio experimental	97
11.4.2. Preparación de los extractos en metanol (E-MeOH) y acetato de etilo (E-AcOEt)	97
11.4.3. Establecimiento de la parcela	97
11.4.4. Aplicación de tratamientos	98
11.4.5. Evaluación de tratamientos	98
11.4.6. Fitotoxicidad de los extractos	99
11.4.7. Análisis estadístico	99
11.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	100
11.6. CONCLUSIONES	105
11.7. AGRADECIMIENTOS	105
11.8. LITERATURA CITADA	106
XII. CONCLUSIONES GENERALES	108
XIII. ANEXOS	109



ÍNDICE DE FIGURAS

REVISIÓN DE LITERATURA	Página
Figura 1. Estados de desarrollo de <i>Spodoptera frugiperda</i>	8
Figura 2. Ciclo de vida de <i>Spodoptera frugiperda</i>	10
Figura 3. Distribución de <i>Spodoptera frugiperda</i> antes de su invasión a Asia (Jeger <i>et al.</i> , 2017)	12
Figura 4. Metabolitos secundarios activos sobre <i>Spodoptera</i> spp. (Ayil <i>et al.</i> , 2018)	19
Figura 5. Morfología de cascalote (<i>Caesalpinia coriaria</i>) en el trópico seco de Guerrero	21
CAPÍTULO II	
Figure 1. Percentage of presence of <i>S. frugiperda</i> related to the agricultural cycle, damage to the plant and insecticides effectiveness	61
Figure 2. Insect and non-insect arthropods identified in the corn crop, considered a pest by producers	63
Figure 3. Percentage of producers that develop biological control over <i>S. frugiperda</i>	64
Figure 4. Main natural products used for the <i>Spodoptera frugiperda</i> control. It has been shown that planting intercropped maize with legumes and other plants, such as bean (<i>Phaseolus vulgaris</i>), soybean (<i>Glycine max</i>), groundnut (<i>Vigna unguiculata</i>), marigold (<i>Tagetes erecta</i>), Napier grass (<i>Pennisetum purpureum</i>) and cassava (<i>Manihot esculenta</i>) decreased up to 40 % <i>S. frugiperda</i> attack Wan <i>et al.</i> (2021)	65
CAPÍTULO III	
Figura 1. Técnica de toxicidad por aplicación tópica	80
Figura 2. Porcentaje de emergencia de adultos <i>Spodoptera frugiperda</i> expuestas a dos extractos orgánicos (E-AcOEt, E-HX) a partir de vainas de <i>Caesalpinia coriaria</i> .), E-AcOE=extracto acetato de etilo, E-Hx= extracto hexánico. Medias dentro de la misma figura con distinta letra indican diferencia estadística (P<0.05)	85

ÍNDICE DE CUADROS

REVISIÓN DE LITERATURA	Página
Cuadro 1. Composición química de hojas y vainas de <i>C. coriaria</i>	23
CAPÍTULO I	
Cuadro 1. Datos de la unidad de producción	38
Cuadro 2. Información sobre la preparación del terreno	39
Cuadro 3. Tipos de semilla empleada para la siembra del cultivo de maíz	39
Cuadro 4. Tratamiento a la semilla	40
Cuadro 5. Método de siembra	40
Cuadro 6. Aplicación de tratamiento pre-emergente	41
Cuadro 7. Herbicidas utilizados para el control de arvenses	41
Cuadro 8. Fertilización edáfica y tipos de fertilizantes	42
Cuadro 9. Fertilización foliar y tipos de fertilizantes	43
Cuadro 10. Productos químicos usados para el control de plagas	46
CAPÍTULO II	
Cuadro 1. Number of applications and insecticides used to control the armyworm (<i>Spodoptera frugiperda</i>) in corn crops	61
CAPÍTULO III	
Cuadro 1. Porcentaje de mortalidad de larvas de <i>S. frugiperda</i> expuestas a dos extractos orgánicos (E-AcOEt, E-HX) a partir de vainas de <i>C. coriaria</i>	81
Cuadro 2. Peso promedio de larvas al inicio y final (antes de pupar) y crecimiento relativo de <i>Spodoptera frugiperda</i> expuestas a dos extractos orgánicos (E-AcOEt, E-HX) a partir de vainas de <i>Caesalpinia coriaria</i>	83
CAPÍTULO IV	
Cuadro 1. Escala de puntuación de la EWRS (European Weed Research Society) con modificaciones para evaluar fitotoxicidad al cultivo y su interpretación agronómica porcentual	99
Cuadro 2. Promedio de la sobrevivencia de larvas de gusano cogollero (<i>S. frugiperda</i>) a los diferentes tratamientos durante la evaluación previa y post- aplicación en cultivo de maíz	100
Cuadro 3. Porcentaje de eficacia de los extractos de vainas y hojas de <i>C. coriaria</i> en el control de gusano cogollero (<i>S. frugiperda</i>) en cultivo de maíz	102
Cuadro 4. Porcentaje de fitotoxicidad de acuerdo a la escala de puntuación de la EWRS (European Weed Research Society) de los extractos de <i>C. coriaria</i> sobre el cultivo de maíz	103

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el maíz (*Zea mays* L.) cumple una función esencial en la alimentación de las personas, es el cultivo representativo de México por su importancia cultural, social y económica. Por sus características se divide en maíz blanco, amarillo y criollos de color, destinándose el maíz blanco principalmente al consumo humano, mientras que la producción de maíz amarillo se destina a la industria o la fabricación de alimentos balanceados para la producción pecuaria (ASERCA, 2018).

Los principales países productores son, Estados Unidos, China, Brasil, Argentina, Ucrania, India, México, Canadá, Indonesia y Sudáfrica (statista, 2022). La producción en México es de 27,503,477.82 t ocupando el séptimo lugar en producción mundial, destacando los estados de Sinaloa, Jalisco y Estado de México como los principales productores (SIAP, 2021).

Incluyendo todas las etapas fenológicas de la planta e incluso en almacén, diversos insectos atacan el cultivo, entre ellos, *Spodoptera frugiperda*, principal plaga de importancia económica, de amplia distribución geográfica, que ocasiona daño severo en el desarrollo vegetativo de la planta y muestra hábitos alimenticios de acuerdo a la fenología de la misma, siendo particular el defoliador, alimentándose de las yemas apicales (cogollo) de las plantas jóvenes (Bahena *et al.*, 2010).

Diversos estudios reportan que el gusano cogollero produce pérdidas superiores al 30 % del rendimiento y eventualmente la pérdida total del cultivo (Romo *et al.*, 2015; Aguirre *et al.*, 2016; Rangel *et al.*, 2014). A lo anterior, Blanco *et al.* (2014) y García *et al.* (2012) mencionan que se utilizan múltiples métodos para el control, dentro de los cuales destaca el uso de insecticidas sintéticos convencionales de amplio espectro. Aunque este método es el más utilizado y se le considera más efectivo, actualmente su uso inadecuado, indiscriminado y frecuente ha desencadenado serios problemas; aumento en los costos de producción, desarrollo de resistencia, daños al medio ambiente, pérdida de enemigos naturales y efectos nocivos sobre la salud humana (Monteon *et al.*, 2020) Hernández *et al.*, 2018).

Por ello, es necesario buscar nuevas estrategias alternas al control convencional de plagas, que disminuyan el impacto derivado del uso de insecticidas químicos sintéticos, a esto, resulta conveniente la utilización de métodos de control biológicos, los cuales generalmente son recursos naturales con suficiente potencial para regular las poblaciones de insectos plaga. Romo *et al.* (2015) refiere que se conocen más de 100,000 metabolitos involucrados en la adaptación y defensa de las plantas contra insectos y patógenos, teniendo en cuenta esto y los diversos estudios en diferentes áreas que exhiben la actividad biológica de metabolitos secundarios como antimicrobiano, antihelmíntico, antiinflamatorio y antifúngico (Montilla & Villegas, 2006, Salem *et al.*, 2011; Olmedo *et al.*, 2019, Hernández & Gamboa, 2019), estos compuestos de origen vegetal demuestran ser un recurso potencial para el control de plagas en la agricultura.

En particular, se ha estudiado la bioactividad de diversas familias de plantas que contienen metabolitos secundarios capaces de causar efectos letales y subletales sobre larvas de *S. frugiperda* (Sabillón y Bustamante, 1995; Lizarazo *et al.*, 2008; García *et al.*, 2012; Ángel *et al.*, 2015; Ortiz *et al.*, 2018; Figueroa *et al.*, 2018), por tal motivo, esta investigación busca conocer el manejo agronómico de *Zea mays* y evaluar extractos vegetales de *Caesalpinia coriaria* para el control de gusano cogollero (*S. frugiperda*) en la Región Tierra Caliente de Guerrero.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En México, el maíz es atacado por diversas especies de artrópodos, en todas las etapas fenológicas de la planta e incluso en almacén (Bahena *et al.*, 2010). Como resultado, se convierte en un problema fitosanitario que disminuye hasta el 30% del rendimiento por hectárea y refleja niveles bajos de productividad (Capinera, 2014). Los principales insectos de importancia económica son los organismos de la familia Noctuidae (Zenner de Polanía *et al.*, 2007), tal es el caso de *Spodoptera frugiperda*, que por sus hábitos alimenticios causa daños significativos. En la actualidad el principal método de control y con la finalidad de garantizar la producción, se recurre al uso de insecticidas químicos sintéticos (Tejeda *et al.*, 2016; Lizarazo, 2008). Desafortunadamente, el uso inadecuado e indiscriminado de esos productos sintéticos ha elevado los costos de producción, desencadenado problemas de resistencia, daños al medio ambiente, repercusiones en la salud humana, pérdida de enemigos naturales y mayor incidencia de plagas (Monteon *et al.*, 2020; Lizarazo, 2008).

¿Cuál será el efecto de los extractos orgánicos de hojas y vainas de *Caesalpinia coriaria* para el control de larvas de gusano cogollero establecidas bajo condiciones de laboratorio y campo?

III. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Conocer el manejo agronómico de *Zea mays* L. y evaluar extractos botánicos de hojas y vainas de *Caesalpinia coriaria* para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Caracterizar las principales prácticas agrícolas en el cultivo del maíz en la región de la Tierra Caliente, Guerrero, México

Caracterizar las prácticas de manejo para el control de *Spodoptera. frugiperda* en *Zea mays* L. en Pungarabato, Guerrero, México

Evaluar la eficacia de los extractos botánicos de *Caesalpinia coriaria* para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) bajo condiciones *in vitro*

Evaluar la eficacia de los extractos botánicos de *Caesalpinia coriaria* para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en cultivo de maíz (*Z. mays*)

IV. HIPÓTESIS

Las prácticas agrícolas que realizan los productores en el cultivo de maíz no son las adecuadas y por lo tanto, no permiten un control oportuno y eficaz contra larvas de gusano cogollero y favorecen resurgencia de larvas y otras plagas

Los principios activos de *Caesalpinia coriaria* causan efectos letales y subletales sobre larvas de gusano cogollero.



V. JUSTIFICACIÓN

El maíz es el cereal más importante en la cultura, sociedad y economía de México, para el año 2021 se registró una producción de 27,503,477.82 toneladas de las cuales el estado de Guerrero produjo 1,460,629.28 toneladas y destinó una superficie de 495,771.10 ha a la siembra (SIAP, 2021). La disponibilidad del cultivo en la región Tierra Caliente se siembra en los dos ciclos agrícolas, otoño-invierno (OI) y primavera-verano (PV), también llamados como cultivo de riego y cultivo de temporal (Jaramillo *et al.*, 2018), encontrándose esta última modalidad con los resultados más bajos de productividad y mayor incidencia de plagas. Actualmente, a nivel mundial, la manera de controlar problemas con diversas plagas es mediante el uso de insecticidas químicos sintéticos (Tambo *et al.*, 2020; Tejeda *et al.*, 2016; Lizarazo, 2008). Por otra parte, el uso inadecuado e indiscriminado de esos productos ha desencadenado problemas de salud ambiental y humana (Monteon *et al.*, 2020). El uso de otras estrategias de control alternas a los productos convencionales tales como extractos de plantas con metabolitos secundarios con actividad insecticida pueden representar una opción viable para el control de plagas entre ellas el gusano cogollero. *Caesalpinia coriaria* es una leguminosa arbórea de bosques tropicales caducifolios, sus componentes morfológicos tienen diversas propiedades, posee alto contenido de compuestos fenólicos entre ellos taninos hidrolizables (ácido gálico), taninos condensados y algunos flavonoides. Algunos de esos compuestos fenólicos se les han atribuido diferentes propiedades farmacológicas (Olmedo *et al.*, 2019). Por lo anterior, es importante realizar investigación sobre la eficacia de extractos botánicos de especies nativas en el control *in vivo* y en campo sobre larvas de *S. frugiperda*.

VI. REVISIÓN DE LITERATURA

6.1. Pérdidas causadas por plagas en los cultivos

En la agricultura, los insectos plaga son causantes de cuantiosas pérdidas económicas en diversos cultivos. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura menciona que cada año, un 40% de los cultivos alimentarios a nivel mundial se pierden a causa de plagas y enfermedades de las plantas (FAO, 2019). Dentro de los factores principales se encuentra el cambio climático y las actividades antropogénicas, los cuales actúan alterando los ecosistemas, degradando la biodiversidad y medio ambiente, creando así, condiciones favorables para la propagación de las plagas.

6.2. *Spodoptera frugiperda* (SENASICA, 2021).

6.2.1. Clasificación taxonómica

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Lepidoptera

Familia: Noctuidae

Género: *Spodoptera*

Especie: *Spodoptera frugiperda*

6.3. Ciclo biológico

El gusano cogollero, *S. frugiperda* Smith pertenece a la clase Insecta, orden Lepidóptera, familia Noctuidae. Las larvas se alimentan de más de 300 especies de plantas (Serrano *et al.*, 2020). Sin embargo, un daño mayor se visualiza en plantas de la familia Poaceae o también conocidas como gramíneas (35.5%), seguida de las familias Fabaceae (11.3%), Solanaceae (4.3), Asteraceae (4.3%), Rosaceae (3.7 %) y Chenopodiaceae (3.7%) (SENASICA, 2021). En México *S. frugiperda* ataca a cultivos básicos para la alimentación y comercialización como lo son el maíz, sorgo, soya y caña de azúcar, motivo por el cual es considerada una plaga de importancia económica (Serrano *et al.*, 2020).

Presenta un ciclo biológico de tipo holometábolo o comúnmente llamado metamorfosis completa (Figura 1), es decir, presenta cuatro estados de desarrollo durante toda su vida: huevo, larva (seis instares), pupa y adulto. (Serrano *et al.*, 2020) (Figura 2). Según la FAO (2017), la duración del ciclo biológico considerado para América Latina oscila entre 34 y 76 días según las condiciones ambientales.

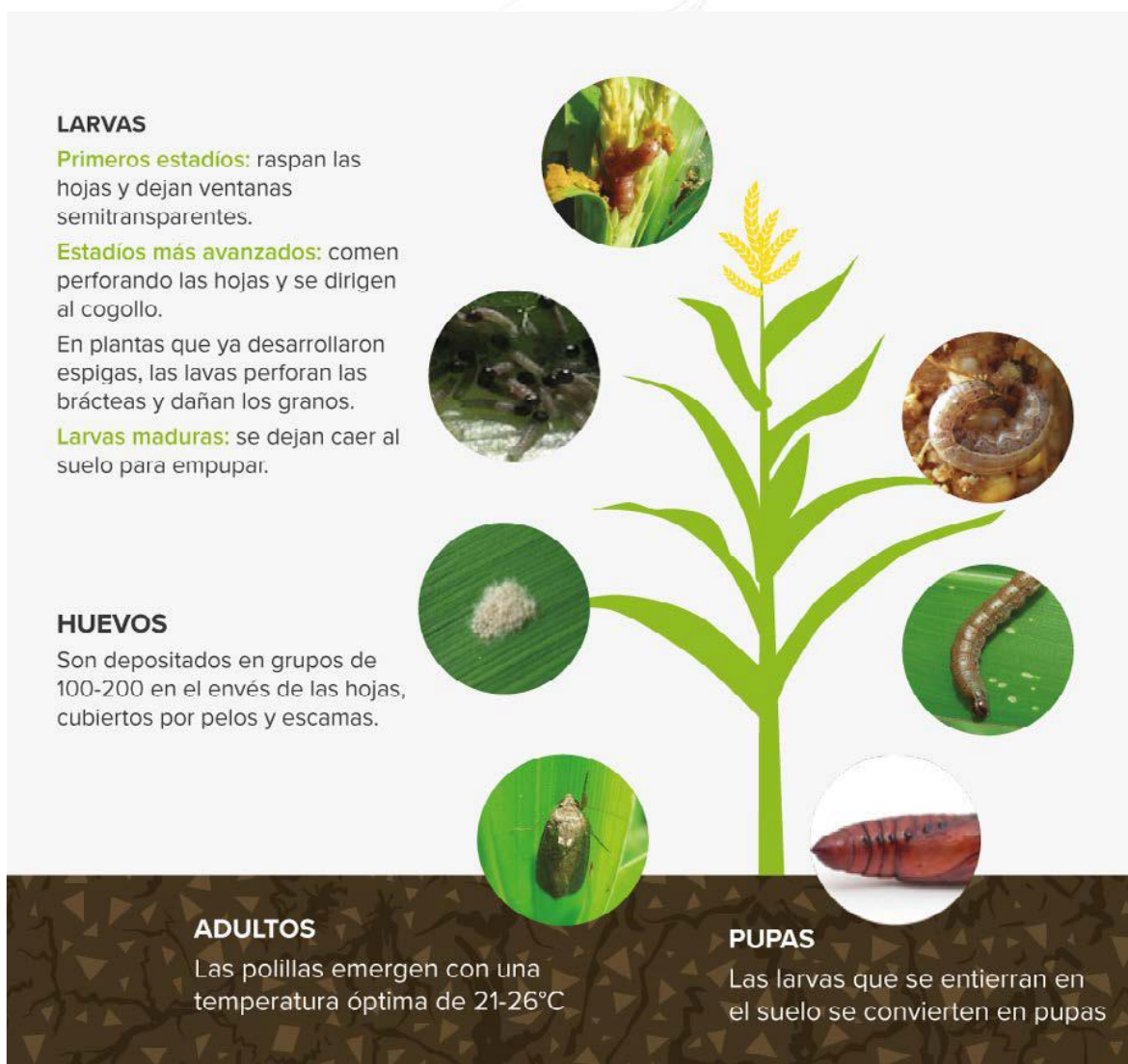


Figura 3. Estados de desarrollo de *Spodoptera frugiperda*
Fuente: Programa MRI. Corteva Agriscience Argentina.

6.3.1. Huevo

Es esférico, color variable, de blanquecino, blanco verdoso, crema, rosado a turquesa, brillante, estriado, mide alrededor de 0.4 mm de diámetro y 0.3 mm de altura (Rizo y La Rossa, 1993; Capinera, 2014). El número de huevos por masa varía considerablemente, pero suele ser de 50 a 200 y la producción total de huevos por hembra es de una media de 1500 con un máximo de más de 2000 (Capinera, 2014).

6.3.2. Larva

Spodoptera frugiperda normalmente presenta 6 estadios larvales. Durante los instares alcanzan longitudes de aproximadamente 1.7, 3.5, 6.4, 10, 17.2 y 34.2 mm. Las larvas jóvenes son de color verdosas con la cabeza negra, que se vuelve anaranjada en el segundo estadio. En el tercer estadio, la superficie dorsal del cuerpo se vuelve pardusca y comienzan a formarse líneas blancas laterales. Del cuarto al sexto estadio, la cabeza es de color marrón rojizo, moteada de blanco, y el cuerpo, de color marrón, presenta líneas subdorsales y laterales blancas. Aparecen manchas elevadas en el dorso que suelen ser de color oscuro y llevan espinas. La parte frontal del cráneo de la larva se caracteriza por estar marcada con una "Y" blanca invertida. Tienden a ocultarse durante las horas más luminosas del día. La duración de la fase larvaria suele ser de unos 14 días durante el verano y de 30 días durante el invierno (Capinera, 2014).

6.3.3. Pupa

La pupación tiene lugar normalmente en el suelo, a una profundidad de 2 a 8 cm. La larva construye un capullo de forma ovalada atando partículas de tierra con seda o restos de hojas y otros materiales en la superficie del suelo. La pupa es de color marrón rojizo y mide entre 14 y 18 mm de longitud y unos 4.5 mm de ancho. La duración de la fase de pupa es de ocho a 30 días (Capinera, 2014).

6.3.4. Adulto

Los insectos adultos conocidos como polillas poseen cabeza pequeña con ojos globosos negros y antenas filiformes (Rizo y La Rossa, 1993). Tienen una envergadura de 32 a 40 mm. Los machos presentan las alas delanteras de color gris y marrón, con manchas blancas triangulares en la punta y cerca del centro del ala. Las hembras presentan las alas menos marcadas, desde un marrón grisáceo uniforme hasta un fino moteado de gris y marrón. Las alas traseras en ambos sexos presentan un color blanco plateado iridiscente con un estrecho borde oscuro.

Los adultos tienen hábitos nocturnos y crepusculares, son más activos durante las noches cálidas y húmedas. Se estima que la duración de la vida adulta es de unos 10 días, con un rango de entre siete y 21 días (Capinera, 2014; FAO, 2017).

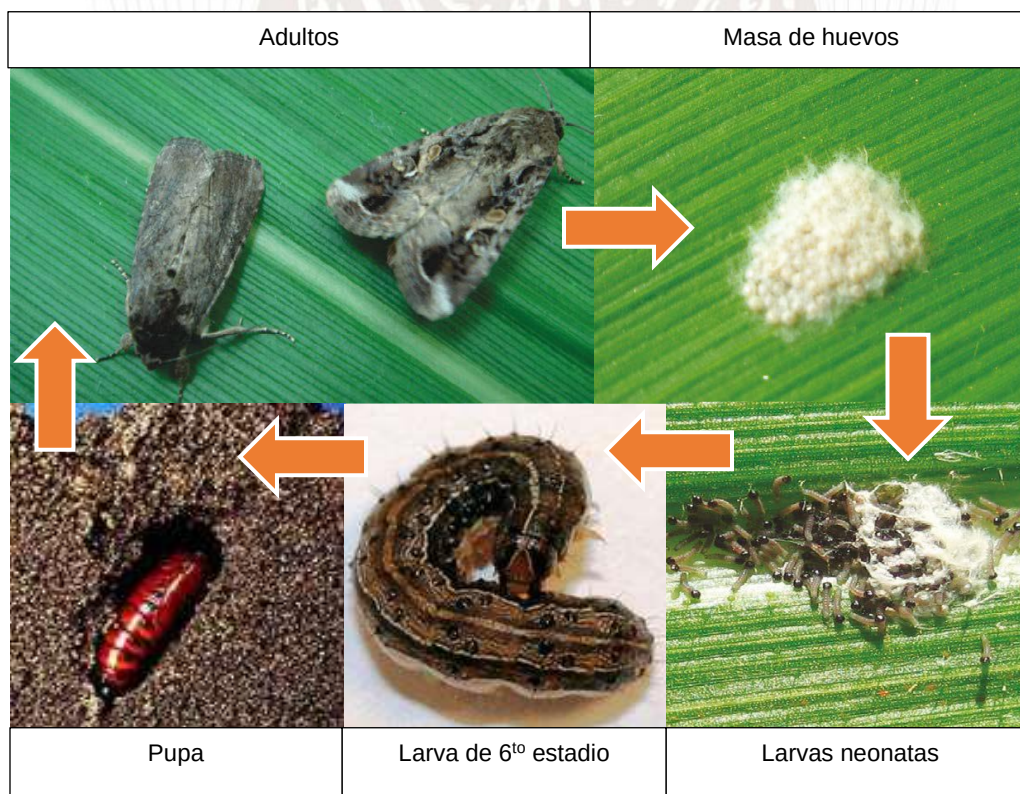


Figura 4. Ciclo de vida de *Spodoptera frugiperda*

Fuente: Masa de huevos, larvas neonatas, adultos (Programa MRI. Corteva Agriscience Argentina, 2019); Larva de 6^{to} instar y pupa (SENASICA, 2021).

6.4. Hábitos alimenticios

Spodoptera frugiperda se caracteriza por su hábito defoliador, es decir, ingiere hojas y brotes tiernos de sus huéspedes, en maíz los daños dependen del nivel de infestación, del estado fenológico del cultivo donde ocasionalmente llega alimentarse del elote (González *et al.*, 2020). En su fase larval, etapa en la cual perjudica más, penetra en el cogollo de plantas pequeñas preferentemente de 10 a 60 cm de altura para alimentarse de los brotes apicales y posteriormente dirigirse a la base de la planta para barrenar el tallo sin que este se caiga y refugiarse dentro de él. El deterioro es más severo en zonas tropicales y subtropicales. Con temperaturas mayores a 30 °C y poca precipitación (SENASICA, 2021).

En las Poaceas (maíz y sorgo), la presencia de gusano cogollero se considera endémica, es decir, siempre existen poblaciones de gusanos que causan deterioros en mayor o menor proporción al cultivo (Zenner de Polanía *et al.*, 2007).

6.5. Distribución

El género *Spodoptera* se encuentra presente en todas las regiones agrícolas del mundo. *S. frugiperda* estaba catalogada como una especie de distribución limitada al continente americano (SENASICA, 2021), sin embargo, a principios de 2016 se registraron brotes de *S. frugiperda* en África y recientemente en Asia (Jeger *et al.*, 2017)

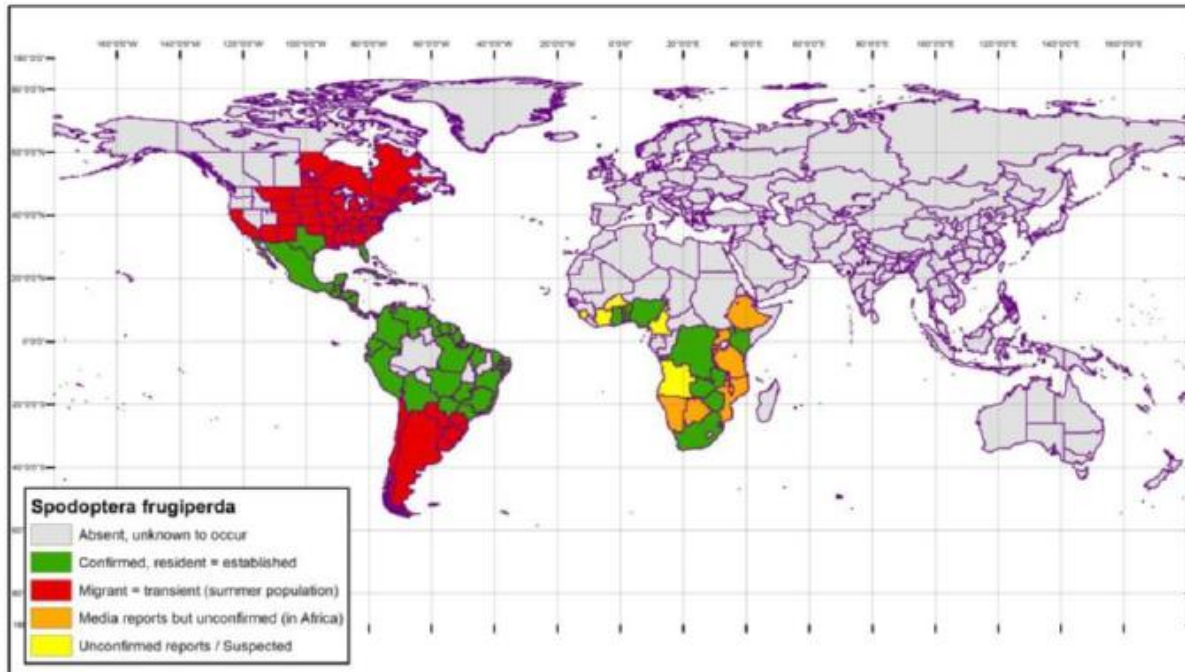


Figura 3. Distribución de *Spodoptera frugiperda* antes de su invasión a Asia (Jeger *et al.*, 2017)

6.6. Métodos de control

6.6.1. Control Químico

La propagación de gusano cogollero está intensificando el uso de insecticidas sintéticos (FAO, 2022). El control tradicionalmente ha sido con el uso de estos productos de diversos ingredientes activos, entre los grupos químicos más utilizados se encuentran los piretroides, organofosforados y carbamatos (SENASICA, 2021).

6.6.2. Control Biológico

El control biológico se realiza a través de liberaciones de parasitoides en conjunto con fauna benéfica, por lo regular depredadores. Generalmente los insectos parasitoides influyen atacando los huevos y tienen la capacidad de alcanzar poblaciones equivalentes al doble de su hospedante, principalmente debido a que el ciclo de vida de los parasitoides es más corto que el del gusano (SENASICA, 2021)

Los artrópodos depredadores de insectos y ácaros se clasifican en 16 órdenes, aproximadamente 200 familias y más de 200 mil especies. Los principales depredadores conocidos son los coccinélidos (catarinas), chinches, alas de encaje, moscas de las flores, arañas, avispa y los ácaros. Por otro lado, de los insectos parasitoides se conocen más de 60 familias distribuidas en siete órdenes: Hymenoptera, Diptera, Coleoptera, Lepidoptera, Neuroptera, Trichoptera y Strepsiptera (Rodríguez *et al.*, 2020)

Organismos como *Telenomus* sp., *Trichogramma* sp., *Chelonus insularis* (Cresson), *Chelonus sonorensis* Cameron, *Pristomerus spinator* F., *Cotesia marginiventris* (Cresson), *Meteorus* sp., *Ophion flavidus* Brulle (Ichneumonidae); *Eucelatoria armigera* y *Lespechia* sp. (Tachinidae), *Ch. insularis* y *C. marginiventris*, son parasitoides significativos en el control de *S. frugiperda* (SENASICA, 2021; Koffi *et al.*, 2020; Gutiérrez *et al.*, 2015).

Por otra parte, existen métodos de control a base de bacterias y hongos entomopatógenos, ambos ampliamente utilizados para el control biológico de plagas. Actualmente los organismos utilizados para el control de plagas a base de hongos son *Beauveria bassiana* y *Nomuraea rileyi*, mientras que, a base de bacterias es *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* (Pacheco *et al.*, 2019)

El control biológico de plagas tiene ciertas ventajas en comparación con el control a base de químicos sintéticos, ya que no contamina el ambiente, no posee efecto negativo sobre la salud humana, animales y no afectan la fauna benéfica (parasitoides o depredadores) principales encargados de regular naturalmente las poblaciones de plagas (González *et al.*, 2020). No obstante, por tratarse de organismos vivos tienen ciertas limitaciones tales como: adecuada temperatura y humedad para cumplir su propósito, corta vida de anaquel y precios superiores al de los plaguicidas químicos sintéticos (Pacheco *et al.*, 2019).

6.7. Uso de extractos botánicos como alternativa de control biológico

Actualmente los productos naturales a base de plantas vuelven a recobrar importancia en la agricultura, debido la necesidad de búsqueda de nuevas

alternativas que disminuyan el uso indiscriminado que se ha hecho con los productos químicos.

Mesa *et al.* (2019) y Figueroa *et al.* (2018) mencionan que el uso de plantas y sus derivados, son la tendencia mundial que está en aumento de manera considerable en el control de plagas y enfermedades, ya que podrían contribuir a disminuir los costos de producción de los agricultores y los efectos negativos hacia el ambiente al ser utilizados como bioplaguicidas. Romo *et al.* (2015) refieren que se conocen más de 100,000 metabolitos involucrados en la adaptación y defensa de las plantas contra insectos y patógenos, a su vez diversos estudios reafirman que este tipo de recursos vegetales son una alternativa viable y accesible para el control de plagas en la agricultura (López *et al.*, 2022; Aguilar *et al.*, 2021; Flores *et al.*, 2020; Quintana *et al.*, 2016).

6.8. Importancia del uso de productos naturales en la agricultura

La agricultura en México representa una gran heterogeneidad debido a que está constituida por la agricultura tradicional o de subsistencia y la agricultura convencional, la primera caracterizada por su eventualidad de siembra en épocas de lluvia, mano de obra no asalariada y generalmente originada para el autoconsumo, mientras que la segunda se caracteriza por la producción destinada al comercio. Por tanto, la eventualidad de siembra es mixta, emplea mano de obra asalariada, alta tecnología y altos insumos debido a la creciente necesidad mundial de producción de alimentos (Falcón *et al.*, 2015).

En ello, gran parte de los insumos que se utilizan actualmente son agroquímicos, como tecnología de protección para los cultivos contra plagas, enfermedades y arvenses, que obstaculicen la eficiencia productiva. Sin embargo, la mayor parte de los químicos sintéticos utilizados son considerados agentes contaminantes del suelo, agua, biodiversidad, alimentos y agentes de riesgo potencial para la salud humana y ambiental (Pérez, 2012; Falcón *et al.*, 2015).

En la actualidad, a pesar de todas las desventajas que puede traer consigo su uso, los químicos sintéticos, en particular los insecticidas, han desplazado a los de origen

vegetal, principalmente debido a la falta de divulgación de la existencia, formas de utilización y acción de insecticidas de origen vegetal (Pérez, 2012).

Para esto, la ciencia en la búsqueda de alternativas inocuas para la producción agrícola ha profundizado en áreas de investigación que permiten demostrar los mecanismos que las plantas poseen frente a estrés bióticos y abióticos a los que están sometidas, como respuesta a esto, se han presentado estudios sobre compuestos inocuos y menos agresivos (para el ambiente y el hombre) de origen natural que presentan grandes ventajas para el control de plagas, enfermedades y arvenses en la agricultura (Falcón *et al.*, 2015).

En el contexto de los plaguicidas de origen vegetal, el empleo de compuestos vegetales naturales para el control de plagas, enfermedades y arvenses en la agricultura constituyen una alternativa conveniente debido a su buena efectividad, bajo costo, baja toxicidad para el ser humano e inocuidad para el ambiente. Celis *et al.* (2009) afirman que alrededor de 3,000 compuestos naturales de origen vegetal se les ha demostrado actividad bactericida, fungicida, insecticida, repelente y nematocida, a la par, mencionan que las plantas y sus derivados han mostrado efectos controladores contra ácaros, roedores, nematodos, bacterias, virus, hongos e insectos. Por tanto, se reconoce que las formulaciones de origen natural basadas en las plantas han sido utilizadas desde la antigüedad por diversas culturas para diversos fines y que a partir de la segunda guerra mundial y la llamada revolución verde fueron sustituidas por los insecticidas de síntesis química (sintéticos). Por ello, y debido al uso indiscriminado que se hizo de estos productos sintéticos en la agricultura, hoy en día vuelve a recobrar importancia los productos naturales, con énfasis en metabolitos secundarios, implicados en el control contra plagas.

6.9. Metabolitos secundarios en la defensa de las plantas

Los metabolitos secundarios también llamados productos secundarios, metabolitos especializados o productos naturales (Ojito y Portal, 2017) forman parte de las estrategias defensivas de las plantas, las cuales producen para su defensa contra

enemigos naturales ingredientes activos como saponinas, taninos, alcaloides y terpenos, entre otros (Celis *et al.*, 2012).

A través del tiempo, el hombre ha hecho uso de estos metabolitos secundarios para diversos propósitos, gran número de ellos se empleaban en la medicina antigua como remedios para combatir enfermedades y en la actualidad se utilizan como medicamentos, saborizantes, colorantes, fragancias, insecticidas, drogas medicinales y adictivas, y cosméticos (Sierra *et al.*, 2018).

Los metabolitos secundarios presentan gran diversidad química, y se han identificado más de 200 000 estructuras químicas diversas, tienen funciones internas en las plantas y participan en la comunicación de estas con el ambiente, interactuando de múltiples formas. Ciertos grupos de metabolitos secundarios presentan una distribución restringida en el reino vegetal (no todos los metabolitos secundarios se encuentran en todos los grupos de plantas), se sintetizan en pequeñas cantidades y no de forma generalizada, estando a menudo su producción restringida a una determinada familia, género, o especies de plantas (Ojito y Portal, 2017).

Los metabolitos secundarios se sintetizan en las plantas a través de vías metabólicas, que son parte integral del metabolismo primario de toda la planta, tales como la glucólisis, el ciclo de Krebs o la vía del shikimato (Sepúlveda *et al.*, 2004). Para cada órgano, tejido o tipo celular puede existir una síntesis constitutiva y específica de metabolitos secundarios. También, existen metabolitos que se sintetizan en todos los órganos y tejidos de la planta, pero que se almacenan en órganos o tejidos diferentes a los de su síntesis, a través de su redistribución en el xilema y/o el floema, o por el espacio apoplástico (Sepúlveda *et al.*, 2004; Ojito y Portal, 2017).

Para Taiz y Zeiger, (2006) citados en Sierra *et al.* (2018) la clasificación de los metabolitos secundarios se divide en: productos nitrogenados, productos fenólicos y terpenoides. Los compuestos nitrogenados son principalmente los alcaloides y glucósidos cianogénicos. Los compuestos fenólicos incluyen a los ácidos fenólicos, cumarinas, flavonoides y taninos. Los terpenoides se dividen en seis grupos: monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, triterpenos, tetraterpenos y esteroides.

Por otra parte, Ávalos y Pérez-Urria (2009) los agrupan en cuatro clases: terpenos, compuestos fenólicos, Glicósidos y alcaloides. Terpenos: Se encuentran hormonas, pigmentos o aceites esenciales. Compuestos fenólicos: Cumarinas, flavonoides, lignina y taninos. Glicósidos: Saponinas, glicósidos cardiacos, glicósidos cianogénicos y glucosinolatos.

6.10. Clasificación de los metabolitos secundarios activos sobre *Spodoptera* spp

A continuación, se describen los metabolitos secundarios y sus posibles efectos fisiológicos sobre *Spodoptera* spp., estos están clasificados principalmente en cinco grupos según su estructura química: terpenos (terpenoides); esteroides y estereoides; furanocumarinas y cumarinas; flavonoides y ciclotoles (Ayil *et al.*, 2018) (Figura 4).

6.10.1. Terpenos

Se ha descrito que el modo de acción de los terpenos sobre los artrópodos podría ser actuando como disolventes facilitando el flujo de toxinas a través de las membranas. Algunos estudios han demostrado que los piretroides extraídos del crisantemo causan alteraciones en el sistema nervioso del insecto provocando parálisis y la muerte

6.10.2. Esteroides

Estos compuestos se producen a partir de precursores terpenoides como el colesterol, vitamina D y saponinas y pueden actuar como hormonas, feromonas o elementos disuasorios de insectos

6.10.3. Cumarinas

Este grupo de metabolitos sólo se encuentran en un número limitado de familias de plantas; entre ellas, Rutaceae, Moraceae, Apiaceae y Fabaceae. Se ha descrito que las furanocumarinas de las familias Apiaceae y Rutaceae son tóxicas contra larvas de algunas especies del género *Spodoptera* y que esta toxicidad aumenta en presencia de luz ultravioleta, lo que indica que los fotones alteran la configuración

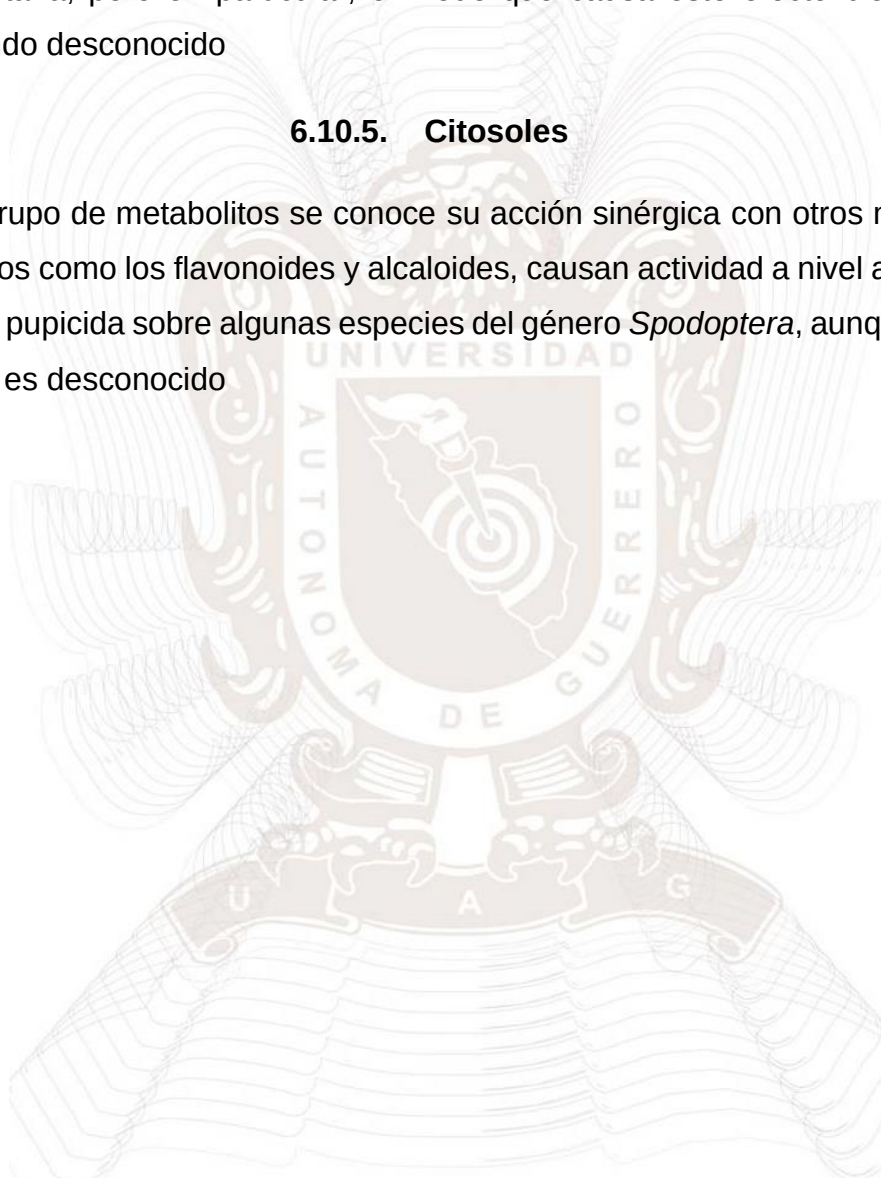
electrónica de estos compuestos, formando un estado excitado altamente reactivo capaz de interactuar directamente con biomoléculas como el ADN, las proteínas y los lípidos con efectos tóxicos asociados

6.10.4. Flavonoides

Los flavonoides actúan sobre los insectos afectando su comportamiento, desarrollo y crecimiento, contra especies del género *Spodoptera* se asocia con actividad antialimentaria, pero en particular, el modo que causa este efecto biológico aún sigue siendo desconocido

6.10.5. Citosoles

De este grupo de metabolitos se conoce su acción sinérgica con otros metabolitos secundarios como los flavonoides y alcaloides, causan actividad a nivel alimentario, larvícida y pupicida sobre algunas especies del género *Spodoptera*, aunque el modo de acción es desconocido



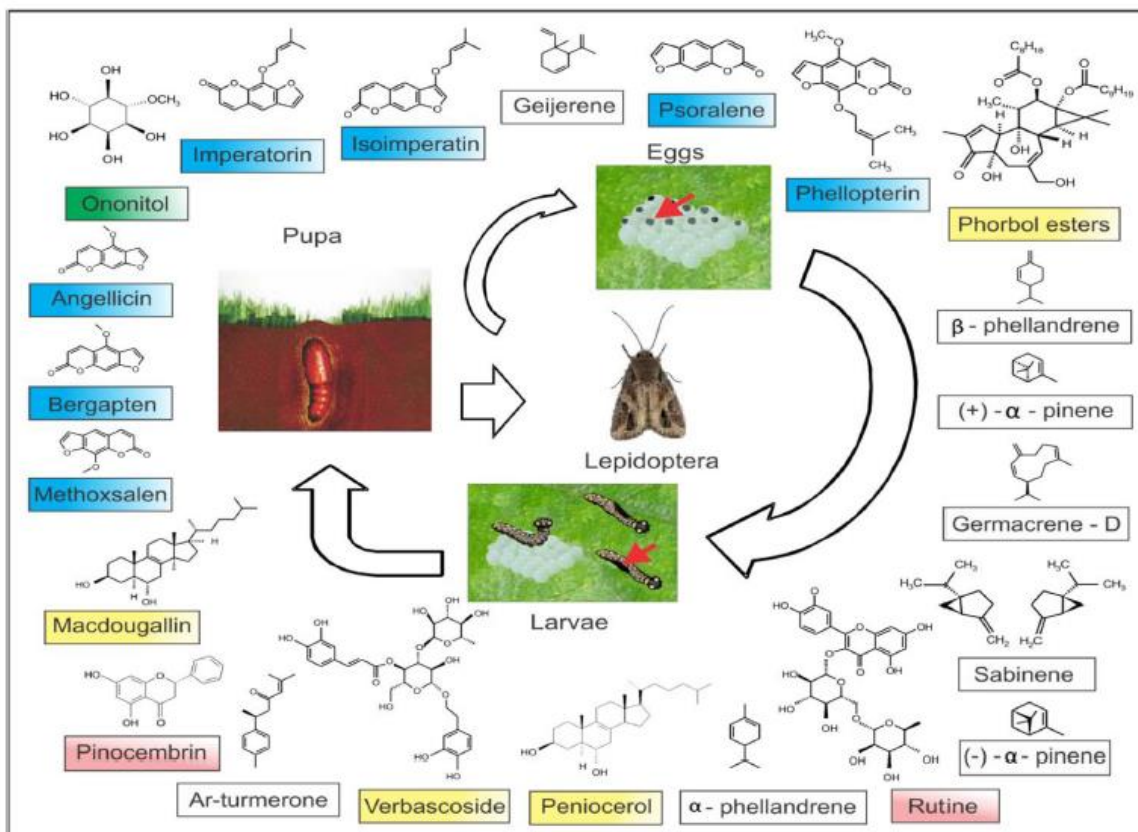


Figura 4. Metabolitos secundarios activos sobre *Spodoptera* spp. (Ayil et al., 2018)

6.11. Actividad de los metabolitos secundarios contra insectos

Las plantas han desarrollado diversas estrategias de defensa contra condiciones de estrés biótico y abiótico. Para defenderse del daño ocasionado por heridas y el ataque por insectos o microorganismos patógenos producen metabolitos secundarios (MS) con diversa actividad (Sepúlveda et al., 2004).

Algunos productos finales de la ruta metabólica tienen funciones específicas y favorecedoras, como atrayentes de insectos polinizadores y animales dispersores de semillas, pigmentación de flores y frutos, y repelencia frente a predadores proporcionando a la planta; olores desagradables, sabores amargos, indigestas o venenosas (García, 2004; Ojito y Portal, 2017; Sierra et al., 2018).

Por otro lado, los productos derivados de plantas poseen el suficiente potencial para alterar la fisiología y comportamiento de la plaga, el efecto nocivo puede

manifestarse de diversas maneras, incluyendo la toxicidad sub-letal y aguda, mortalidad, inhibición del crecimiento, mayor duración larval, disminución del peso de las pupas, efectos disuasorios en la alimentación, la supresión del comportamiento reproductivo y la reducción de la fertilidad o fecundidad (Vera *et al.*, 2016; Quintana *et al.*, 2016; Romo *et al.*, 2016; Gutiérrez *et al.*, 2017; Tanyi *et al.*, 2020; Flores *et al.*, 2020; Wan *et al.*, 2021; Paredes *et al.*, 2021; López *et al.*, 2022). La variedad de plantas reportadas con propiedades insecticida para el control de plagas, pueden actuar a diferentes niveles sobre la fisiología del insecto, dentro de las plantas más conocidas y utilizadas actualmente destaca, el árbol neem (*Azadirachta indica*), el cual contiene la azadiractina A que actúa bloqueando la síntesis y liberación de las hormonas de la muda (ecdisteroides) de la glándula protorácica.

El piretro, oleorresina extraída de las flores secas de *Tanacetum cinerariaefolium* que se caracteriza por la acción neurotóxica, que al igual que los alcaloides cevadina y veratridina, derivados de semillas del género *Schoenocaulon* actúan bloqueando los canales de sodio activados por voltaje en los axones nerviosos, provocando en el insecto convulsiones e hiperactividad y la nicotina, alcaloide derivado de *Nicotiana tabacum* L., *N. glauca* y *N. rustica*, que actúa en los receptores nicotínicos de acetilcolina (Duke *et al.*, 2010).

6.12. Descripción morfológica de *Caesalpinia coriaria* Jacq Willd

Árbol endémico de México, conocido comúnmente en varias partes del mundo como cascalote, guatapaná, dividivi, nacascalotl, nacascul, componente de bosques tropicales caducifolios, de aproximadamente 11 m de altura y 45 cm de diámetro, tronco frecuentemente corto y ramificado cerca de la base en bifurcaciones torcidas. Copa irregular, extendida y rala, frecuentemente achatada en la parte superior. La corteza es de color marrón claro o gris, áspera, seca y arrugada, formando placas gruesas escamosas. Hojas bipinnadas de 5-15 cm de largo, con muchas hojuelas diminutas estrechas de color verde mate, de 3-6 mm de largo y de menos de 1.5 mm de ancho, normalmente con puntos glandulares negros en el envés. Flores de

color amarillo claro o blancuzcas, de 6 mm de largo y ancho, con 5 pétalos, de 3 mm de largo, de color amarillo claro o blancuzcos, varias en racimos laterales cortos, con 10 estambres de menos de 6 mm de largo, con filamentos vellosos de color verde y anteras de color marrón, pistilo de más de 6 mm de largo con ovario de color verde amarilloso y estilo esbelto, cáliz de 5 sépalos oblongos de color verde amarilloso, de 3 mm de largo. Los racimos florales (racimos y panículas) son de 2-6 cm de largo. Vainas planas, gruesas y duras, de color marrón rojizo, cóncavas y enroscadas, de 3-6 cm de largo, 15 mm - 2.5 cm de ancho y 3 mm de grosor. Semillas elipsoides o reniformes, de color café brillante, de 6 mm de largo (Little *et al.*, 1988; Palma & González, 2018).

Se desarrolla en suelos arcillosos y calcáreos, particularmente vertisoles, pero también tolerante a suelos pobres y arenosos



Figura 5. Morfología de cascalote (*Caesalpinia coriaria*) en el trópico seco de Guerrero

6.12.1. Clasificación taxonómica (Little *et al.*, 1988)

Reino: Plantae

Phyllum o división: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Caesalpinia*

Especie: *Caesalpinia coriaria*

6.13. Usos tradicionales

Los diferentes componentes de este árbol son usados para tratar diversas enfermedades. Las raíces son utilizadas como antiséptico contra la gangrena. Los tallos contra el dolor de estómago. La corteza al igual que las raíces es empleada como antiséptico en infecciones locales, heridas y condiciones hemorrágicas. Las hojas se utilizan contra las fiebres intermitentes. Los frutos son empleados como antidiarreico, también para hacer gárgaras contra las afecciones de las amígdalas y fiebres intermitentes (Cruz, 2007). Asimismo, Olivares *et al.* (2011) mencionan que el follaje y frutos se encuentran como fuente principal del alimento del ganado bovino y ovino durante la época de sequía. Por otro lado, Mora *et al.* (2018) refiere diversos usos entre los que destacan; maderable, medicinal, árbol de sombra, árbol para leña, cercos vivos y artesanías.

6.14. Propiedades farmacológicas

Sus propiedades son diversas, Palma & González (2018) refieren que sus componentes morfológicos son usados como remedios caseros o medicinales, como antiséptico, antiinflamatorio, desparasitante, antibacteriano, astringentes, antidiarreico, en cuanto a la corteza y vainas, estas contienen de 30-45 % de

taninos, por lo cual son utilizadas para la curtiduría, además, recientemente se planteó que sus compuestos fenólicos logran tener actividad antineoplásica.

6.15. Composición química

En el cuadro 1 se reporta la composición química de *C. coriaria* (Mora *et al.*, 2018).

Cuadro 1. Composición química de hojas y vainas de *C. coriaria*

Componente	Vainas	Hojas
Humedad (%)	3.00	5.00
Materia seca (%)	97.00	95.00
Cenizas (%)	2.43	3.79
Proteína cruda (%)	4.84	12.81
Grasa cruda (%)	0.19	0.76
Fibra cruda (%)	3.35	41.46
Extracto libre de nitrógeno (%)	83.50	38.19
Fibra detergente neutro (%)	10.30	46.36
Fibra detergente ácido (%)	8.18	31.01

VII. LITERATURA CITADA

- Avalos, G. A & Pérez-Urria Carril, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. Serie Fisiología Vegetal. 2 (3). 119-145.
- Ángel, M. D., Pérez, J., & Morales, F. (2015). Toxicidad de extractos vegetales y hongos entomopatogenos en el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE), del maíz en el estado de Guerrero. Entomología Mexicana, 2.
- Aguirre LA, Hernández-Juárez A, Flores M, Cerna E, Landeros J, Frías GA, Harris MK. 2016. Evaluation of foliar damage by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to genetically modified corn (Poales: Poaceae) in Mexico. Florida Entomologist 99(2): 276–280. <https://doi.org/10.1653/024.099.0218>
- A.S.E.R.C.A. (2018). Maíz grano cultivo representativo de México. Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios. <https://www.gob.mx/aserca/articulos/maiz-grano-cultivo-representativo-de-mexico?idiom=es>
- Ayil-Gutiérrez, B. A., Sánchez-Teyer, L. F., Vazquez-Flota, F., Monforte-González, M., Tamayo-Ordóñez, Y., Tamayo-Ordóñez, M. C., & Rivera, G. (2018). Biological effects of natural products against *Spodoptera spp.* Crop Protection, 114, 195-207. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.08.032>
- Aguilar, E., Morales, C. J., Alonso, R. A., Rodríguez, C. & Aguilar, F. (2021). Compostos secundários de anona na proteção de plantas contra pests Secondary compounds of anona in plant protection against pests. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4, 5806-5815. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n4-078>
- Bahena, F., De Lange, E., Farnier, K., Cortéz, E., Sánchez, R., García, F., Miranda, M., Degen, T., Gaudillat B., Aguilar, R. (2010). Parasitismo en gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidóptera: Noctuidae) en el centro de México. Proceedings. XXXIII Congreso Nacional de Control Biológico. Uruapan, Michoacán, México: 204-209.

- Blanco CA, Pellegaud JG, Nava-Camberos U, Lugo-Barrera D, Vega-Aquino P, Coello J, Terán-Vargas AP, Vargas-Camplis J. 2014. Maize pests in Mexico and challenges for the adoption of integrated pest management programs. *Journal of Integrated Pest Management* 5(4): 1–9. <https://doi.org/10.1603/ipm14006>
- Capinera, J. (2014). Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). <https://doi.org/10.32473/edis-in255-2000>.
- Celis, A., Mendoza, C., & Pachón, M. E. (2009). Uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses. *Temas agrarios*. <https://doi.org/10.21897/rta.v14i1.1205>
- Cruz M., C. (2007). "Pruebas de sensibilidad y resistencia bacteriana frente a diferentes concentraciones de extracto de *Caesalpinia coriaria* (Guatanamá)". *Ciencia y Sociedad*, XXXII (1). 8-20.
- Champion, G. T. (2000). Bright and the field scale evaluations herbicides tolerant. *G M Trials*. AICC Newslwtter, 7.
- Falcón, A. B., Costales, D., González, D., & Nápoles, M. C. (2015). Nuevos productos naturales para la agricultura: Las Oligosacarinas. *Cultivos Tropicales*, 36, 111–129.
- F.A.O. (2017). Ciclo biológico del gusano cogollero del maíz (en américa latina). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/3/i7424s/i7424s.pdf>
- F.A.O. (2019). La FAO presenta 2020 como año internacional de la sanidad vegetal. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/news/story/es/item/1253562/icode/>
- F.A.O. (2022). La FAO intensifica la lucha contra el gusano cogollero del maíz. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Figueroa, A. M., Castro, E. A., & Castro, H. T. (2018). Efecto bioplaguicida de extractos vegetales para el control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz (*Zea mays*). *Acta biológica colombiana*, 58–66. <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol>

- Fragoso, L.C. (1990). Monografía del Estado de Guerrero, sur amate de mar y montaña. SEP, México, D.F. 1-237.
- Flores MA, Ramos MA, González MM, Zavala MA, Campos J, Soto L. 2020. Efecto insecticida e insectistático del aceite esencial de *Hyptis albida* (Kunth, 1817) contra sobre *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuide). Entomología Mexicana 62–66.
- García, D. E. (2004). Los metabolitos secundarios de las especies vegetales. Pastos y Forrajes. 27. 2078-8452.
- García, C., González, M. B., & Cortez, E. (2012). Uso de enemigos naturales y biorracionales para el control de plagas de maíz. Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable 8, 57–70.
- Gonzales, J. M., Bertoia, L., Nedilskyj M., Torrecillas, M. & Urretabizkaya, N. (2020). Estudio del ciclo vital y nuevas estrategias de manejo con bajo impacto ambiental para el control *Spodoptera frugiperda* Smith en el cultivo de maíz. Informe de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora. 80-94.
- Gutiérrez-Ramírez, A., Robles-Bermúdez, A., Cambero-Campos, J., Santillán-Ortega, C., Ortiz-Catón, M., Coronado-Blanco, J. M., & Campos-Figueroa, M. (2015). Parasitoides de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Encontrados en Nayarit, México. *Southwestern Entomologist*, 40(3), 555-564. <https://doi.org/10.3958/059.040.0314>
- Gutiérrez M, Aldana L, Valladares MG. 2017. Control sustentable de insectos plaga empleando fitoextractos. Revista Mexicana de Agroecosistemas 4: 48–52.
- Hernández, A., Hernández, E., López, J. A., Ríos, C., Varela, S. E. & Rodríguez, R. 2018. Insectos benéficos asociados al control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Agroproductividad, 11, 9–14
- Hernández, B., & Gamboa, M. (2019). Insecticidal and Nematicidal Contributions of Mexican Flora in the Search for Safer Biopesticides. molecules. <https://www.mdpi.com/journal/molecules>

- Jaramillo JG, Peña BV, Hernández JH, Díaz R, Espinosa A. (2018). Caracterización de productores de maíz de temporal en Tierra Blanca, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9: 911–923. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i5.1501>
- Jeger M, Bragard C, Caffier D, Candresse T, Chatzivassiliou E, Dehnen-Schmutz K, Gilioli G, Gregoire J-C, Jaques Miret JA, Navarro MN, Niere B, Parnell S, Potting R, Rafoss T, Rossi V, Urek G, Van Bruggen A, Van der Werf W, West J, Winter S, Gardi C, Aukhojee M and MacLeod A (2017). Scientific Opinion on the pest categorisation of *Spodoptera frugiperda*. *EFSA Journal* 2017;15(7):4927, 37 pp. <https://doi:10.2903/j.efsa.2017.4927>
- Koffi, D., Kyerematen, R., Eziah, V. Y., Agboka, K., Adom, M., Goergen, G., & Meagher, R. L. (2020). Natural Enemies of the Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in Ghana. *Florida Entomologist*, 103(1), 85-90. <https://doi.org/10.1653/024.103.0414>
- Little E., Woodbury O., & Wadsworth F. (1988). Árboles de Puerto Rico y las Islas Vírgenes, segundo volumen. U.S. Department of Agriculture. Agric. Handb. 449-S, p. 1-177.
- Lizarazo, K., Mendoza, C., & Carrero, R. (2008). Efecto de extractos vegetales de *Polygonum hydropiperoides*, *Solanum nigrum* y *Calliandra pittieri* sobre el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). *Agronomía Colombiana*, 427–434.
- López JJ, Chirinos DT, Ponce WH, Solórzano RF, Alarcón JP. 2022. Actividad insecticida de formulados botánicos sobre el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 48(1). <https://doi.org/10.25100/socolen.v48i1.11739>
- Mesa, V.A.M., Marín, P. A., Ocampo, O., Calle, J. & Monsalve, Z. (2019). Fungicidas a partir de extractos vegetales: una alternativa en el manejo integrado de hongos fitopatógenos. *Revista RIA*. 23-30.
- Monteon, A., Damián, A., Cruz, B., Duran, Y., Piedragil, B., Grifaldo, P. F., Hernández, E. & García, P. 2020. Eficacia de insecticidas botánicos y biorracionales para el control de trips (Thysanoptera: Thripidae) en árboles

- de mango en Veracruz, México. Revista Bio Ciencias, 7.
<https://doi.org/10.15741/revbio.07.e1031>
- Montilla, L., & Villegas, M. (2006). Elaboración y evaluación de un plaguicida natural para controlar la presencia del coquito azul (*Diphaulaca aulica*) en las plantas de caraota (*Phaseolus vulgaris*). Revista científica juvenil, 5.
- Mora, S. A., Román, M. M. L., Gonzáles, C. G. A. & Barrientos, R. L. (2018) Composición química del cascalote *Caesalpinia coriaria* (Jacq.) Willd., y diversidad de usos en el medio rural, del trópico seco. Revista de Investigación y Desarrollo. 24-28.
- Noguera, Y., Morales, P. (2021). Actividad insecticida de extractos etanólicos sobre *Spodoptera frugiperda* (Smith). Revitsa Científica Punkurí. 1: 94–103.
<https://doi.org/10.55155/punkuri.v1i2.24>
- Olivares-Pérez, J., Avilés-Novoa, F., Albarrán-Portillo, B., Rojas-Hernández, S., Castelán-Ortega. O.A. 2011. Identificación, usos y medición de leguminosas arbóreas forrajeras en ranchos ganaderos del sur del estado de México. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 14 (2): 739-748
- Ojito, K., & Portal, O. (2017). Metabolitos secundarios de las Plantas, una alternativa para el manejo de enfermedades en cultivos de interés económico. Academia española. 1-38.
- Ortiz, K. P., Aragón, A., Pérez, B. C., Juárez, D., & López, J. F. (2018). efecto de extractos vegetales y hongos entomopatogenos para el control de *Spodoptera frugiperda*, Smith (Lepidoptera: Noctuidae) en cultivo de maíz. Entomología mexicana.
- Olmedo-Juárez, A., Briones-Robles, T. I., Zaragoza-Bastida, A., Zamilpa, A., Ojeda-Ramírez, D., Mendoza de Gives, P., Olivares-Pérez, J. & Rivero-Perez, N. (2019). Antibacterial activity of compounds isolated from *Caesalpinia coriaria* (Jacq) Willd against important bacteria in public health. *Microbial Pathogenesis*, 136, 103660. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.103660>
- Palma, J. M. & Gonzales, C. (2018). Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable. Centro Universitario de Investigación y Desarrollo Agropecuario (CUIDA), Universidad de Colima.

- Pacheco Hernández, M. D. L., Reséndiz Martínez, J. F., & Arriola Padilla, V. J. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(56). 5-32. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.496>
- Paredes-Sánchez FA, Rivera G, Bocanegra-García V, Martínez-Padrón HY, Berrones-Morales M, Niño-García N, Herrera-Mayorga V. 2021. Advances in control strategies against *Spodoptera frugiperda*. A review. *Molecules* 26(18): 5587. <https://doi.org/10.3390/molecules26185587>
- Pérez, E. (2012). Plaguicidas botánicos: una alternativa a tener en cuenta. *Fitosanidad*, 51–59. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209125190002>
- Quintana CM, Ramos MA, Figueroa R, Moustapha M, Rico MA, Pacheco JR. 2016. Actividad insecticida e insectistática de *Senna crotalarioides* (Irwin y Barneby, 1979) (Fabacea) sobre *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuide). *Agroecología* 171–176.
- Rangel, J. C., Vásquez, M. F., & Del Rincón, M. C. (2014). Caracterización biológica y molecular de cepas exóticas de BACULOVIRUS SfNPV, con actividad bioinsecticida hacia una población mexicana del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Interciencia*, 39, 320–326. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33930879005>
- Rizzo, H. F., & La Rossa, F. R. (1993). Aspectos morfológicos y biológicos de la “oruga militar tardía” (J. E. Smith)) (Lep.: Noctuidae). *Revista Facultad de Agronomía*.
- Rojas, R. (1987). “Guía para realizar investigaciones sociales”. Ed. Plaza y Valdés.
- Romo, D., Martínez, D. E., Vázquez, B. E., Ramos, M. A., Figueroa, R., Flores, A., Rea, M. A. & Rodríguez, M. E. 2015. Compuestos botánicos como alternativa para el manejo del gusano cogollero del maíz. *Nthe*, 21-34.
- Romo D, Ramo, MA, Salinas DO, Figueroa R, Vela G, Vázquez BE. 2016. Evaluación del extracto hexánico del mirto sobre el gusano cogollero del maíz *Spodopetra frugiperda* J. E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae). *Entomología mexicana* 159–164.

- Rodríguez, B., Sarmiento, M. A., Rodríguez, J.M., Mendoza, M. & Lomeli, J.R. (2020). Artrópodos depredadores y parasitoides de artrópodos plaga. En Hugo Cesar Arredondo Bernal, Fernando Tamayo Mejía, Luis Ángel Rodríguez del Bosque. Fundamento y práctica del Control Biológico de plagas y enfermedades. 1a ed. pp. 97-137. Editorial del Colegio de Postgraduados.
- Sabillón, A., & Bustamante, M. (1995). Evaluación de extractos botánicos para el control de plagas del tomate (*Lycopersicon esculentum*). CEIBA, 36, 179–187.
- Salem, A. Z. M., Olivares, M., López, S., González, M., Rojo, R., Camacho, L. M., Cerillo, S. M. A., & Mejía, H. P. (2011). Effect of natural extracts of *Salix babylonica* and *Leucaena leucocephala* on nutrient digestibility and growth performance of lambs. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.08.002>
- Sepúlveda, G., Porta, H., & Rocha, M. (2004). La Participación de los Metabolitos Secundarios en la Defensa de las Plantas. Revista Mexicana de Fitopatología, 21. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61221317>
- SENASICA. (2021). Gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Ficha técnica. 1-22.
- Serrano, A. K., Coronado, J. M., Joaquín, S., Torres, R. I., & González, M. B. (2020). Ciclo biológico del gusano cogollero: plaga importante del maíz. *Bol. Soc. Mex. Entomo.*
- Sierra, M. A., Barros, R., Gómez, D., Mejía, A., & Suarez, D. (2018). Productos naturales: metabolitos secundarios y aceites esenciales. Fundación Universitaria Agraria de Colombia -UNIAGRARIA.
- Steel, R. y J. Torrie, 1988. “Bioestadística: principios y procedimientos”. 622p. 2ª ed. McGraw-Hill, México.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2021. Producción agrícola por Estado. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/

Statista, 2022. Fecha de consulta 04 de julio de 2022
<https://www.statista.com/statistics/254292/global-corn-production-by-country/>

- Tambo JA, Kansime MK, Mugambi I, Rwomushana I, Kenis M, Day RK, Lamontagne-Godwin J. 2020. Understanding smallholders' responses to fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) invasion: Evidence from five African countries. *Science of the Total Environment* 740: 140015. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140015>
- Tanyi, CB, Nkongho RN, Okolle JN, Tening AS, Ngosong C. 2020. Effect of intercropping beans with maize and botanical extract on fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) infestation. *International Journal of Agronomy* 2020: 1–7. <https://doi.org/10.1155/2020/4618190>
- Tejeda, M. A., Solís, J. F., Díaz, J. F., Peláez, A., Ayvar, S., & Mena, A. (2016). Evaluación de insecticidas en el control de gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz en cocula, guerrero. *Entomología mexicana*, 391–394.
- Vera, H.E., Vera, C. G., Bello, I. P., Tipán, J. C., Mendoza, G. E. & Avellan, M. (2016). Bioensayos para potenciar extractos vegetales y controlar insectos plagas del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Avances en Investigación Agropecuaria*. 17-32
- Wan J, Huang C, Li CY, Zhou HX, Ren YL, Li ZY, Xing LS, Zhang B, Qiao X, Liu B, Liu CH, Xi, Y, Liu WX, Wang WK, Qian WQ, Mckirdy S, Wan FH. 2021. Biology, invasion and management of the agricultural invader: Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Integrative Agriculture*, 20(3): 646–663. [https://doi.org/10.1016/s2095-3119\(20\)63367-6](https://doi.org/10.1016/s2095-3119(20)63367-6)
- Zenner de Polanía, I., Arévalo, H., & Mejía, R. (2007). El gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) y algunas plantas transgénicas. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 103–113. <https://doi.org/10.17584/rcch.2007v1i1.1149>

VIII. CAPÍTULO I

CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN PUNGARABATO, GUERRERO, MÉXICO

Itzel Sánchez-Alonso¹, Jaime Olivares-Pérez¹, Agustín Olmedo-Juárez², Abraham Monteón-Ojeda¹, Héctor Ramón Segura-Pacheco¹, Saúl Rojas-Hernández^{1*}

¹Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Carretera Iguala-Tuxpan, Km 2.5. Iguala de la Independencia, Guerrero, México.

²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP. Carretera Federal Cuernavaca-Cuautla. Col. Progreso. C.P. 62550 Jiutepec, Morelos, México.



RESUMEN

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es de suma importancia para México por su valor cultural, social y económico. En el presente estudio se describen las principales prácticas culturales que realizan los productores de maíz en el municipio de Pungarabato, Guerrero, México. Los datos se recopilaron mediante entrevistas usando una encuesta previamente estructurada, considerando un tamaño de muestra de 78 productores. La información obtenida indica que la edad promedio de los productores fue de 51.9 ± 16.7 años, con 8.4 ± 5.7 años de escolaridad, siembran en promedio 3.4 ha, cuentan con 28.6 ± 19.4 años dedicados a la actividad agrícola, el tipo de propiedad que prevalece es ejidal, la eventualidad de siembra que sobresale es en temporada de lluvias (temporal). En cuanto al manejo agronómico del cultivo, la semilla utilizada, método de sembrar, fertilización, control de arvenses y control de plagas se realiza con labores agrícolas convencionales. Se concluye que la producción de maíz en el municipio de Pungarabato se lleva a cabo con un manejo convencional donde el rendimiento promedio de grano de maíz por hectárea es de 4 t ha^{-1} en cultivo temporal y 4.8 t ha^{-1} en cultivo riego.

Palabras clave: Gusano cogollero, plaga, cultivo de maíz, insecticidas

ABSTRACT

The corn crop (*Zea mays* L.) is essential to Mexico due to its cultural, social, and economic value. The present study describes the primary cultural practices performed by corn producers in the Pungarabato municipality, Guerrero State, Mexico. Data was recovered through interviews using a previously structured questionnaire, considering a sample size of 78 producers. The obtained information indicated that the mean producers age was 51.9 ± 16.7 years, with a schooling degree of 8.4 ± 5.7 years. They sow an average of 3.4 accounting for 28.6 ± 19.4 years dedicated to agricultural activity, the type of land property is ejidal, being the rainy season, during the summer, the prevailing agricultural cycle. With respect to crop agronomic management, the utilized seeds, sowing method, fertilization and weeds control, and pest control is performed with conventional farm works. It was concluded that the corn crop in Pungarabato municipality is carried out with conventional management, where the mean yield of corn grain per hectare is 4.0 t ha^{-1} for seasonal crops and 4.8 t ha^{-1} for irrigated crops.

Keywords: armyworm, pest, corn crop, insecticides

INTRODUCCIÓN

El cultivo del maíz (*Zea mays* L.) es considerado como uno de los principales cereales a nivel mundial, es la principal fuente de energía en la dieta humana y animal (García et al., 2019; Saïdou et al., 2018; Espinoza, 2018; Hernández et al., 2018). México se encuentra en el séptimo lugar entre los principales países productores (statista, 2022). La aportación es de 27,503,477.82 toneladas, estando los estados de Sinaloa, Jalisco y Estado de México entre los mayores productores (SIAP, 2021). El estado de Guerrero cuenta con diversas regiones agroecológicas que favorecen la disponibilidad del cultivo en los dos ciclos agrícolas, conocidos como cultivo de temporal (primavera-verano: PV) y cultivo de riego (otoño-invierno: OI) (Reyes et al., 2021; Jaramillo et al., 2018). En el ciclo agrícola 2021 se obtuvo una producción de 1,059,136.50 t de las cuales 4,895.92 t fueron registradas en el municipio de Pungarabato (SIAP, 2021).

En ese municipio la superficie destinada a la siembra de maíz es de 1,238.90 ha de las cuales 710.25 ha son cultivadas por productores de pequeña escala, bajo condiciones de temporal y 528.65 ha bajo condiciones de riego (SIAP, 2021). El propósito de la producción es básicamente el autoconsumo y la comercialización. El rendimiento de este cereal se ve limitado por diversos factores como presencia de enfermedades, hierbas e insectos plagas, este último llegándose a convertir en un problema fitosanitario (Hernández et al., 2018). Entre las plagas más importantes en el cultivo se encuentra el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), el cual causa daño en todas las etapas fenológicas de la planta y disminuye hasta el 30% del rendimiento por hectárea (Capinera 2014).

En este contexto, la recopilación de la información sobre las labores culturales de todo el ciclo productivo de maíz es de suma importancia para garantizar el rendimiento del cultivo. Por lo tanto, la presente investigación tuvo como objetivo describir las principales prácticas culturales que realizan los productores de maíz en el municipio de Pungarabato, Guerrero, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se realizó en el municipio de Pungarabato, localizado en la región Tierra Caliente del estado de Guerrero (18° 20' 30" de latitud Norte y -100° 39' 18" de longitud Oeste), a 250 msnm. Predomina el clima cálido subhúmedo (Aw₀) con temperatura mínima y máxima de 28 y 46 °C (Fragoso, 1990).

Recolección de información

Con la finalidad de conocer información sobre las prácticas culturales que realizan los productores de maíz se realizó una encuesta aleatoria mediante entrevistas personales a 78 agricultores utilizando un cuestionario previamente estructurado como herramienta de recolección de datos. El tamaño de la muestra se determinó a partir de un universo de 410 productores mediante la fórmula descrita por Rojas (1987), los cuales fueron entrevistados durante visitas realizadas a sus parcelas de producción. La selección de la muestra consideró los siguientes criterios de inclusión: productores interesados, producción constante, unidad de producción agrícola de al menos una hectárea, experiencia mínima en la producción de maíz de al menos tres años, siendo seleccionados en la muestra tanto hombres como mujeres. Para el análisis se consideró la unidad de producción, preparación del terreno, tipo de semilla, siembra, fertilización edáfica, fertilización foliar y control de plagas

$$n = \frac{\frac{Z^2 q}{E^2 p}}{1 + \frac{1}{N} \left[\frac{Z^2 q}{E^2 p} \right] - 1}$$

n= Tamaño de muestra

Z = Nivel de confianza 95%

E = Nivel de precisión 10%

p = Variabilidad 0.5

q = Variabilidad 0.5

Análisis estadístico

La información se concentró en una base de datos en el programa Excel y se analizó mediante estadística descriptiva (Steel y Torrie, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el área de estudio los productores se caracterizan por no ser de edad muy avanzada, en promedio poseen 51.9 ± 16.7 años, sin embargo, poseen baja escolaridad, durante 8.4 ± 5.7 años de su vida han cursado algún grado de estudios. Estos resultados son similares a los reportados por Jaramillo *et al.* (2018) quienes reportan estudios con productores de maíz de temporal en el estado de Veracruz donde la edad promedio de los jefes de familia encuestados fue de 55 años y con escolaridad más baja que la de los reportados en nuestro estudio (5.5 años). Asimismo, esto concuerda con otros estudios con productores de maíz en el estado de Campeche y Puebla (Uzcanga *et al.*, 2015; Tucuch *et al.*, 2007; Zagoya, 2012) quienes indican que la edad promedio del productor es de 50 años y los estudios cursados son de nivel básico de hasta 5 años.

La superficie promedio de cultivo de maíz por productor fue de 3.4 ha, la trayectoria como productores de maíz es de 28.6 ± 19.4 años, respecto a la tenencia de la tierra, el 61 % es de tipo ejidal, 36 % privada y el 3 % corresponde a ejidal y privada (Cuadro 1). La siembra del cultivo en el Municipio de Pungarabato se realiza en los dos ciclos agrícolas, 54 % de los productores desarrolla el cultivo en época de lluvias (primavera-verano: PV), 5 % con sistema de riego (otoño-invierno: OI) y 41 % lo realiza en ambos ciclos agrícolas. Cabe mencionar que, bajo la modalidad de temporal los productores mencionaron obtener un rendimiento de 4 t ha^{-1} , mientras que, en el cultivo de riego obtienen un rendimiento promedio de 4.8 t ha^{-1} .

En cuanto al propósito de la producción el 33 % de los entrevistados mencionó destinar la producción para el autoconsumo familiar, 16 % a la comercialización y el 51 % lo destina para el autoconsumo y los excedentes para la comercialización (Cuadro 1). Estos resultados coinciden con lo reportado por Jaramillo *et al.* (2018), Uzcanga *et al.* (2015) y Zagoya (2012) quienes afirman que el principal propósito de

la producción está orientado al consumo familiar y en menor proporción a la comercialización

Cuadro 1. Datos de la unidad de producción

Tipo de propiedad		
Ejidal 61%	Privada 36%	Ejidal y privada 3%
Superficie sembrada		
3.4 hectáreas		
Eventualidad de siembra		
Temporal 54%	Riego 5%	Temporal y riego 41%
Propósito de la producción		
Autoconsumo 33%	Venta 16%	Ambas 51%

En el cuadro 2 se describe el manejo agronómico que los productores de maíz realizan en el cultivo. El 6 % de los productores aún lleva a cabo las labores para preparar el terreno con la ayuda de animales (yunta) mientras que la mayoría (94 %) las realiza con uso de maquinaria agrícola y estas consisten en barbechar el suelo 70 %, Rastrear 94 % y surcar 83 %. Dentro de las actividades identificadas y reportadas en otros estudios coincide la rastra agrícola, esto puede explicarse a que el rastreo es una de las actividades principales para el rompimiento de los terrones de suelo y facilitar una adecuada emergencia de la planta. Es importante resaltar que la superficie cultivable influye en la utilización de maquinaria agrícola, ya que a mayor superficie cultivable el uso de maquinaria en algunas labores es necesaria. En cuanto a la semilla que utilizan para sembrar, la mayoría de ellos (94%) prefiere comprar semilla mejorada (hibrida) y un bajo porcentaje (5 %) realiza el cultivo con semilla de maíces criollos que conserva del ciclo de cultivo anterior (Cuadro 3). El que la mayoría de los productores prefiera utilizar semilla mejorada se puede atribuir a que este tipo de semilla es ofertada a los productores mediante paquetes tecnológicos por las empresas comercializadoras locales y que a criterio de ellos con este tipo de semilla se obtienen rendimientos más altos. Asimismo, el 60 %

menciona no aplicar ningún tipo de producto a la semilla para protegerla contra plagas de la raíz puesto que la semilla comercializada ya lo contiene, pero, el 39 % mencionó hacerlo y los productos que utiliza son Semevin (55 %), Furadan (39 %), Alboran (3 %) y Petróleo (3 %) y 1 % manifestó desconocer esta actividad (Cuadro 4)

Cuadro 2. Información sobre la preparación del terreno

Labores agrícolas	
Yunta o tracción animal	6%
Mecanizable	94%
Barbecho	70%
Rastreo	94%
Surcado	83%

Cuadro 3. Tipos de semilla empleada para la siembra del cultivo de maíz

Tipo de semilla	Porcentaje
Maíz híbrido	94%
Maíz variedad	1%
Maíz criollo	5%
<i>Marca maíz híbrido</i>	
Pionner	29%
Proceso	40%
Dekalb	22%
Desconoce	3%
Otros	6%
<i>Marca maíz variedad</i>	
Elotero	
<i>Nombre maíz criollo</i>	
Tremesino	20%
Sapo	20%
Negro	20%
Rojo	20%
Desconoce	20%

Cuadro 4. Tratamiento a la semilla

Aplicación de tratamiento			
Si 39%	No 60 %	Desconoce 1%	
Producto utilizado			
Semevin 55%	Furadan 39%	Alboran 3%	Petróleo 3%
Jornales para realizar la actividad			
Familiar 33%	Contratado 67%		

El método de siembra que prevalece en la zona de estudio es con máquina sembradora (71 %), mientras que 21 % lo realiza tapando la semilla con el pie y 8 % utilizando herramientas conocidas localmente como espeque o chuso (Cuadro 5). Es importante mencionar que para las actividades que se desarrollan de forma "manual" se involucra principalmente a los miembros de la familia y en menor proporción mano de obra contratada con pagos desde \$250.00 por día

En lo que respecta a las labores culturales del cultivo, el 87.5% de los productores manifestó aplicar sellador (herbicida pre-emergente) al terminar de sembrar, esta actividad la realiza con la finalidad de evitar el establecimiento temprano de la vegetación arvense (Cuadro 6), ya que a su criterio esta es una forma para que la vegetación arvense no compita o robe nutrientes al cultivo durante la nacencia

Cuadro 5. Método de siembra

Método de siembra	
Maquinaria	71%
Manual con espeque o chuso	8%
Semilla tapada con el pie	21%
Jornales para realizar la actividad	
Familiar 60%	Contratado 40%

Cuadro 6. Aplicación de tratamiento pre-emergente

Aplica sellador (herbicida pre-emergente)	
Si 87.5%	No 12.5%
Producto	
Atrazina y terbutrina	35%
Desaprax	2%
Glifosato	8%
Picloram y 2,4-D	5%
Paraquat	3%
Atrazina y s-metolaclor	25%
Atrazina	3%
Isoxaflutole y Thiencazone Metil	8%
Acetoclor	11%
Jornales para realizar la actividad	
Familiar 18%	Contratado 82%

Para el control de la vegetación arvense durante el desarrollo vegetativo de la planta el 91 % de los productores lo realiza de forma convencional y lo fracciona en tres aplicaciones, con herbicidas de formula química (industriales); entre los herbicidas más utilizados destacan el Paraquat (32 %), Picloram y 2,4-D (28 %) y el glifosato (11%) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Herbicidas utilizados para el control de arvenses

Aplicación de herbicidas		
Si 91 %	No 9 %	
Una aplicación	Dos aplicaciones	Tres aplicaciones
42 %	48 %	10%
Herbicida aplicado		
Paraquat	32 %	
Picloram y 2,4-D	28 %	
Glifosato	11 %	
Mesotrione y nicosulfuron	7 %	
2,4-D	7 %	
Dicamba y atrazina	4 %	
Atrazina y s-metolaclor	4 %	
Nicosulfuron	3 %	
Glufosinato de amonio	1 %	

Picloram	1 %
Jornales para realizar la actividad	
Familiar 19 %	Contratado 81 %

Otra de las labores de mantenimiento al cultivo es la fertilización, con la finalidad de mejorar el rendimiento del grano los productores mencionaron llevar a cabo aplicaciones de fertilización edáfica y foliar, el 100 % realiza la aplicación de fertilizante químico al suelo (Cuadro 8) y el 66 % la aplicación de fertilizante foliar (Cuadro 9)

En la fertilización al suelo la mayoría de los productores (74 %) realiza dos aplicaciones y solo un 26 % lleva a cabo tres aplicaciones fraccionadas. Regularmente aquellos productores que realizan la siembra mecánica llevan a cabo conjuntamente la primera fertilización (fertilización de fondo). La incorporación de nutrientes al suelo y los días de aplicación mediante la práctica de fertilización química se muestra en el cuadro 8. Se observa que la mayoría de los productores priorizan el uso de sulfato de amonio, seguido de fosfato diamónico y urea. Cabe mencionar que algunas veces la incorporación de nutrimentos se lleva a cabo en forma de mezcla y se fracciona hasta tres veces durante el ciclo productivo del cultivo

Cuadro 8. Fertilización edáfica y tipos de fertilizantes

Fertilización edáfica		
Una aplicación 0 %	Dos aplicaciones 74 %	Tres aplicaciones 26 %
Días a la primera aplicación	Días a la segunda aplicación	Días a la tercera aplicación
12	41	59
Fertilizante aplicado		
Sulfato de amonio y DAP 41 %	Sulfato amonio 26 %	Urea 14 %
DAP 24 %	Urea 25 %	Sulfato amonio 3 %

Sulfato de amonio 14 %	Sulfato de amonio y DAP 14 %	Urea y DAP 3 %
Sulfato de amonio, DAP y Cloruro de potasio 8 %	Sulfato de amonio y urea 13 %	DAP y sulfato de amonio 3 %
DAP y urea 5 %	Urea y DAP 10 %	Urea y fosfonitrato 3 %
Sulfato de amonio y cloruro de potasio 4 %	DAP 6 %	Urea y sulfato de amonio 1 %
Sulfato de amonio y urea 1 %	Sulfato de amonio y cloruro de potasio 3 %	
Sulfato de amonio, DAP y urea 1 %	Urea y cloruro de potasio 1 %	Fosfonitrato 1 %
Urea 1 %	Urea y fosfonitrato 1 %	
Cloruro de potasio 1 %	Sulfato de amonio, urea y DAP 1 %	

De los productores que aplican la fertilización foliar, el 55 % la realizan en tres aplicaciones fraccionadas con productos a base de N, P, K, y otros micro elementos que se muestran en el cuadro 9. Es importante resaltar que el 25 % de ellos desconoce la composición química del producto foliar que aplica.

Cuadro 9. Fertilización foliar y tipos de fertilizantes

Fertilización foliar		
Si 66 %	No 34 %	
No. de aplicaciones		
Primera aplicación	Segunda aplicación	Tercera aplicación
15 %	30 %	55 %
Días a la aplicación		
9	26	38
Producto		
Orgánico	17 %	
Acidos humicos y calcio	2 %	
NPK + microelementos	55 %	

MgO, S,B,Cu, Fe, Mn, Mo, Zn,	
Extracto de Ascophyllum	
nodosum	2 %
Desconocen	25 %

Jornales para realizar la actividad

Familiar 15 %

Contratado 85 %

Las prácticas de fertilización encontradas en el presente estudio coinciden con Uzcanga *et al.* (2015) y Jaramillo *et al.* (2018). Este último refiere estudios realizados en el estado de Veracruz, donde los productores realizan la siembra en dos ciclos agrícolas: temporal y riego, los principales fertilizantes utilizados en el cultivo de temporal es la urea, el sulfato de amonio, el fosfato diamónico-DAP y triple 17, siendo estos incorporados en al menos una aplicación, para obtener rendimientos de 2.8 t ha⁻¹, que son inferiores a los expresados por los productores en este estudio. De igual modo, Uzcanga *et al.* (2015) reportan que el 59.38 % de los productores realiza la primera fertilización en conjunto con la siembra (fertilización de fondo) y el 33.65 % lo hace post emergencia distribuida en tres aplicaciones, de acuerdo con su percepción realizar la fertilización de fondo resulta más efectiva (4.55 t ha⁻¹). Por otro lado, Zagoya (2012) menciona que la mayoría de los encuestados (93 %) utiliza fertilizantes químicos, pero también un porcentaje significativo de productores (73 %) emplea abonos orgánicos procedente de excretas de animales domésticos

Dentro de los factores que afectan el rendimiento del grano, Jaramillo *et al.* (2018) mencionan la densidad de plantas y Capetillo *et al.* (2021) describen la fertilización, debido a que los productores no aplican en la cantidad, ni en el momento adecuado en que la planta lo requiere. La demanda de nitrógeno por el cultivo de maíz en estudios realizados en algunas localidades del municipio de Jamapa, Veracruz fue desde los 58.8 hasta los 86.2 Kg ha⁻¹ (Capetillo *et al.*, 2021)

En este estudio desarrollado en el Municipio de Pungarabato se observó que en la densidad de siembra predomina el principio de un bulto de maíz por hectárea que equivale a 60 mil semillas, y en la fertilización nitrogenada a pesar de que la lleva a cabo el total de los productores con 100 hasta 200 kg ha⁻¹, ésta se fracciona y se

practica de acuerdo al criterio común de cada agricultor y no precisamente bajo conocimiento de las deficiencias del suelo y las demandas de la planta por etapa de crecimiento.

Davies *et al.* (2020) mencionan que el efecto del momento de la aplicación del fertilizante de nitrógeno en el rendimiento del grano de maíz arroja resultados mixtos que son específicos del lugar, menciona que la aplicación de nitrógeno a la siembra o en aplicaciones divididas post emergencia para algunos tipos de suelo no tiene impacto significativo en el rendimiento del grano mientras que en otros sí. Garbanzo *et al.* (2021) reportan para suelos de Costa Rica respuesta favorable con dosis de 75 kg N ha⁻¹ y densidades poblacionales de 50 000 y 62 500 plantas ha⁻¹. Estos antecedentes remarcan que las fallas en el manejo del suelo, el cultivo y los fertilizantes nitrogenados, pueden reducir la absorción de nutrientes y contrariamente favorecer las pérdidas por volatilización, desnitrificación y lixiviación, contribuyendo a una excesiva dependencia, bajos rendimientos y problemas económicos (Capetillo *et al.*, 2021; Gudelj *et al.*, 2018)

En el cuadro 10 se describen los insecticidas utilizados para el control de plagas del cultivo. El cultivo de maíz en todas sus etapas fenológicas alberga una amplia diversidad de artrópodos, algunos de ellos consideradas plagas a criterio del productor causando daños en menor o mayor proporción. El control de plagas se realiza con insecticidas convencionales en intervalos establecidos al criterio de cada agricultor, ya sea cuando realizan la aplicación de foliares o de acuerdo a la etapa fenológica de la planta y no precisamente bajo monitoreo sistematizado, la mayoría de los productores (87.5 %) manifestó tener principalmente problemas con gusano cogollero (*S. frugiperda*) y en menor proporción (12.5 %) con otros insectos, que no los considera como un problema grave por lo cual en la mayoría de los casos no destina en específico un tipo de control y cuando lo realiza lo lleva a cabo de forma química con insecticidas destinados para la plaga principal *S. frugiperda*. Entre los insecticidas más utilizados se encuentra Clorpirifos (56%), Permetrina (11 %) y Benzoato de emamectina (11 %).

Los productores revelaron que la incidencia de gusano cogollero es mayor en el ciclo productivo primavera-verano comparado al ciclo otoño-invierno, asimismo,

mencionaron que dentro del ciclo primavera-verano (época de lluvias) las infestaciones de gusano aumentan en los pequeños veranos. Al igual que en el control de arvenses y la fertilización, el número de aplicaciones que realizan para el control de plagas es de manera fraccionada hasta con tres aplicaciones durante el ciclo productivo

Cuadro 10. Productos químicos usados para el control de plagas

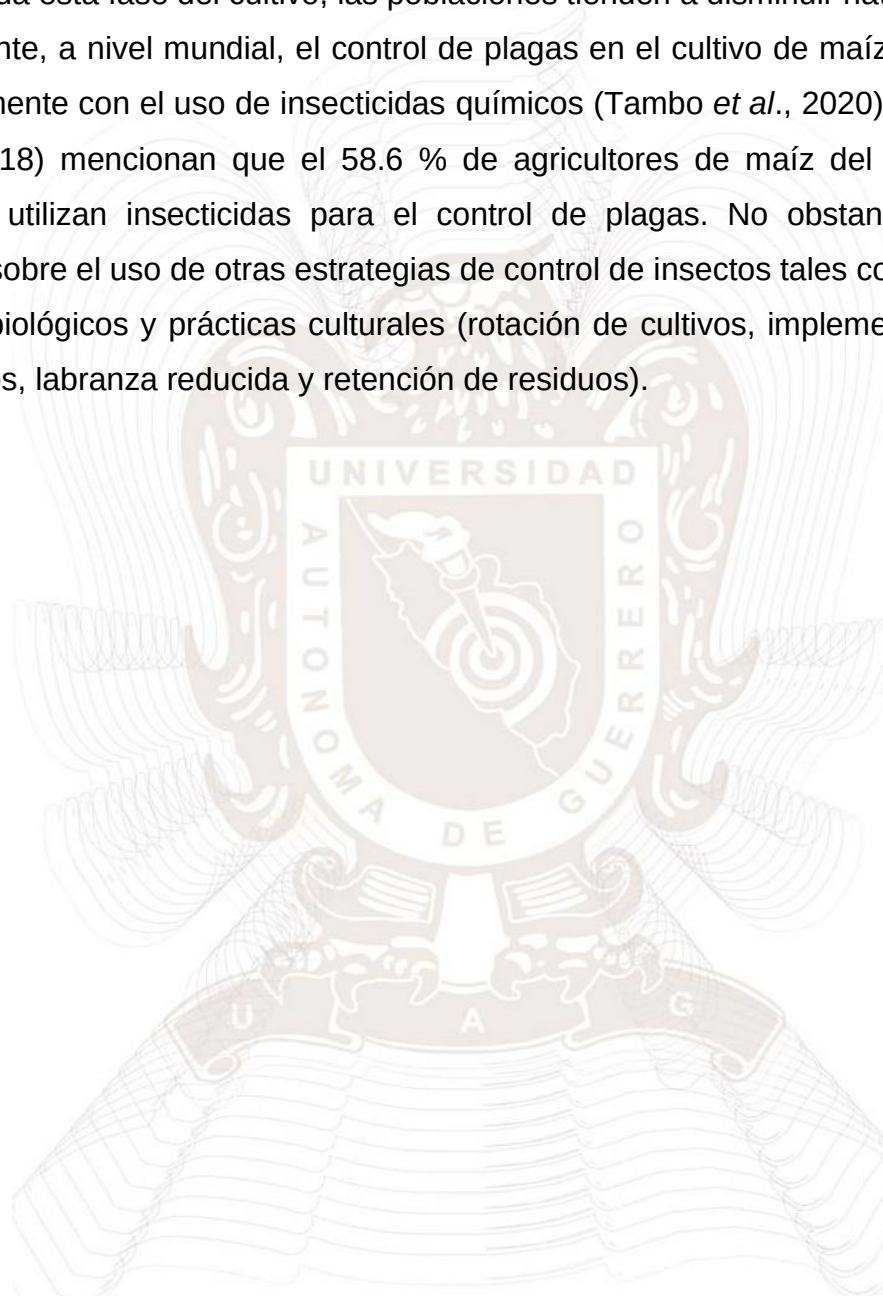
Insectos presentes	
<i>S. frugiperda</i>	Otros
87.5 %	12.5 %
Días a la primera aplicación	
18	
Insecticida aplicado	
Clorpirifos	56 %
Permetrina	11 %
Benzoato de emamectina	11 %
Cipermetrina	11 %
Paratión metílico	11 %

Con respecto a la frecuencia con que realizan el control, en promedio a los 18 días los productores inician las aplicaciones de insecticidas para el control de *S. frugiperda* y otras plagas.

Estos resultados coinciden por lo reportado por Uzcanga *et al.* (2015) y son superiores a los reportado por Turiján *et al.* (2012). Uzcanga *et al.* (2015) se identificó que más de la mitad de los productores 55.2 % aplicó algún tipo de insecticida principalmente para controlar gusano cogollero después de los 30 días post emergencia, mientras que Turiján *et al.* (2012) manifestaron que sólo 22 % de los productores aplicó algún tipo de insecticida principalmente para controlar frailecillo y chapulín. Además, el 24 % de ellos reportó tener problemas con plagas,

pero al igual que lo reportado en nuestro estudio mencionaron no realizar ningún tipo de control puesto que no lo consideraban como un problema grave

Dal Pogetto *et al.* (2012) describen que el momento adecuado en la aplicación de insecticida para el control de *S. frugiperda* es a los 20 días post-emergencia y que intervenciones fuera de este periodo se traduce en fallas sobre el manejo, ya que, transcurrida esta fase del cultivo, las poblaciones tienden a disminuir naturalmente. Actualmente, a nivel mundial, el control de plagas en el cultivo de maíz se realiza principalmente con el uso de insecticidas químicos (Tambo *et al.*, 2020). Jaramillo *et al.* (2018) mencionan que el 58.6 % de agricultores de maíz del Estado de Veracruz utilizan insecticidas para el control de plagas. No obstante, existen reportes sobre el uso de otras estrategias de control de insectos tales como uso de agentes biológicos y prácticas culturales (rotación de cultivos, implementación de policultivos, labranza reducida y retención de residuos).



CONCLUSIONES

En el municipio de Pungarabato, Guerrero, la mayoría de los productores de maíz desarrollan el cultivo con labores convencionales en los dos ciclos agrícolas, temporal y riego, bajo la modalidad de temporal obtienen un rendimiento de 4 t ha⁻¹, mientras que, en riego obtienen un rendimiento promedio de 4.8 t ha⁻¹.

El principal propósito del desarrollo de la actividad agrícola es el autoconsumo y la comercialización, durante el ciclo productivo las labores de preparación del suelo, siembra, control de arvenses, fertilización y control de plagas se realizan de forma convencional, estas últimas llevadas a cabo de forma fraccionada durante el ciclo productivo de la planta.



LITERATURA CITADA

- Capetillo, A., López, C. J., Zetina, R., Reynolds, M. A., Matilde, C., Cadena, M., & López, J. A. 2021. Modelo conceptual de fertilización nitrogenada para maíz (*Zea mays* L.) en Veracruz, México. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 7, 1–15. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v7i14.12606>
- Davies, B., Coulter, J. A., & Pagliari, P. H. 2020. Timing and rate of nitrogen fertilization influence maize yield and nitrogen use efficiency. *PLoS ONE*, 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233674M>
- Espinoza-Vanegas WL. 2018. Los cereales como fuente de alimentación primaria para la humanidad. *Revista Multi-Ensayos*, 4(7): 47–54. <https://doi.org/10.5377/multiensayos.v4i7.9493>
- Fragoso LC. 1990. Ubicación geográfica del Municipio de Pungarabato. Monografía del Estado de Guerrero, sur amate de mar y montaña. SEP, México, D.F. 237.
- Garbanzo, G., Alvarado, A., Vargas, J. C., Cabalceta, G., & Vega, E. V. 2021. Fertilización con nitrógeno y potasio en maíz en un Alfisol de Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 32, 1–12. <https://doi.org/10.15517/am.v32i1.39822>
- García MK, Guerrero AM, Cabrera CF. 2019. Evapotranspiración y requerimientos de agua para la programación de riego de los cultivos *Saccharum officinarum* L. (Poaceae) “caña de azúcar”, *Zea mays* L. (Poaceae) “maíz” y *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) “espárrago” en el valle Chicama, Perú. *Arnaldoa*, 793–814. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.262.26218>
- Gudelj, V. J., Vallone, P. S., Galarza, C. M., Anselmi, H. J., Donadio, H. R., Salafia, A. G. y Conde, M. B. 2018. Evaluación de la fertilización en maíz con nitrógeno, fósforo, azufre y zinc. Ediciones INTA. 1-7. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_maiz_fertnpszn_18mj.pdf
- Hernández A, Osorio E, López JA, Ríos C, Varela SE, Rodríguez R. 2018. Insectos benéficos asociados al control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Agroproductividad* 11: 9–14.

- Jaramillo, J. G., Peña, B. V., Hernández, J. H., Díaz, R., & Espinosa, A. 2018. Caracterización de productores de maíz de temporal en Tierra Blanca, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9, 1–13. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i5.1501>
- Reyes-García, G., Palemón-Alberto, F., Gómez-Montiel, N. O., Espinosa-Calderón, A., Ortega-Acosta, S. N., Castillo-González, F., Gámez-Vázquez, A. J., Moreno-Velázquez, D., Hernández-Galeno, C. D. N. & Damián-Nava, A. 2021. Características bioquímicas de variedades de maíz. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 7(1). <https://doi.org/10.30973/aap/2021.7.0071010>
- Pogetto MD, Prado E, Gimenes M, Christovam R, Rezende D, Aguiar-Jun H, Costa S, Raetano C. 2012. Corn yield with reduction of insecticidal sprayings against fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Agronomy* 11(1): 17–21. <https://doi.org/10.3923/ja.2012.17.21>
- Rojas R. 1987. “Guía para realizar investigaciones sociales”. Ed. Plaza y Valdés. 297-305.
- Saïdou, A., Balogoun, I., Ahoton, E. L., Igué, A. M., Youl, S., Ezui, G., & Mando, A. 2017. Fertilizer recommendations for maize production in the South Sudan and Sudano-Guinean zones of Benin. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 1–13. <https://doi.org/10.1007/s10705-017-9902-6>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2021. Producción agrícola por Estado. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/
- Statista, 2022. Fecha de consulta 04 de julio de 2022 <https://www.statista.com/statistics/254292/global-corn-production-by-country/>
- Steel, R. y J. Torrie, 1988. “Bioestadística: principios y procedimientos”. 622p. 2ª ed. McGraw-Hill, México.
- Tambo JA, Kansime MK, Mugambi I, Rwomushana I, Kenis M, Day RK, Lamontagne-Godwin J. 2020. Understanding smallholders’ responses to fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) invasion: Evidence from five African countries. *Science of the Total Environment* 740: 140015. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140015>

- Tucuch, F. M., Ku, R., Estrada, J. D. & Palacios, A. 2007. Caracterización de la producción de Maíz en la zona centro-norte del estado de Campeche, México. *Agronomía mesoamericana*, 263-270. ISSN: 1021-7444.
- Turiján, T., Damián, M. A., Ramírez, B., Juárez, J. P. & Estrella, N. 2011. Manejo tradicional e innovación tecnológica en cultivo de maíz en San José Chiapa, Puebla. Traditional management and technological innovation of maize in San José Chiapa, Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3, 1085-1100.
- Uzcanga, N. G., Cano, A. De J., Medina, J. & Arellano, J. De J. 2015. Caracterización de los productores de maíz de temporal en el estado de Campeche, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 36, 1295-1305. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.200172>
- Zagoya, J. 2012. Sistema tradicional utilizado en la producción de maíz en La Sierra Nevada de Puebla, México. 1-6.



IX. CAPÍTULO II

MANAGEMENT PRACTICES FOR *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH) CONTROL ON *Zea Mays* (L.) IN PUNGARABATO, GUERRERO, MEXICO

CONTROL DEL GUSANO COGOLLERO DEL MAÍZ

**Itzel Sánchez-Alonso^{1,2}, Saúl Rojas-Hernández^{1*}, Jaime Olivares-Pérez¹,
Agustín Olmedo-Juárez³, Abraham Monteon-Ojeda¹, Héctor Ramón Segura-
Pacheco¹**

¹Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Carretera Iguala-Tuxpan, Km 2.5. Iguala de la Independencia, Guerrero, México, CP. 40101. saulrh@hotmail.com

²Instituto Tecnológico de Cd. Altamirano. Av. Pungarabato s/n. Col. Morelos. Cd. Altamirano, Guerrero, México. C.P. 40660

³INIFAP-Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, Carretera Federal Cuernavaca-Cuautla. Col. Progreso. C.P. 62550 Jiutepec, Morelos, México.

ABSTRACT

Spodoptera frugiperda J.E. Smith (fall armyworm) is the more important pest of corn crop (*Zea mays* L.) in Mexico and worldwide. The study was carried out to identify and describe the developed practices by corn producers to *S. frugiperda* control in crops in Pungarabato, Guerrero, Mexico. The information was collected from 78 producers, through direct interviews, supported by a structured survey to obtain information on the presence of the parasite, control methods and effectiveness, pesticides used and forms of application. All the producers reported the fall armyworm as the main problem in the corn crop. The pest was more aggressive in rainfed crops (70% spring-summer). About 95 % of the producers carry out the chemical control against *S. frugiperda* to reduce the damage caused to the crops. The main insecticides used are permethrin (27%), chlorpyrifos (17%), emamectin benzoate (15%) and spinetoram (15%). The producers applied the insecticides at common criteria, in only one application (11%), two applications (53%) and three occasions (36%) during the productive cycle of the plant. The control was developed according to common criteria y 68% of the producers implemented it when they observed an affectation of $\leq 10\%$ of the plant. It is concluded that *S. frugiperda* affects more the corn crop developed in the rainy season (spring-summer), the main control method in the area is the chemical one, implemented at the common criteria of the farmers.

Key words: Fall armyworm, pest, maize crop, insecticides

RESUMEN

Spodoptera frugiperda (gusano cogollero) es la plaga más importante en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en México y otros países. El estudio se realizó para identificar y describir las prácticas que desarrollan los productores de maíz para controlar a *S. frugiperda* en los cultivos en Pungarabato, Guerrero, México. La información se recopiló de 78 productores, mediante entrevistas directas, apoyados en una encuesta estructurada para obtener información sobre la presencia del parásito, métodos y eficacia del control, plaguicidas utilizados y formas de aplicación. El total de los productores reportaron al gusano cogollero como el principal problema en el cultivo de maíz. La plaga fue más agresiva en los cultivos de temporal (70 % primavera-verano). Alrededor del 95 % de los productores realizan el control químico contra *S. frugiperda* para reducir los daños que ocasiona a los cultivos. Los principales insecticidas utilizados son permetrina (27 %), clorpirifós (17 %), benzoato de emamectina (15 %) y spinetoram (15 %). Los productores aplicaron los insecticidas a criterio común, en solo una aplicación (el 11 %), dos aplicaciones (el 53 %) y tres veces (el 36 %) durante el ciclo productivo de la planta. El control lo desarrollaron a criterio común y el 68 % de los productores lo implemento cuando observó una afección ≤ 10 % de la planta. Se concluye que *S. frugiperda* afecta más al cultivo de maíz desarrollado en época de lluvias (primavera-verano), el principal método de control en la zona es el químico, implementado a criterio común de los agricultores.

Palabras clave: Gusano cogollero, plaga, cultivo de maíz, insecticidas

INTRODUCTION

Maize (*Zea mays* L.) is the main cereal used worldwide for human and livestock feeding (Saïdou et al. 2018; Espinoza 2018; Hernández et al. 2018; García et al. 2019). The main producing countries are the United States, China, Brazil, Argentina, Ukraine, India, Mexico, Canada, Indonesia, and South Africa (Statista 2022). The contribution of Mexico is 27,503,477.82 tons, with the states of Sinaloa, Jalisco and the State of Mexico being the largest producers (SIAP 2021). Maize cultivation in the state of Guerrero is carried out in two agricultural cycles, spring-summer (PV) and autumn-winter (OI) or also named rainfed crops and irrigated crops (Jaramillo et al. 2018). For the 2021 agricultural cycle, the SIAP reported a production of 1,460,629.28 tons of which the municipality of Pungarabato contributed 4,897.02 and allocated an area of 1,238.90 hectares for planting. During all the phenological stages of the plant and even in storage, this cereal is attacked by various arthropod species (Hernández et al. 2019). The fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) (*Lepidoptera: Noctuidae*) is one of the most economically important pests in maize crops and can lodge in more than 350 of different plant families (Montezano et al. 2018; Wan et al. 2021) of which maize is the most susceptible (Aguirre et al. 2016). It produces losses of more than 30 % of the yield and may eventually destroy the entire crop (Romo et al. 2015; Aguirre et al. 2016). Its life cycle develops in four phases; egg, larva, pupa, and adult, of which the larval stage is the most damaging to the plant. In Mexico, the main method of controlling the insect is the use of chemical insecticides, with annual volumes reaching 3,000 t of insecticide (Blanco et al. 2014). The insecticides used are organophosphates, carbamates and pyrethroids, which act as acetylcholinesterase inhibitors and sodium channel modulators (Gutiérrez et al. 2018). This control practice can lead to the incorrect and excessive use of insecticides on the market and thus to the selection of *Spodoptera frugiperda* colonies resistant to the different active compounds (Wan et al. 2021; Kenis et al. 2019; Aguirre et al. 2016; Romo et al. 2015). A study that describes the cultural work on the control of pests in the corn crop is important because it can assess successes and errors in the process that at some point may be related to the development of resistance and the effectiveness of control. The study aims to

describe the main control practices of *S. frugiperda* in maize production in Pungarabato, Guerrero, Mexico.



MATERIALS AND METHODS

Study area

The research was carried out in the municipality of Pungarabato, located in the Tierra Caliente region of the state of Guerrero, Mexico (18° 20' 30" North latitude and -100° 39' 18" West longitude), at 250 masl. The warm subhumid climate (Aw0) predominates with a minimum and maximum temperatures of 28 and 46 °C (Fragoso 1990).

Data collection

The study considered 78 producers as a sample of a total of 410 farmers in the study area (interested producers, with constant production, agricultural production unit of one-hectare, minimum experience in maize production of three years and both genders). The sample was determined by the formula described by Rojas (1987) with a confidence level of 95 % ($Z=1.96$), maximum tolerable error of 10% and the maximum variation (p and q) of 50 %. Information on the control of fall armyworm in maize was collected from random interviews with maize farmers until the sample was completed, using a structured questionnaire as a data collection tool. For the analysis, the insecticides used, the days to the application, the number of applications, the presence of fall armyworm, biological control and the use of plant extracts were considered.

Monitoring of *S. frugiperda* in corn crops

It was carried out in the seasonal productive cycle (June-September) in the town the Limones, belonging to the Mpie. of Pungarabato, to record the number of remaining larvae three days after the application of the chemical treatment, in a surface of 6 ha of maize cultivation. The evaluation period included from the first to the last application. In each plot, five points/ha⁻¹ of 1 m² were randomly selected for a total of 6 m²/ha, the presence of organisms was determined by manual search and visual identification of live larvae.

Statistical analysis

The information was concentrated in a database in the Excel program and analyzed using descriptive statistics (Steel and Torrie 1988).



RESULTS AND DISCUSSION

In the study area, the maize farmers are, in average 51.9 ± 16.7 years old, however, they have low schooling, generally they have remained or completed a mean of 8.4 ± 5.7 years of their lives, which indicated a level of preparation between primary to upper secondary. On average, the corn cultivation area per producer was 3.4 ha, and with an average trajectory in the activity of 28.6 ± 19.4 years. Most producers (70 %) report that the incidence of *S. frugiperda* is higher in the spring-summer productive cycle compared to the autumn-winter cycle and within the spring-summer cycle (rainy season) worm infestations increase over the cultivation of corn (79 % of the producers) in the short summers (Figure 1). The increase in infestations in short summers can be attributed to the fact that the environmental conditions of T° and relative humidity were propitious for the development, survival, and reproduction of the insect. Kumar et al. (2022) related a temperature of 28°C as ideal for *S. frugiperda* to develop its life cycle during the summer, other studies also relate temperature (26 to 32°C) as a factor related to the population dynamics of pests in crops, especially with the early presence and abundance of insects, attributed to short biological cycles and therefore more generations per agricultural season (Du Plessis et al. 2020; Ramírez et al. 2020; Skendžić et al. 2021). He et al. (2021) reported that survival and pupal population increased in cultures when atmospheric relative humidity was 80% and tended to decrease when reaching 100 % and below 60 %. A ground-level relative humidity of 6.8 – 47.5 % was adequate for fall armyworm survival and hatching to pupation but fall armyworm could not pupate normally in soil with 88.3 and 95.1 % ground-level relative humidity (He et al. 2021).

In the control practices of *S. frugiperda*, 68 % of the producers indicate that they implement it at common criteria when they appreciate a plant damage less than or equal to 10 %, 14 % when there is a damage between 11 and 20 % and only 3 % when there is greater damage (Figure 1). Although in 95 % of the producers the chemical control of the parasite is justified due to some damage in the crop, the remaining 15 % of the producers fumigate preventively without observing any outbreak of the pest, which indicates that a pest does not develop. systematized

monitoring, as established by Dal Pogetto et al. (2012) so that preventive practices with agrochemicals are unnecessary and, conversely, have a significant impact on the development of resistance, environmental contamination and the reduction of natural enemies of *S. frugiperda* and other insect and non-insect arthropods that take refuge in corn crops such as termites, grasshoppers, mealybugs, crickets, ladybugs, among others, to establish their biological niche, without posing a threat to the crop (Figure 2).

After treatment applied to control the armyworm, 57 % of the producers mention that the plants recover by 80 % and 19 % appreciate a recovery of the crop by 60 % (Figure 1), which was corroborated with random larvae monitoring (L), where a remanence of 6600 L/ha and 5300 L/ha was detected three to five days after the first and second application (Table 1), which is worrying because it may be an indication of initiation of resistance to the formulas used for control. Fernandes et al. (2019) mentioned that resistance is generally caused by failures in the application or frequent abuse of chemical control practices developed by producers. In this study, practices such as non-rotation products were detected in 51 % of the producers, in addition, most of the producers (59 %) did not dose the product considering the manufacturer's recommendation, but rather they developed this practice subjectively to common criteria (Table 1). Gomes et al. (2020) found that the larvae of *S. frugiperda* at the field level have a more efficient intestinal microbiota to metabolize insecticides and thus detoxify the larvae, granting greater resistance. This phenomenon is observed and developed by the parasite when it is frequently exposed to chemical formulas (Akami et al. 2019), in the study carried out, a large proportion of producers control between two (53 %) or three (36 %) occasions per production cycle and without rotating chemical products (Table 1). The signs of resistance are alarming because the ability of the parasite to inherit the resistant trait autosomal to its offspring has been demonstrated (Bolzan et al. 2019).

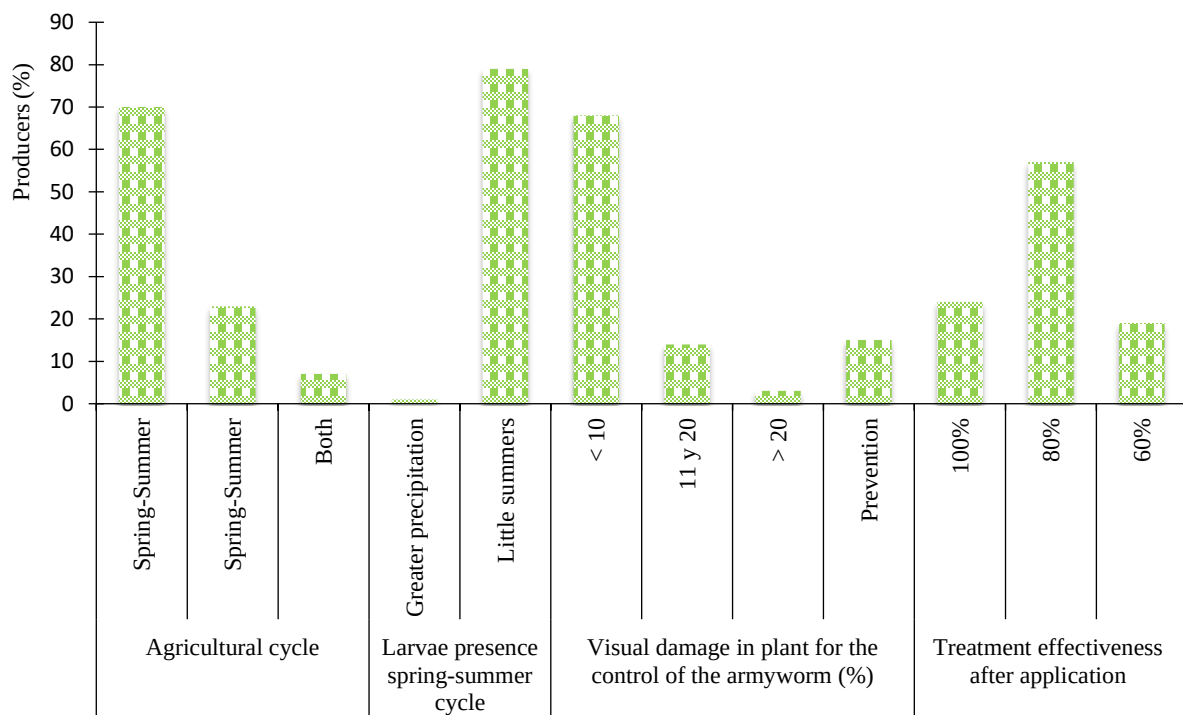


Figure 1. Percentage of presence of *S. frugiperda* related to the agricultural cycle, damage to the plant and insecticides effectiveness

Table 1. Number of applications and insecticides used to control the armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in corn crops

Insecticides application during the production cycle		
First application	Second application	Third application
6 %	53 %	36 %
Application days		
29	44	54
Remaining larvae of <i>S. frugiperda</i> 3 days post-control (L/ha)		
6600	5300	0
Insecticides used in control		
Permethrin		27 %

Chlorpyrifos	17 %
Emamectin benzoate	15 %
Spinetoram	15 %
Lambda cyalotrina	10 %
Diazinon	5 %
Parathion	4 %
Monocrotophos	1 %
Unknown	6 %

Insecticide rotation

Rotated	36 %
Unrotated	51 %
Unknown practice	4 %

Product dosage according to technical file

Recommended dosage	26 %
Underdosing	28 %
Overdose	13 %
Unknown practice	3 %
Discontinued product	4 %
Not indicated product	2 %

Regarding the frequency with which the farmers carry out control measures, the first application was 19 days after sowing, the second at 39 and the third at 54 days (Table 1), it is worth mentioning that in this last application the producers use granulated products. Dal Pogetto et al. (2012) describe that the optimal moment of application of insecticide to control of *S. frugiperda* is 20 days post-emergence; and that interventions outside this period cause management failures, because in later phases the parasite populations tend to decrease naturally. This indicates a greater importance of the plant phenology to establish control, than the applications number during the corn productive cycle. The chemical products used by farmers to *S. frugiperda* control belong to the organophosphates and pyrethroids family's, highlighting permethrin (27 %), chlorpyrifos (17 %), emamectin benzoate (15 %) and

spinectoram (15 %) as the main insecticides implemented, all under a criteria heterogeneity (Table 1), some related to the appearance of *S. frugiperda* resistance. Tambo et al. (2020) reported the use of chemical insecticides as the main pest control method in corn cultivation. Jaramillo et al. (2018) mention that 58.6 % of corn farmers in the State of Veracruz use insecticides to control pests. However, Figure 3 shows that 4 % of farmers use biological control with parasitoids (*Trichogramma spp.*) and pheromone traps as an alternative to reduce *S. frugiperda* populations. Hernández et al. (2018), Kenis et al. (2019) and Abang et al. (2021) have reported that there are more than 150 species of parasitoids that attack *S. frugiperda* eggs and larvae with the capacity to enhance natural pest control in production units with practices such as crop rotation, implementation of polycultures, reduced tillage, and waste retention.

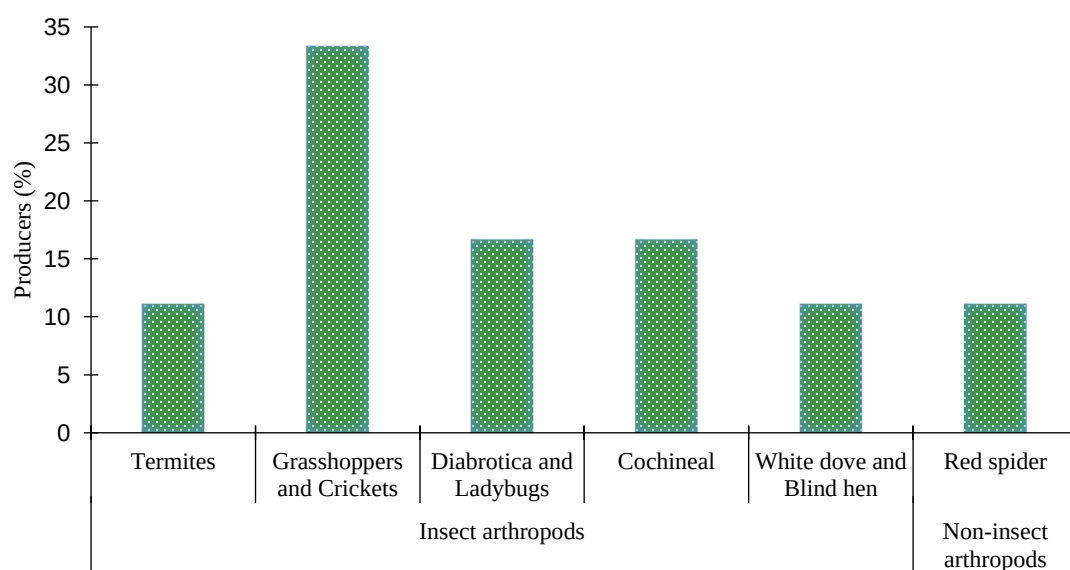


Figure 2. Insect and non-insect arthropods identified in the corn crop, considered a pest by producers

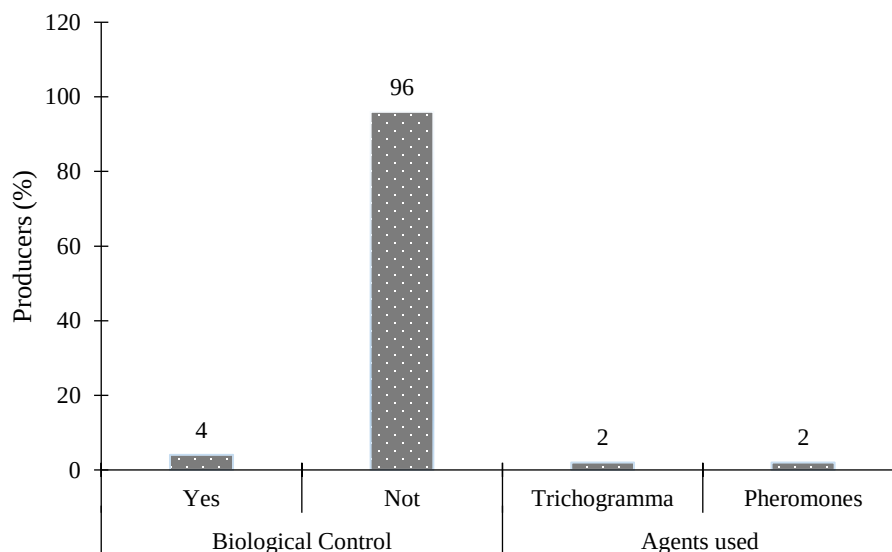


Figure 3. Percentage of producers that develop biological control over *S. frugiperda*

Only 4 % of the producers mentioned using natural products to *S. frugiperda* control (Figure 4), the most important were infusions based on foliage and fruits of garlic (*Allium sativum*), tobacco (*Nicotiana tabacum*) and neem (*Azadirachta indica*). There are plant-derived pesticides with various effects on insects such as high mortality, increased larval duration, decreased pupal weight, insecticidal effects, growth inhibition, deterrent effects on feeding, reduced fecundity, as well as toxicity sub-lethal and acute (Gutiérrez et al. 2017; Tanyi et al. 2020; Flores et al. 2020; Wan et al. 2021; Paredes et al. 2021; López et al. 2022). Romo et al. (2016) reported that more than 100,000 metabolites involved in the plants adaptation and defense against insects and pathogens are known, which prove to be a potential resource for pest control in agriculture, in addition, producers mentioned alternate benefits such as cost reduction, less environmental contamination and people intoxication and diminish the resistant organisms appearance. Various research papers revealed that some traditional and agroecological agricultural measures such as deep plowing before planting, avoiding late planting, weeding, applying manure or inorganic fertilizer, hand picking and crushing egg and larvae masses, ash using, and sawdust or earth in the whorls and interspersing minor, attractive or repellent plants in the

main crops (polyculture) were effective and reduced pest attacks (Babendreier et al. 2020; Tambo et al. 2020; Wan et al. 2021).

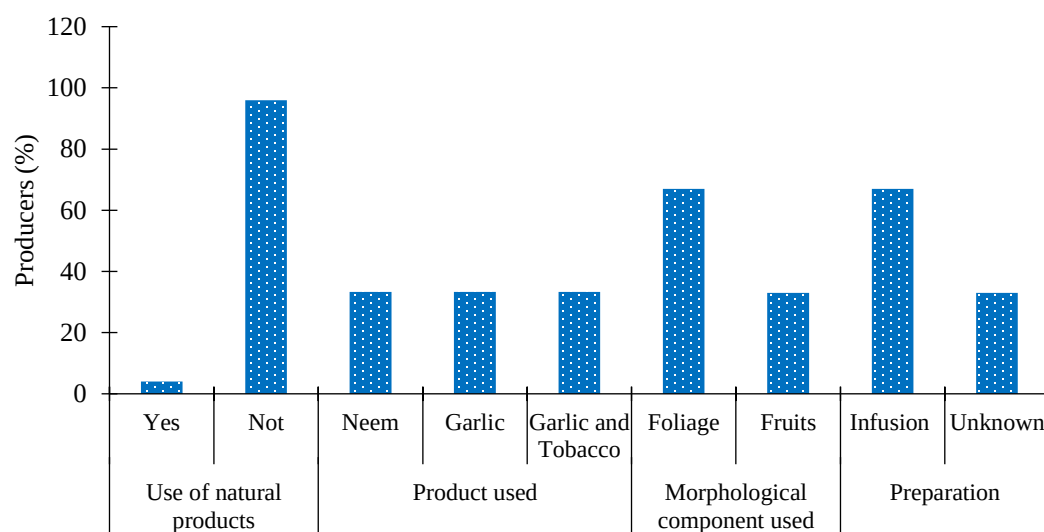


Figure 4. Main natural products used for the *Spodoptera frugiperda* control

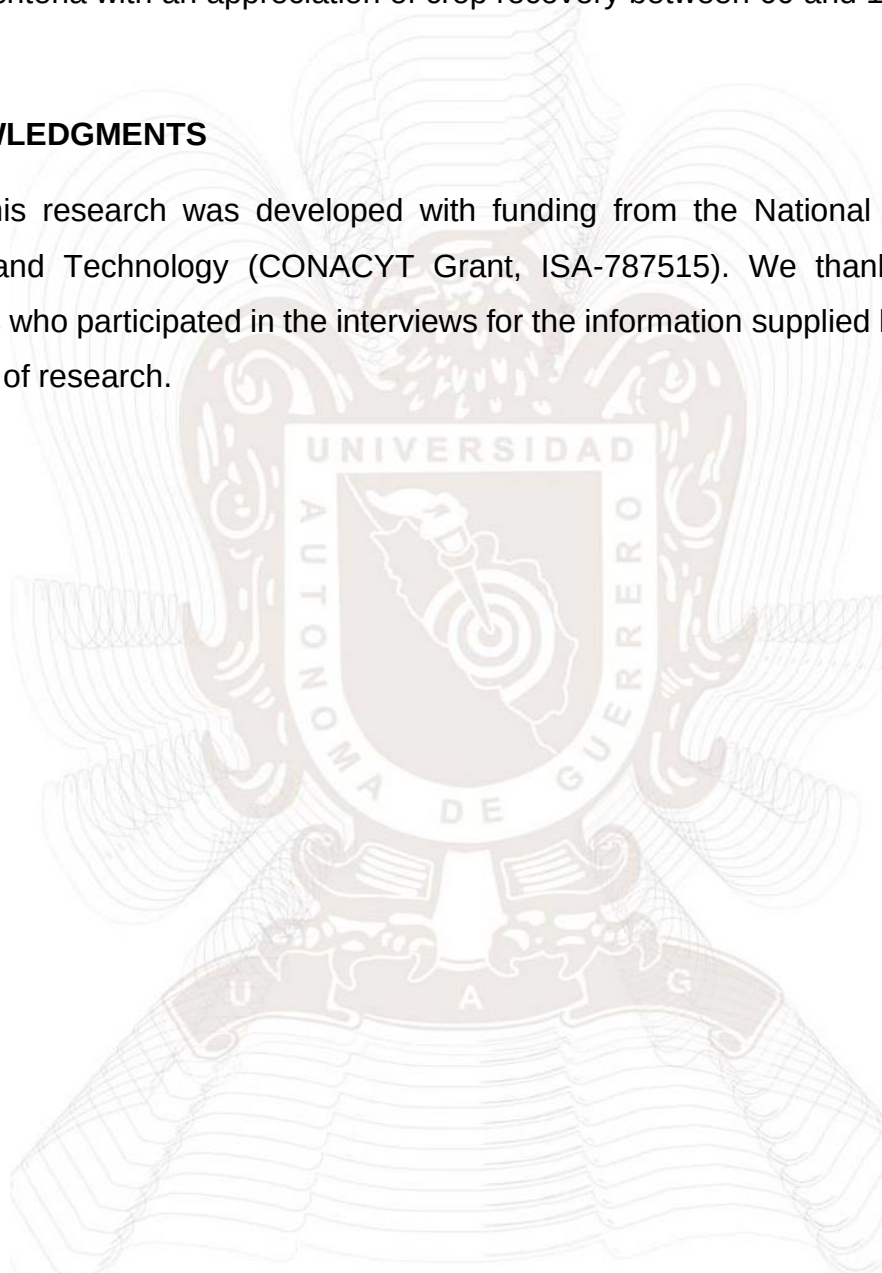
It has been shown that planting intercropped maize with legumes and other plants, such as bean (*Phaseolus vulgaris*), soybean (*Glycine max*), groundnut (*Vigna unguiculata*), marigold (*Tagetes erecta*), Napier grass (*Pennisetum purpureum*) and cassava (*Manihot esculenta*) decreased up to 40 % *S. frugiperda* attack Wan et al. (2021).

CONCLUSIONS

In the study area, all maize producers had infestations of *Spodoptera frugiperda* in their crops and they recognized that this is the most important pest in their crops. The greatest presence of larvae occurred in the spring-summer agricultural cycle (rainy season) and the main control method used was the chemical, implemented at common criteria with an appreciation of crop recovery between 60 and 100% of the plant.

ACKNOWLEDGMENTS

Part of this research was developed with funding from the National Council of Science and Technology (CONACYT Grant, ISA-787515). We thank the corn producers who participated in the interviews for the information supplied by them for this piece of research.



LITERATURE CITED

- Abang AF, Nanga SN, Fotso KA, Kouebou C, Suh C, Masso C, Saethre MG, Fiaboe KKM. 2021. Natural enemies of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in different agro-ecologies. *Insects* 12: 509. <https://doi.org/10.3390/insects12060509>
- Aguirre LA, Hernández JA, Flores M, Cerna E, Landeros J, Frías GA, Harris MK. 2016. Evaluation of foliar damage by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to genetically modified corn (Poales: Poaceae) in Mexico. *Florida Entomologist* 99: 276–280. <https://doi.org/10.1653/024.099.0218>
- Akami M, Njintang N, Gbaye O, Andongma AA, Rashid AM, Niu YC, Nukenine NE. 2019. Gut bacteria of the cowpea beetle mediate its resistance to dichlorvos and susceptibility to *Lippia adoensis* essential oil. *Scientific Reports* 9:6435. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42843-1>
- Babendreier D, Koku AL, Beseh P, Osae M, Nboyine J, Ofori SEK, Frimpong JO, Attuquaye Clotey V, Kenis M. 2020. The efficacy of alternative, environmentally friendly plant protection measures for control of fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in Maize. *Insects* 11: 240. <https://doi.org/10.3390/insects11040240>
- Blanco CA, Pellegaud JG, Nava CU, Lugo BD, Vega AP, Coello J, Terán VAP, Vargas CJ. 2014. Maize pests in Mexico and challenges for the adoption of integrated pest management programs. *Journal of Integrated Pest Management* 5: 1–9. <https://doi.org/10.1603/ipm14006>
- Bolzan, A, Padovez, FE, Nascimento AR, Kaiser IS, Lira EC, Amaral FS, Kanno RH, Malaquias JB, Omoto C. 2019. Selection and characterization of the inheritance of resistance of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to chlorantraniliprole and cross-resistance to other diamide insecticides. *Pest Management Science* 75: 2682-2689. <https://doi.org/10.1002/ps.5376>
- Dal Pogetto M, Prado E, Gimenes M, Christovam R, Rezende D, Aguiar-Jun H, Costa S, Raetano C. 2012. Corn yield with reduction of insecticidal sprayings against fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Agronomy* 11: 17–21. <https://doi.org/10.3923/ja.2012.17.21>

- Du Plessis H, Schlemmer ML, Van den Berg J. 2020. The effect of temperature on the development of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Insects 11: 228. <https://doi.org/10.3390/insects11040228>
- Espinoza VWL. 2018. Los cereales como fuente de alimentación primaria para la humanidad. Revista Multi-Ensayos, 4: 47–54. <https://doi.org/10.5377/multiensayos.v4i7.9493>
- Fernandes OF, Abreu AJ, Christ ML, Rosa SA AP. 2018. Efficacy of Insecticides Against *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797). Journal of Agricultural Science, 11: 494–503. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n1p494>
- Flores MA, Ramos MA, González MM, Zavala MA, Campos J, Soto L. 2020. Efecto insecticida e insectistático del aceite esencial de *Hyptis albida* (Kunth, 1817) sobre *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuide). Entomología Mexicana 62–66.
- Fragoso LC. 1990. Ubicación geográfica del Municipio de Pungarabato. Monografía del Estado de Guerrero, sur amate de mar y montaña. SEP, México, D.F. 237.
- García MK, Guerrero AM, Cabrera CF. 2019. Evapotranspiración y requerimientos de agua para la programación de riego de los cultivos *Saccharum officinarum* L. (Poaceae) “caña de azúcar”, *Zea mays* L. (Poaceae) “maíz” y *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) “espárrago” en el valle Chicama, Perú. Araldoa 26: 793–814. DOI: 10.22497/arnaldoa.262.26218
- Gomes AFF, Omoto C, Cônsoli FL. 2020. Gut bacteria of field-collected larvae of *Spodoptera frugiperda* undergo selection and are more diverse and active in metabolizing multiple insecticides than laboratory-selected resistant strains. Journal of Pest Science 93: 833–851. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01202-0>
- Gutiérrez M, Aldana L, Valladares MG. 2017. Control sustentable de insectos plaga empleando fitoextractos. Revista Mexicana de Agroecosistemas 4: 48–52.
- Gutiérrez MR, Mota SD, Blanco CA, Whalon ME, Terán SH, Rodríguez JC, DiFonzo C. 2018. Field-evolved resistance of the fall armyworm (Lepidoptera:

- Noctuidae*) to synthetic insecticides in Puerto Rico and Mexico. *Journal of Economic Entomology* 112: 792–802. <https://doi.org/10.1093/jee/toy372>
- Hernández A, Osorio E, López JA, Ríos C, Varela SE, Rodríguez R. 2018. Insectos benéficos asociados al control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Agroproductividad* 11: 9–14.
- Hernández A, Estrada B, Rodríguez R, García JM, Patiño SA, Osorio E. 2019. Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10: 803-813.
- He L, Zhao S, Ali A, Ge S, Wu K. 2021. Ambient Humidity Affects Development, Survival, and Reproduction of the Invasive Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), in China. *Journal of Economic Entomology* 114: 1145–1158. <https://doi.org/10.1093/jee/toab056>
- Jaramillo JG, Peña BV, Hernández JH, Díaz R, Espinosa A. 2018. Caracterización de productores de maíz de temporal en Tierra Blanca, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9: 911–923. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i5.1501>
- Kenis M, Du Plessis H, van den Berg J, Ba M, Goergen G, Kwadjo K, Baoua I, Tefera T, Buddie A, Cafà G, Offord L, Rwomushana I, Polaszek A. 2019. *Telenomus remus*, a candidate parasitoid for the biological control of *Spodoptera frugiperda* in Africa, is already present on the continent. *Insects* 10: 92. <https://doi.org/10.3390/insects10040092>
- Kumar RM, Gadratagi B-G, Paramesh V, Kumar P, Madivalar Y, Narayanappa N, Ullah F. 2022. Sustainable Management of Invasive Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Agronomy* 12:2150. <https://doi.org/10.3390/agronomy12092150>.
- López JJ, Chirinos DT, Ponce WH, Solórzano RF, Alarcón JP. 2022. Actividad insecticida de formulados botánicos sobre el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 48: e11739. <https://doi.org/10.25100/socolen.v48i1.11739>
- Montezano D, Spech, A, Sosa-Gómez D, Roque-Specht V, Sousa-Silva J, Paula-Moraes S, Peterson J, Hunt T. 2018. Host plants of *Spodoptera frugiperda*

- (*Lepidoptera: Noctuidae*) in the Americas. *African Entomology* 26: 286–300.
<https://doi.org/10.4001/003.026.0286>
- Paredes SFA, Rivera G, Bocanegra GV, Martínez PHY, Berrones MM, Niño GN, Herrera MV. 2021. Advances in control strategies against *Spodoptera frugiperda*. A review. *Molecules* 26: 5587.
<https://doi.org/10.3390/molecules26185587>
- Ramírez CN, Medina GG, Kumar L. 2020. Increase of the number of broods of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) as an indicator of global warming. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 19: 1-16.
<https://doi.org/10.5154/r.rchsza.2020.11.01>
- Rojas R. (1987). “Guía para realizar investigaciones sociales”. Ed. Plaza y Valdés. 297-305.
- Romo D, Ramo MA, Salinas DO, Figueroa R, Vela G, Vázquez BE. 2016. Evaluación del extracto hexánico del mirto sobre el gusano cogollero del maíz *Spodopetra frugiperda* J. E. Smith, 1797 (*Lepidoptera: Noctuidae*). *Entomología Mexicana* 3: 159–164.
- Romo, D., Martínez, D. E., Vázquez, B. E., Ramos, M. A., Figueroa, R., Flores, A., Rea, M. A. & Rodríguez, M. E. (2015). Compuestos botánicos como alternativa para el manejo del gusano cogollero del maíz. *Nthe* 21-34.
- Saïdou A, Balogoun I, Ahoton EL, Igué AM, Youl S, Ezui G, Mando A. 2018. Fertilizer recommendations for maize production in the South Sudan and Sudano-Guinean zones of Benin. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 110: 361–373.
<https://doi.org/10.1007/s10705-017-9902-6>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2021). Producción agrícola por Estado. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/
- Skendžić S, Zovko M, Živković IP, Lešić V, Lemić D. 2021. The Impact of Climate Change on Agricultural Insect Pests. *Insects* 12: 440.
<https://doi.org/10.3390/insects12050440>

- Statista. 2022. Fecha de consulta 04 de julio de 2022
<https://www.statista.com/statistics/254292/global-corn-production-by-country/>
- Steel R, Torrie J. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. 2ª ed. McGraw-Hill, México. 622 p.
- Tambo JA, Kansiime MK, Mugambi I, Rwomushana I, Kenis M, Day RK, Lamontagne-Godwin J. 2020. Understanding smallholders' responses to fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) invasion: Evidence from five African countries. Science of the Total Environment 740: 140015.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140015>
- Tanyi CB, Nkongho RN, Okolle JN, Tening AS, Ngosong C. 2020. Effect of intercropping beans with maize and botanical extract on fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) infestation. International Journal of Agronomy 2020: 1–7. <https://doi.org/10.1155/2020/4618190>
- Wan J, Huang C, Li CY, Zhou HX, Ren YL, Li ZY, Xing LS, Zhang B, Qiao X, Liu B, Liu CH, Xi, Y, Liu WX, Wang WK, Qian WQ, Mckirdy S, Wan FH. 2021. Biology, invasion, and management of the agricultural invader: Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Integrative Agriculture 20: 646–663. [https://doi.org/10.1016/s2095-3119\(20\)63367-6](https://doi.org/10.1016/s2095-3119(20)63367-6)

X. CAPÍTULO III

ACTIVIDAD INSECTICIDA DE *Caesalpinia coriaria* Jacq Willd CONTRA *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith

Itzel Sánchez-Alonso¹; Alicia Fonseca González⁴; Agustín Olmedo Juárez³; Jaime Olivares Pérez²; Abraham Monteon Ojeda⁵; Héctor Ramón Segura Pacheco⁵; Saúl Rojas Hernández^{2*}

¹Instituto Tecnológico de Cd. Altamirano. Av. Pungarabato s/n. Col. Morelos. Cd. Altamirano, Guerrero, México. C.P. 40660

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Guerrero. Km 3.5 Carretera Altamirano-Iguala. Cd. Altamirano, Gro. México. C.P. 40660

³Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP. Carretera Federal Cuernavaca-Cuautla. Col. Progreso. C.P. 62550 Jiutepec, Morelos, México

⁴Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Chamilpa, Morelos, México

⁵Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Carretera Iguala-Tuxpan, Km 2.5. Iguala de la Independencia, Guerrero, México

RESUMEN

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es la principal fuente de energía en la dieta humana y animal a nivel mundial. Diversas plagas afectan su producción entre ellas *Spodoptera frugiperda*, un insecto conocido como gusano cogollero. El objetivo del presente trabajo fue evaluar extractos orgánicos a partir de vainas de *Caesalpinia coriaria* contra larvas de *S. frugiperda* en condiciones de laboratorio. Los tratamientos fueron: 1) extracto en acetato de etilo EAcOEt-V (a 100 y 150 mg/mL), 2) extracto en hexano EHX-V (a 25, 50 y 100 mg/mL), 3) ácido gálico (100 mg/mL), 4) agua destilada, metanol al 10 %, tween20 al 10 %, tween20+metanol+adherente, como controles negativos y 5) Spinetoram, (0.6 mg/mL) como control positivo. La evaluación de los tratamientos se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar y se utilizó la técnica de toxicidad por aplicación tópica (dosis única) sobre las larvas de tercer instar (n=15). La aplicación de los tratamientos se llevó a cabo en la parte dorsal de cada larva, vía aspersión usando un aerógrafo. Posteriormente, se registró la mortalidad a las 24, 48 y 72 h post-aplicación. Los resultados fueron analizados mediante un ANOVA. Las medias de los tratamientos fueron comparadas por la prueba de Tukey ($P < 0.05$). El extracto hexánico a la concentración 100 mg/mL causó un 93.3 % de mortalidad larval a partir de las 24 h. Adicionalmente se observó un menor crecimiento relativo de las larvas con el extracto AcOEt (12.64 mg) y E-Hx (7.90 mg) comparados con sus respectivos controles negativos (metanol=25.05 mg y tween+metanol=24.53 mg). Por otra parte, se observó un menor porcentaje de emergencia de adultos con el extracto Hx que los controles negativos. Estos resultados indican que las vainas de *C. coriaria* exhiben efecto insecticida contra *S. frugiperda*.

Palabras clave: *Caesalpinia coriaria*, gusano cogollero, plaga, insecticidas

ABSTRACT

Crop corn (*Zea mays* L.) is the primary energy source in the diet of humans and animals worldwide. Several pests affect their production such as *Spodoptera frugiperda*, an insect known as armyworm. The objective of this study was to test plant extracts from *Caesalpinia coriaria* pods against *S. frugiperda* larvae under laboratory conditions. The following treatments were assigned: ethyl acetate extract EAcOEt-V (at 150 and 100 mg/mL), hexane extract EHX-V (at 25, 50 and 100 mg/mL), distilled water, 20 % methanol, 10 % tween20, adherent (0.6 uL/mL), tween20+methanol+adherent, gallic acid (100 mg/mL) as negative controls and Spinetoram (0.6 mg/mL) as positive control. The assessment of the treatments was performed using a complete random blocks design through toxicity technique by topical application (singular dose) on third instar larvae (n=15). The application of treatments was performed on the dorsal of each larvae, via aspersion using an airbrush. Then, the larval mortality was recorded at 24, 48 and 72 h post-application. Results were analysed through ANOVA. The means of treatments were compared by Tukey probe ($P < 0.05$). The hexane extract caused a 93.3 % larval mortality at 100 mg/mL from the 24 h post-exposition. Additionally, a lowest relative growing was observed for the EAcOEt (12.64 mg) and E-Hx (7.90 mg) compared with its proper negative controls (methanol=25.05 mg and tween20+methanol=24.53 mg). On the other hand, the Hx extract caused a minor emergence percentage of adults than the negative controls. The results indicate that the *C. coriaria* pods exhibit insecticidal effect against *S. frugiperda*.

Keywords: *Caesalpinia coriaria*, armyworm, pest, insecticides

INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es de suma importancia para México por su valor cultural, social y económico. Es la principal fuente de energía en la dieta humana y animal (Saïdou *et al.*, 2018; Espinoza, 2018, Hernández *et al.*, 2018; García *et al.*, 2019). Los principales países productores de este cultivo son Estados Unidos, China, Brasil, Argentina, Ucrania, India, México, Canadá, Indonesia y Sudáfrica (statista, 2022). La aportación de México es de 27,503,477.82 t, estando Sinaloa, Jalisco y Estado de México como los estados con mayor producción (SIAP, 2021). Diversas plagas afectan la producción de este cereal durante todas las etapas fenológicas, entre ellas se encuentra *S. frugiperda*, un insecto de hábitos polífagos, del orden Lepidoptera: Noctuidae comúnmente conocido como gusano cogollero. El cultivo de maíz es el principal hospedante para este insecto, por lo cual se convierte en una de las plagas de mayor importancia económica (Aguirre *et al.*, 2016). Produce pérdidas superiores al 30 % del rendimiento hasta la pérdida total del cultivo (Romo *et al.*, 2015; Aguirre *et al.*, 2016). Durante la fase de larva, causa daños en cualquier etapa de la planta, actuando como cortadora, defoliadora, barrenadora, sobresaliendo el daño ocasionado a las yemas apicales (cogollo de la planta), es una plaga constante y presente casi todo el año (Noguera y Morales, 2020; Lopes *et al.*, 2020). En México, la principal medida de control y protección contra poblaciones de insectos plaga en los cultivos, es mediante el uso de insecticidas químicos de amplio espectro. Estudios demuestran que anualmente se utilizan 3,000 t de insecticida (Blanco *et al.*, 2014). Generalmente estos productos químicos son organofosforados, carbamatos y piretroides (Gutiérrez *et al.*, 2018). Sin embargo, aunque este método resulta eficaz, el uso inadecuado y excesivo de estos productos químicos ha manifestado efectos negativos; resistencia, contaminación ambiental e intoxicación humana durante su aplicación (Wan *et al.*, 2021; Monteon *et al.*, 2020; Noguera y Morales, 2020; Kenis *et al.*, 2019). No obstante, existen reportes sobre el uso de otras estrategias de control de insectos tales como uso de agentes biológicos, prácticas culturales (rotación de cultivos, implementación de policultivos, labranza reducida y retención de residuos) y productos vegetales. Romo *et al.* (2015) refieren que se conocen más de 100,000

metabolitos involucrados en la adaptación y defensa de las plantas contra insectos y patógenos, teniendo en cuenta esto, la implementación de otras estrategias de control alternas a los insecticidas químicos tales como extractos de plantas ricas en metabolitos secundarios pueden representar una opción viable para el control de plagas en la agricultura (Hernández & Gamboa, 2019; Salem *et al.*, 2011; Montilla & Villegas, 2006). *C. coriaria* Jacq Willd es una leguminosa arbórea comúnmente conocida en México como Cascalote que contiene muchos metabolitos secundarios tales como taninos condensados, taninos hidrolizables, galato de etilo, ácido gálico ente otros (Sánchez-Carranza *et al.* 2017). Diversos estudios han demostrado que esta especie vegetal contiene propiedades biológicas tales como antimicrobianas y antihelmínticas (Olmedo-Juárez *et al.*, 2019; García-Hernández *et al.*, 2022). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar extractos a partir de vainas de *Caesalpinia coriaria* contra larvas de gusano cogollero (*S. frugiperda*) bajo condiciones *in vitro*.



MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

El presente estudio se desarrolló en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP, ubicado en Carretera Cuernavaca Cuautla 8534 Col. Progreso, C.P. 62550; Jiutepec, Morelos, México (18° 53' 14" N y -99° 09' 27" W)

Material vegetal

Vainas maduras (50 kg) de *Caesalpinia coriaria* fueron colectadas de siete árboles con las mismas características fenológicas en la localidad Los limones, Pungarabato, Guerrero (18° 20' 30" de latitud Norte y -100° 39' 18" de longitud Oeste) a 250 msnm. El material vegetal se llevó a sequedad total bajo la sombra durante cuatro semanas y en seguida fueron sometidas a un proceso de molienda con un molino semi-industrial para reducir el tamaño de partícula de 3-5 mm. Un ejemplar (hojas y vainas) de esta leguminosa fue depositado en el herbario del Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos asignándole el número de identificación 33786.

Preparación de los extractos acetato de etilo (E-AcOEt) y hexánico (E-Hx)

Se utilizaron 500 g de vainas para cada solvente, las cuales se maceraron en 2500 mL de acetato de etilo y hexano en una relación masa/volumen de 1:5 (1 gramo de materia seca:5 mL de solvente) durante 24 h. Posteriormente, cada extracto líquido fue filtrado utilizando gasa, algodón y papel filtro. En seguida, el solvente fue eliminado por destilación a presión reducida con la ayuda de un rota-evaporador (Büchi R-300, Suiza) a 40°C, 90 rpm y 120 mb, obteniendo un extracto de acetato de etilo (EAcOEt-V) y un extracto hexánico (E-Hx) en estado semisolido. Finalmente, ambos extractos fueron colocados en una liofilizadora (Labconco 4.5 L) con el fin de eliminar completamente los residuos del solvente (Olmedo *et al.*, 2019).

Material biológico

Se utilizaron larvas de tercer instar (L₃) de *S. frugiperda* donadas por el Centro de Investigación en Biotecnología de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, las cuales fueron colocadas individualmente en cajas Petri estériles, en condiciones de 25 ± 5 °C, 70 ± 10 % humedad relativa, fotoperiodo 12:12 (L:O) y alimentadas con dieta merídica (a base de harina de soya, germen de trigo, solución de vitaminas, ácido acético, formalina, cloruro de colina y agar).

Actividad insecticida

Se utilizó la técnica de toxicidad por aplicación tópica (dosis única, día 0) sobre las larvas de tercer instar (Figura 1). Se consideraron cinco larvas por unidad experimental con tres repeticiones (n=15). El extracto EAcOEt-V fue evaluado a 150 y 100 mg/mL y el extracto EHX-V a 25, 50 y 100 mg/mL. Además, se utilizaron diferentes controles negativos (agua destilada, metanol al 20 %, tween20 al 10 %, adherente 0.6 uL/mL, tween20+metanol+adherente), y un insecticida comercial (Spinetoram, 0.6 mg/mL) como control positivo. Debido a que *C. coriaria* es rica en taninos hidrolizables, se incluyó ácido gálico (compuesto comercial, 100 mg/mL) como otro tratamiento. La aplicación de los tratamientos se llevó a cabo en la parte dorsal de cada larva, vía aspersión con la ayuda de un aerógrafo. Posteriormente, se registró la mortalidad a las 24, 48 y 72 h post-aplicación (Noguera y Morales, 2021). Adicionalmente, se registró el peso y longitud de las larvas al inicio (larvas tercer instar, día 0) y antes de que entraran al siguiente estado biológico (pupa, día 16), así como el porcentaje de emergencia de adultos (día 28)

Los porcentajes de mortalidad y emergencia fueron calculados mediante las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ ML}_3 = [(\text{número L}_3 \text{ muertos} / (\text{número de L}_3 \text{ muertos} + \text{número de L}_3 \text{ vivos})) * 100$$

$$\% \text{ Emergencia} = (\text{número de adultos} / \text{número de L}_3) * 100$$

Los valores del peso inicial y final de las larvas fueron usados para determinar el crecimiento relativo (CR, mg) de cada tratamiento basándose en la formula descrita por Mwangi (1982).

$$\text{CR} = (\text{peso final} - \text{peso inicial}) / \text{peso inicial}$$



Aplicación tópica en larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)

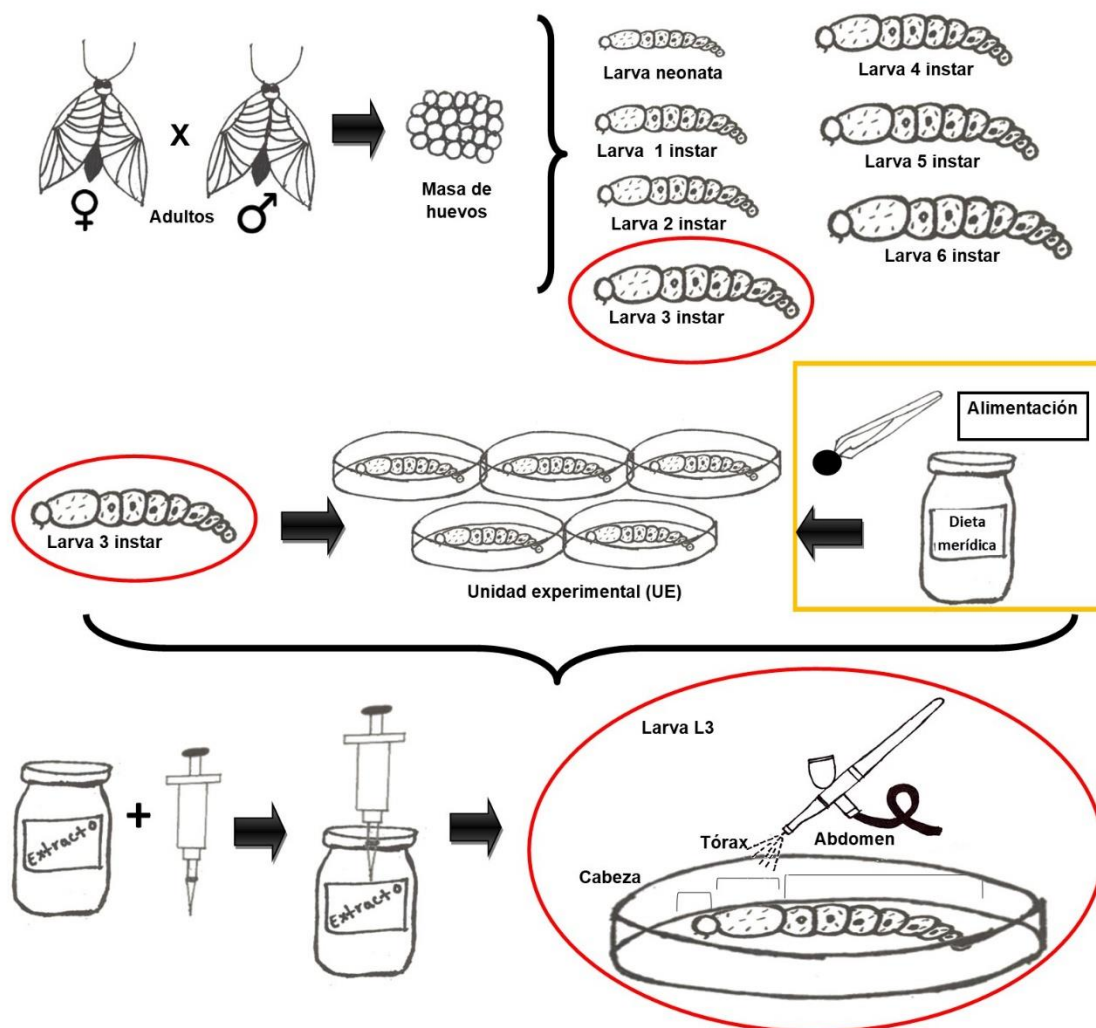


Figura 1. Técnica de toxicidad por aplicación tópica.

Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados mediante un ANOVA utilizando un diseño completamente al azar. Las medias de los tratamientos fueron comparadas por la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SAS (SAS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1, se muestra el porcentaje de mortalidad de cada tratamiento a las 24, 48 y 72 h post-aplicación. El extracto hexánico exhibió un efecto insecticida cercano al 100 % a partir de las 24 h con la concentración de 100 mg/mL

Cuadro 1. Porcentaje de mortalidad de larvas de *S. frugiperda* expuestas a dos extractos orgánicos (E-AcOEt, E-HX) a partir de vainas de *C. coriaria*.

Tratamientos	% Mortalidad		
	24 h	48 h	72 h
Agua destilada	0 ^c	0 ^c	0 ^c
Tween20 (10 %)	16.6 ^{bc}	16.6 ^{bc}	16.6 ^{bc}
Metanol (10 %)	0 ^c	0 ^c	8.3 ^c
Tween20+Metanol+Adherente	8.3 ^c	8.3 ^c	8.3 ^c
Ácido gálico (100 mg/mL)	0 ^c	0 ^c	0 ^c
Spinetoram (0.6 µL/mL)	83.3 ^a	83.3 ^a	100 ^a
E-AcOEt (mg/mL)			
150	26.6 ^{bc}	26.6 ^{bc}	26.6 ^{bc}
100	20.0 ^{bc}	20.0 ^{bc}	20.0 ^{bc}
E-Hx (mg/mL)			
100	93.3 ^a	93.3 ^a	93.3 ^a
50	66.6 ^{ab}	66.6 ^{ab}	66.6 ^{ab}
25	50.0 ^{abc}	50.0 ^{abc}	50.0 ^{abc}
EEM	6.09	6.09	6.45

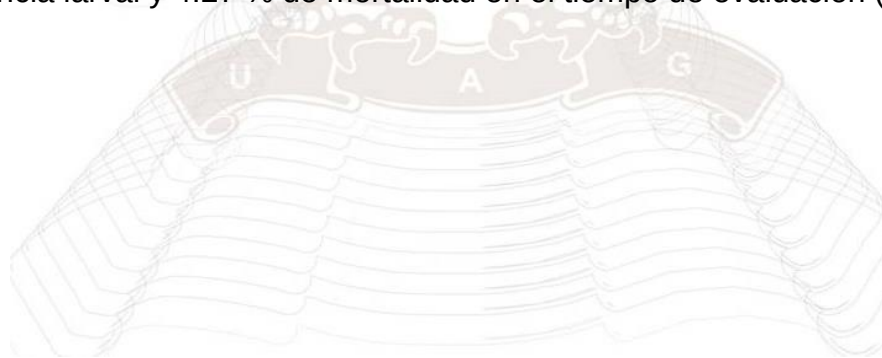
Medias con distinta letra dentro de cada columna indican diferencia estadística significativa, (Tukey, $P < 0.05$). EEM= error estándar de la media, E-AcOE= extracto acetato de etilo, E-Hx= extracto hexánico

El tratamiento con menor eficacia fue el extracto en acetato de etilo en la concentración 100 mg/mL el cual obtuvo 20 % de mortalidad.

En el cuadro 2 se observan los pesos iniciales y pesos finales de las larvas, así como el crecimiento relativo de todos los tratamientos. Ambos extractos evaluados provocaron alteración en el comportamiento y desarrollo de las larvas. Al analizar el crecimiento relativo de los grupos controles nos permite determinar que existieron diferencias estadísticas con respecto a los extractos evaluados. Al comparar el CR

del control negativo metanol con el extracto AcOEt y el extracto Hx se observó un menor crecimiento de las larvas con dichos extractos.

Se menciona que para que un extracto de plantas sea considerado como bioinsecticida debe lograr un efecto letal sobre las larvas superior al 40 % (Silva et al., 2003). Tomando en cuenta esto, se puede inferir que los tratamientos evaluados con vainas de *C. coriaria* presentan actividad insecticida (E-Hx) y además, efecto insectistático (E-AcOEt) contra larvas de *S. frugiperda*. Algo similar ocurrió en lo reportado por Zamora et al. (2008) quienes refieren estudios tópicos y por ingesta con azadiractina (principio activo del árbol del neem) contra huevos y larvas de *S. frugiperda*. Estos autores también observaron una importante reducción en el peso de las larvas que fueron expuestas al compuesto anteriormente mencionado. Por consiguiente, Martínez et al. (2017) evaluaron mediante ingesta, el efecto de extractos etanólicos de *Argemone ochroleuca* Sweet (Papaveraceae) sobre el comportamiento de alimentación y desarrollo de larvas de tercer instar de gusano cogollero (*S. frugiperda*). Se pudo observar que el consumo de alimento se redujo ligeramente (13 a 14 %) comparado con el testigo, el crecimiento fue afectado significativamente en la concentración más alta evaluada (30 %) y la duración larval y pupal se prolongó. Los resultados de esta investigación contrastan con lo obtenido por Noguera y Morales (2021) quienes evaluaron extractos etanólicos de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss), Tabaco (*Nicotiana tabacum* L), Anisote (*Piper aduncum* L.), Azahar de la india (*Murraya paniculata*) y Hierba mora (*Solanum nigrum* L.) sobre el gusano cogollero *S. frugiperda*, donde se pudo apreciar alta sobrevivencia larval y 4.27 % de mortalidad en el tiempo de evaluación (72 h).



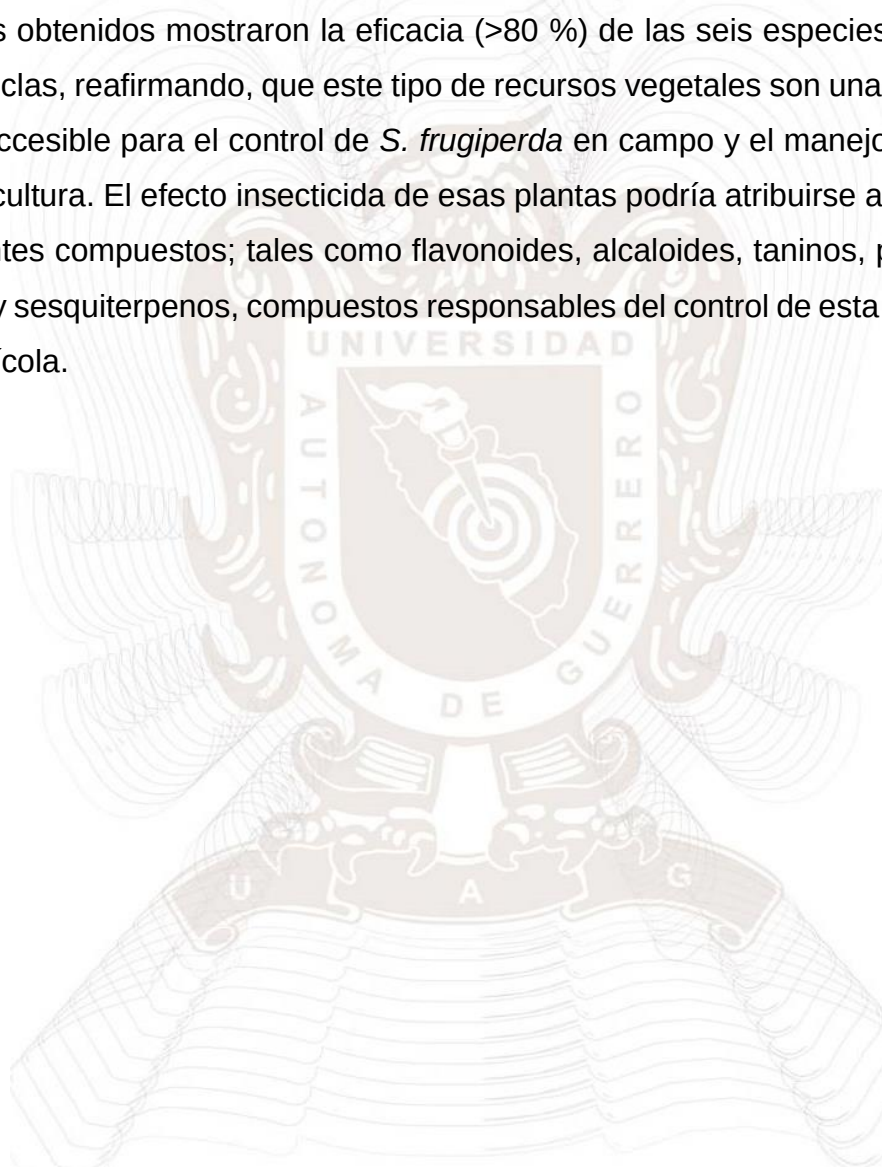
Cuadro 2. Peso promedio de larvas al inicio y final (antes de pupar) y crecimiento relativo de *Spodoptera frugiperda* expuestas a dos extractos orgánicos (E-AcOEt, E-HX) a partir de vainas de *Caesalpinia coriaria*.

Tratamientos	Peso promedio de larvas		Crecimiento relativo (CR, mg)
	Peso inicial (mg)	Peso final (mg)	
Agua destilada	33.90	633.10	18.11 ^{ab}
Tween20 (10%)	36.94	469.68	12.07 ^{bc}
Metanol (10%)	22.66	584.67	25.05 ^a
Tween20+Metanol	24.44	603.47	24.53 ^a
Ácido gálico (100 mg/mL)	30.10	576.40	20.09 ^{ab}
Spinetoram (0.6 µL/mL)	32.40	----	0.00 ^d
E-AcOEt (mg/mL)			
150	29.49	396.25	12.64 ^{bc}
100	23.59	281.88	11.19 ^{bcd}
E-Hx (mg/mL)			
100	26.47	683.20	7.90 ^{cd}
50	31.33	497.78	14.55 ^{abc}
25	33.61	538.98	15.79 ^{abc}
EEM			1.47

Medias con distinta letra dentro de cada columna indican diferencia estadística significativa (diferencia mínima significativa, $P < 0.05$). EEM= error estándar de la media, E-AcOE= extracto acetato de etilo, E-Hx= extracto hexánico

El porcentaje de emergencia de adultos de ambos extractos, control positivo y controles negativos, así como ácido gálico son mostrados en la figura 2. El extracto Hx evidenció el menor porcentaje de emergencia (0-66.66 %) a las dosis evaluadas. Por otro lado, el extracto AcOEt exhibió un porcentaje de emergencia por debajo del 50 %. La actividad insecticida de extractos con polaridad media y no polares reportados en diversas investigaciones científicas con plantas de diferentes familias han demostrado que son capaces de causar mortalidad larval, inhibir el crecimiento e interrumpir el ciclo biológico de algunos insectos incluyendo a *S. frugiperda* (Martínez et al., 2017; Noguera y Morales, 2021). La mortalidad larval y el efecto inhibitorio del desarrollo (porcentaje de emergencia de adultos) que causó el extracto Hx de *C. coriaria* podría atribuirse a su contenido de constituyentes químicos que son de baja polaridad.

Por otro lado, Romo et al. (2015) señalan que se conocen más de 100,000 metabolitos involucrados en la adaptación y defensa de las plantas contra insectos y patógenos. A su vez, Figueroa et al. (2018) menciona que el uso de extractos vegetales en el control de plagas y enfermedades cada vez retoma más relevancia en el sector agrícola debido a la diversidad de estudios que demuestran a estos compuestos como prometedores bioplaguicidas. Además, dichos autores evaluaron en plantas de maíz criollo, extractos de *A. indica*, *P. nigrum*, *P. alliacea* y sus mezclas; y extractos de *N. tabacum*, *L. alba*, *A. sativum* y sus mezclas, donde los resultados obtenidos mostraron la eficacia (>80 %) de las seis especies vegetales y sus mezclas, reafirmando, que este tipo de recursos vegetales son una alternativa viable y accesible para el control de *S. frugiperda* en campo y el manejo de plagas en la agricultura. El efecto insecticida de esas plantas podría atribuirse al contenido de diferentes compuestos; tales como flavonoides, alcaloides, taninos, polifenoles, terpenos y sesquiterpenos, compuestos responsables del control de esta importante plaga agrícola.



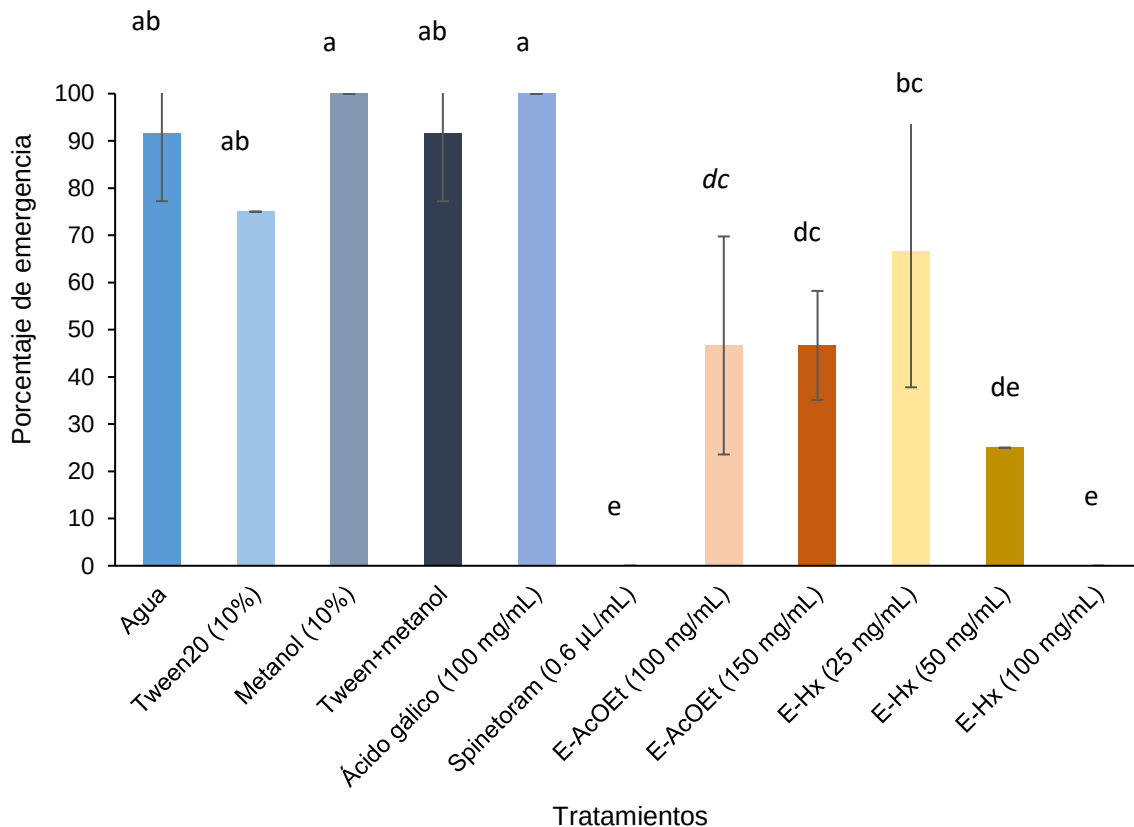


Figura 2. Porcentaje de emergencia de adultos *Spodoptera frugiperda* expuestas a dos extractos orgánicos (E-AcOEt, E-HX) a partir de vainas de *Caesalpinia coriaria*.), E-AcOEt=extracto acetato de etilo, E-Hx= extracto hexánico. Medias dentro de la misma figura con distinta letra indican diferencia estadística ($P<0.05$).

En un estudio realizado por García-Hernández et al. (2019) reportaron que las vainas de *C. coriaria* (fracción AcOEt) son ricas en compuestos secundarios tales como derivados galoilos (ácido gálico, galato de metilo y galato de etilo) y dichos compuestos han sido reportados con diferentes actividades biológicas entre ellas antibacterianas y antihelmínticas. En el presente estudio el efecto insecticida del extracto AcOEt fue menor comparado con el extracto Hx. La evidente actividad biológica del extracto Hx podría atribuirse a su contenido de compuestos de baja polaridad como aceites esenciales o terpenos. En la presente investigación desafortunadamente no se realizó la identificación química de ambos extractos, por

lo que futuros estudios son considerados con el fin de identificar los metabolitos bioactivos. Hojas y vainas de *Caesalpinia coriaria* son ricas en taninos hidrolizables, la estructura base de esos compuestos son ácido gálico y galato de etilo. En el presente trabajo, se evaluó el estándar ácido gálico en una dosis alta (100 mg/mL) y su efecto fue nulo.

En un estudio realizado por Aguilar et al. (2021) evaluaron extractos crudos de anona amarilla *Annona lutescens* extraídos con metanol, etanol, diclorometano y hexano, para determinar el efecto repelente contra adultos de mosca *Trialeurodes vaporariorum*, donde obtuvieron que los extractos evaluados causaron mayor repelencia que el producto químico. Los cuatro extractos crudos de anona causaron hasta 93 % de repelencia a las 72 h después de la aplicación. Dicho efecto se atribuye a que la familia Annonaceae presenta acetogeninas, principios activos con amplia actividad en insectos incluyendo a *S. frugiperda*, entre los cuales destacan la repelencia, disuasión de la alimentación, disuasión de la oviposición y regulación del crecimiento. Incluso se reporta que el extracto acuoso y hexánico de anona tienen acción insecticida y acaricida a las 24 y 48 h de exposición.

Lo anterior, exhibe que los productos derivados de plantas poseen el suficiente potencial para alterar la fisiología y comportamiento de la plaga provocando alta mortalidad, mayor duración larval, disminución del peso de las pupas, efectos insecticidas, inhibición del crecimiento, efectos disuasorios en la alimentación, reducción de la fecundidad, así como una toxicidad sub-letal y aguda (Quintana et al., 2016; Romo et al., 2016; Gutiérrez et al., 2017; Tanyi et al., 2020; Flores et al., 2020; Wan et al., 2021; Paredes et al., 2021; López et al., 2022).



CONCLUSIONES

El extracto hexánico de vainas de *C. coriaria* en la concentración 100 mg/mL presentó mayor eficacia sobre *S. frugiperda* y puede considerarse como un producto con potencial insecticida. El extracto AcOEt fue capaz de interrumpir el ciclo biológico del insecto por lo cual se le atribuye actividad insectistática contra larvas de *S. frugiperda*. Esta leguminosa por su efecto biológico representa una opción ecológica para reducir la infestación de *S. frugiperda* en campo y en consecuencia menor daño al cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Parte de la presente investigación fue realizada con el financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Beca CONACYT, ISA-787515). Se agradece a la Dra. Alicia Fonseca González por proporcionar el material biológico y al Dr. Agustín Olmedo Juárez por el acompañamiento brindado durante el estudio.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, E., Morales, C. J., Alonso, R. A., Rodríguez, C. & Aguilar, F. 2021. Compostos secundários de anona na proteção de plantas contra pests. Secondary compounds of anona in plant protection against pests. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, 4, 5806-5815. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n4-078>
- Aguirre LA, Hernández-Juárez A, Flores M, Cerna E, Landeros J, Frías GA, Harris MK. 2016. Evaluation of foliar damage by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to genetically modified corn (Poales: Poaceae) in Mexico. Florida Entomologist 99(2): 276–280. <https://doi.org/10.1653/024.099.0218>
- Blanco CA, Pellegaud JG, Nava-Camberos U, Lugo-Barrera D, Vega-Aquino P, Coello J, Terán-Vargas AP, Vargas-Camplis J. 2014. Maize pests in Mexico and challenges for the adoption of integrated pest management programs. Journal of Integrated Pest Management 5(4): 1–9. <https://doi.org/10.1603/ipm14006>
- Espinoza-Vanegas WL. 2018. Los cereales como fuente de alimentación primaria para la humanidad. Revista Multi-Ensayos, 4(7): 47–54. <https://doi.org/10.5377/multiensayos.v4i7.9493>
- Flores MA, Ramos MA, González MM, Zavala MA, Campos J, Soto L. 2020. Efecto insecticida e insectistático del aceite esencial de *Hyptis albida* (Kunth, 1817) contra sobre *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuide). Entomología Mexicana 62–66.
- Figueroa Gualteros, A. M., Castro Triviño, E. A. & Castro Salazar, H. T. 2019. Efecto bioplaguicida de extractos vegetales para el control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz (*Zea mays*). Acta Biológica Colombiana, 24(1), 58-66. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n1.69333>
- García-Hernández C, Rojo-Rubio R, Mendoza- de Gives P, González-Cortazar M, Zamilpa A, Mondragón-Ancelmo J, Villa-Mancera A, Olivares-Pérez J, Tapia-Maruri D, Olmedo-Juárez A. 2022. *In vitro* and *in vivo* anthelmintic properties

- of *Caesalpinia coriaria* fruits against *Haemonchus contortus*. Experimental Parasitology. 242, 108401. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2022.108401>
- García MK, Guerrero AM, Cabrera CF. 2019. Evapotranspiración y requerimientos de agua para la programación de riego de los cultivos *Saccharum officinarum* L. (Poaceae) “caña de azúcar”, *Zea mays* L. (Poaceae) “maíz” y *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) “espárrago” en el valle Chicama, Perú. Araldoa, 793–814. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.262.26218>
- Gutiérrez-Moreno R, Mota-Sanchez D, Blanco CA, Whalon ME, Terán-Santofimio H, Rodríguez-Maciel JC. DiFonzo C. 2018. Field-evolved resistance of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to synthetic insecticides in Puerto Rico and Mexico. Journal of Economic Entomology 112(2): 792–802. <https://doi.org/10.1093/jee/toy372>
- Gutiérrez M, Aldana L, Valladares MG. 2017. Control sustentable de insectos plaga empleando fitoextractos. Revista Mexicana de Agroecosistemas 4: 48–52.
- Hernández, A., Hernández, E., López, J. A., Ríos, C., Varela, S. E. & Rodríguez, R. 2018. Insectos benéficos asociados al control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Agroproductividad, 11, 9–14
- Jasso-Díaz G, Torres-Hernández G, Zamilpa A, Becerril-Pérez CM, Ramírez-Bribiesca JE, Hernández-Mendo O, Sánchez-Arrollo H, Olmedo-Juárez A, González-Cortazar M, Mendoza- de Gives P. 2022. *Ruta chalepensis* full extract and organic phases exhibit nematocidal activity against *Haemonchus contortus* eggs and infective larvae (L3). Helminthologia. 59(1), 46-54. <https://doi.org/10.2478/helm-2022-0001>
- Kenis M, du Plessis H, van den Berg J, Ba M, Goergen G, Kwadjo K, Baoua I, Tefera T, Buddie A, Cafà G, Offord L, Rwomushana I, Polaszek A. 2019. *Telenomus remus*, a candidate parasitoid for the biological control of *Spodoptera frugiperda* in Africa, is already present on the continent. Insects 10(4): 92. <https://doi.org/10.3390/insects10040092>

- Hernández, B., & Gamboa, M. 2019. Insecticidal and Nematicidal Contributions of Mexican Flora in the Search for Safer Biopesticides. *molecules*. <https://www.mdpi.com/journal/molecules>
- López JJ, Chirinos DT, Ponce WH, Solórzano RF, Alarcón JP. 2022. Actividad insecticida de formulados botánicos sobre el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Revista Colombiana de Entomología, 48(1). <https://doi.org/10.25100/socolen.v48i1.11739>
- Lopes, A. I. F., Monteiro, M., Araújo, A. R. L., Rodrigues, A. R. O., Castanheira, E. M. S., Pereira, D. M., Olim, P., Fortes, A. G., & Gonçalves, M. S. T. 2020. Cytotoxic Plant Extracts towards Insect Cells: Bioactivity and Nanoencapsulation Studies for Application as Biopesticides. *Molecules*, 1–14. <https://doi.org/10.3390/molecules25245855>
- Noguera, Y., Morales, P. 2021. Actividad insecticida de extractos etanólicos sobre *Spodoptera frugiperda* (Smith). Revitsa Científica Punkurí. 1: 94–103. <https://doi.org/10.55155/punkuri.v1i2.24>
- Martínez, A. M., Aguado-Pedraza, A. J., Viñuela, E., Rodríguez-Enríquez, C. L., Lobit, P., Gómez, B. & Pineda, S. 2017. Effects of Ethanolic Extracts of *Argemone ochroleuca* (Papaveraceae) on the Food Consumption and Development of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Florida Entomologist, 100(2), 339-345. <https://doi.org/10.1653/024.100.0232>
- Montilla, L., & Villegas, M. 2006. Elaboración y evaluación de un plaguicida natural para controlar la presencia del coquito azul (*Diphaulaca aulica*) en las plantas de caraota (*Phaseolus vulgaris*). Revista científica juvenil, 5.
- Monteon, A., Damián, A., Cruz, B., Duran, Y., Piedragil, B., Grifaldo, P. F., Hernández, E. & García, P. 2020. Eficacia de insecticidas botánicos y biorracionales para el control de trips (Thysanoptera: Thripidae) en árboles de mango en Veracruz, México. Revista Bio Ciencias, 7. <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e1031>
- Mwangi RW. 1982. Locust antifeedant activity in fruits of *Melia volkensii*. Entomologia Experimentalis Applicata. 32(3), 277-280.

- Olmedo-Juárez, A., Briones-Robles, T. I., Zaragoza-Bastida, A., Zamilpa, A., Ojeda-Ramírez, D., Mendoza de Gives, P., Olivares-Pérez, J. & Rivero-Perez, N. 2019. Antibacterial activity of compounds isolated from *Caesalpinia coriaria* (Jacq) Willd against important bacteria in public health. *Microbial Pathogenesis*, 136, 103660. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.103660>
- Paredes-Sánchez FA, Rivera G, Bocanegra-García V, Martínez-Padrón HY, Berrones-Morales M, Niño-García N, Herrera-Mayorga V. 2021. Advances in control strategies against *Spodoptera frugiperda*. A review. *Molecules* 26(18): 5587. <https://doi.org/10.3390/molecules26185587>
- Quintana CM, Ramos MA, Figueroa R, Moustapha M, Rico MA, Pacheco JR. 2016. Actividad insecticida e insectistática de *Senna crotalarioides* (Irwin y Barneby, 1979) (FABACEA) sobre *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuide). *Agroecología* 171–176.
- Romo D, Ramo, MA, Salinas DO, Figueroa R, Vela G, Vázquez BE. 2016. Evaluación del extracto hexánico del mirto sobre el gusano cogollero del maíz *Spodopetra frugiperda* J. E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae). *Entomología mexicana* 159–164.
- Romo, D., Martínez, D. E., Vázquez, B. E., Ramos, M. A., Figueroa, R., Flores, A., Rea, M. A. & Rodríguez, M. E. 2015. Compuestos botánicos como alternativa para el manejo del gusano cogollero del maíz. *Nthe*, 21-34.
- Salem, A. Z. M., Olivares, M., López, S., González, M., Rojo, R., Camacho, L. M., Cerillo, S. M. A., & Mejía, H. P. 2011. Effect of natural extracts of *Salix babylonica* and *Leucaena leucocephala* on nutrient digestibility and growth performance of lambs. ELSEVIER. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.08.002>
- Sánchez-Carranza, J.N., Alvarez, L., Marquina-Bahena, S., Salas-Vidal, E., Cuevas, V., Jiménez, E.W., Rafael, A., Veloz, G., Carraz, M., González-Maya, L., 2017. Phenolic compounds isolated from *Caesalpinia coriaria* induce S and G2/M phase cell cycle arrest differentially and trigger cell death by interfering with microtubule dynamics in cancer cell lines. *Molecules* 22, 666.

- Saïdou A, Balogoun I, Ahoton EL, Igué AM, Youl S, Ezui G, Mando A. 2018. Fertilizer recommendations for maize production in the South Sudan and Sudano-Guinean zones of Benin. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 361–373. <https://doi.org/10.1007/s10705-017-9902-6>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2021. Producción agrícola por Estado. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/
- Statista, 2022. Fecha de consulta 04 de julio de 2022 <https://www.statista.com/statistics/254292/global-corn-production-by-country/>
- Silva, G., Lagunes, A., Rodríguez, J. 2003. Control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: curculionidae) con polvos vegetales solos y en mezcla con carbonato de calcio en maíz almacenado. *Ciencia en Investigación Agraria*. 30:154-159.
- Tanyi, CB, Nkongho RN, Okolle JN, Tening AS, Ngosong C. 2020. Effect of intercropping beans with maize and botanical extract on fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) infestation. *International Journal of Agronomy* 2020: 1–7. <https://doi.org/10.1155/2020/4618190>
- Wan J, Huang C, Li CY, Zhou HX, Ren YL, Li ZY, Xing LS, Zhang B, Qiao X, Liu B, Liu CH, Xi, Y, Liu WX, Wang WK, Qian WQ, Mckirdy S, Wan FH. 2021. Biology, invasion and management of the agricultural invader: Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Integrative Agriculture*, 20(3): 646–663. [https://doi.org/10.1016/s2095-3119\(20\)63367-6](https://doi.org/10.1016/s2095-3119(20)63367-6)
- Zamora, M. C., Martínez, A. M., Nieto, M. S., Schneider, M. I., Figueroa, J. I. & Pineda, S. 2008. Actividad de algunos insecticidas biorracionales contra el gusano cogollero. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(4), 351. <https://doi.org/10.35196/rfm.2008.4.351>

XI. CAPÍTULO IV

ACTIVIDAD INSECTICIDA DE *Caesalpinia coriaria* Jacq Willd EN CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.)

Itzel Sánchez Alonso¹; Saúl Rojas Hernández²; Abraham Monteon Ojeda⁴; Jaime Olivares Pérez²; Agustín Olmedo Juárez³; Héctor Ramón Segura Pacheco⁴

¹Instituto Tecnológico de Cd. Altamirano. Av. Pungarabato s/n. Col. Morelos. Cd. Altamirano, Guerrero, México. C.P. 40660

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Guerrero. Km 3.5 Carretera Altamirano-Iguala. Cd. Altamirano, Gro. México. C.P. 40660

³Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP. Carretera Federal Cuernavaca-Cuautla. Col. Progreso. C.P. 62550 Jiutepec, Morelos, México

⁴Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Carretera Iguala-Tuxpan, Km 2.5. Iguala de la Independencia, Guerrero, México



RESUMEN

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es la principal fuente de energía en la dieta humana y animal a nivel mundial. *Spodoptera frugiperda* comúnmente llamado gusano cogollero es una de las principales plagas de importancia económica que afecta la producción de maíz. El objetivo del presente trabajo fue evaluar extractos botánicos a partir de hojas y vainas de *Caesalpinia coriaria* contra larvas de *S. frugiperda* en cultivo de maíz bajo un diseño experimental completamente al azar. Los tratamientos fueron: extracto metanólico de vaina (E-MeOH-V), extracto metanólico de hoja (E-MeOH-H), extracto acetato de etilo de vaina (E-AcOEt-V), extracto acetato de etilo de hoja (E-AcOEt-H), agua (testigo) y etanol 0.5% (testigo). Las dosis evaluadas fueron 0.25 % y 0.50 %. Para la evaluación de los tratamientos se realizaron dos aplicaciones con ocho días de intervalo entre ellas, vía aspersión. Posteriormente, se realizaron dos evaluaciones post-aplicación donde se registró la presencia o ausencia de larvas. Los resultados fueron analizados mediante un ANOVA. Las medias de los tratamientos fueron comparadas por la prueba de Tukey ($P < 0.05$). En la primera evaluación, siete días post-aplicación la mayor eficacia en el control de larvas de *S. frugiperda* la obtuvo el E-AcOEt-H-50 % (89 %) y en la segunda evaluación, catorce días pos t-aplicación fueron el E-AcOEt-V-25 % y el E-AcOEt-H-50 % (94 %). Además, no se observaron efectos fitotóxicos sobre el cultivo, por lo tanto, la incorporación de extractos botánicos representa una alternativa viable para la gestión integrada de plagas.

Palabras clave: *Caesalpinia coriaria*, extractos botánicos, gusano cogollero.

ABSTRACT

The corn crop (*Zea mays* L.) is the main energy source in the human and animal diet worldwide. *Spodoptera frugiperda* commonly named as armyworm is one the main pest of economic importance since affects corn crop production. The aim of the present study was to evaluate extracts from leaves and pods of *Caesalpinia coriaria* against *S. frugiperda* under field conditions using the randomized completely design. Treatments were assigned as follow: pod methanolic extract (P-MeOH-E), leave methanolic extract (L MeOH-E), pod ethyl acetate extract (P-AcOEt-E), leave ethyl acetate extract (L-AcOEt-E), distilled water and 0.5% ethanol (negative controls). The assessed doses were 0.25 and 0.5%. The treatments were applied twice each eight days. After this period, the presence or absence of larvae was recorded. The results were analyzed through an ANOVA. The means among treatments were compared via the Tukey test ($P < 0.05$). In the first evaluation, seven days post-treatment the highest control efficacy (89 %) on *S. frugiperda* larvae was obtained with the L-EtOAc-E. Meanwhile, in the second evaluation corresponding to 14 d post-application, the P-EtOAc-E and L-EtOAc-E at 0.25 % dose displayed an efficacy of 94 %. Additionally, phytotoxic effect on the crop was not observed, thus the incorporation of these extracts could be used as a viable alternative for the treatment of pests under schematic integrate.

Keywords: *Caesalpinia coriaria*, botanic extracts, armyworm

INTRODUCCIÓN

En México, el maíz es uno de los cultivos más importante por su carácter alimentario, industrial, político y social (Vázquez *et al.*, 2015). Los principales países productores son, Estados Unidos, China, Brasil, Argentina, Ucrania, India, México, Canadá, Indonesia y Sudáfrica (statista, 2022). Tanto en México como en el estado de Guerrero este cultivo se realiza en dos ciclos agrícolas, primavera-verano (PV) y otoño-invierno (OI) (Jaramillo *et al.*, 2018).

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) es la plaga más importante en diferentes regiones del continente americano y la plaga de mayor importancia en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) ya que generalmente causa daños en todas las etapas de crecimiento de la planta. Los daños pueden ser devastadores cuando ataca a plantas jóvenes, mientras que cuando ataca a plantas de estados fenológicos maduros estas pueden reponerse (Casmuz *et al.*, 2010, Terrones *et al.*, 2022).

Actualmente, dentro de las estrategias más utilizadas para su manejo destaca el uso de insecticidas sintéticos. Las poblaciones de *S. frugiperda* han desarrollado resistencia a varias clases de insecticidas sintéticos con acción por contacto e ingestión, tales como carbamatos, organofosforados y piretroides, además de que esta práctica elimina enemigos naturales y afecta el medio ambiente (Terrones *et al.*, 2022). Por ello, es necesario implementar nuevas alternativas al control convencional de plagas, que mitiguen el impacto derivado del uso excesivo de insecticidas sintéticos y que coadyuben al control de plagas en la agricultura. Teniendo en cuenta esto, los extractos botánicos a través de diversos estudios han sido señalados con actividad biológica frente a diferentes organismos por lo cual pueden representar una estrategia ecológica rentable para el control de plagas en múltiples cultivos. Por lo anterior, el objetivo principal de la presente investigación fue evaluar la efectividad biológica de extractos botánicos a partir de hojas y vainas de *C. coriaria* y sus efectos fitotóxicos, en el control de *S. frugiperda* en cultivo de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

El experimento se desarrolló en la comunidad los Limones localizada en el Municipio de Pungarabato, del estado de Guerrero, (18° 20' 30" de latitud Norte y -100° 39' 18" de longitud Oeste) a 250 msnm (Fragoso 1990)

Preparación de los extractos en metanol (E-MeOH) y acetato de etilo (E-AcOEt)

Se utilizaron 500 g de hojas y vainas para cada solvente, las cuales fueron maceradas en 2500 mL de cada solvente en una relación masa/volumen de 1:5 (1 gramo de materia seca: 5 mL de solvente) durante 24 h. Posteriormente, cada extracto líquido fue filtrado utilizando gasa, algodón y papel filtro. En seguida, el solvente fue eliminado por destilación a presión reducida con la ayuda de un rota-evaporador (Büchi R-300, Suiza) a 40°C, 90 rpm y 120 mb, obteniendo un extracto en metanol (E-MeOH) y un extracto en acetato de etilo (E-AcOEt) en estado semisólido. Finalmente, ambos extractos fueron colocados en una liofilizadora (Labconco 4.5 L) con el fin de eliminar completamente los residuos del solvente (Olmedo *et al.*, 2019).

Establecimiento de la parcela

El establecimiento de la parcela se llevó a cabo en el ciclo de otoño-invierno, para ello, se realizaron labores previas a la siembra las cuales consistieron en limpiar, barbechar, rastrear y surcar, esto con la finalidad de homogeneizar la superficie del suelo. La siembra se realizó con maquinaria agrícola, empleando semilla híbrida a una distancia de 80 cm entre surcos y 20 cm entre planta. Como el cultivo se no se desarrolló en la época de lluvias, se realizaron riegos cada ocho días o de acuerdo a la necesidad del cultivo. Para el control de arvenses se aplicó tembotriona (herbicida selectivo post-emergente), vía aspersión, a una dosis del ingrediente activo de 300 mL/ha. La fertilización edáfica se llevó a cabo con tres aplicaciones fraccionadas. La primera aplicación se realizó en conjunto con la siembra y consistió de 100 kg/ha⁻¹ de cloruro de potasio, 100 kg/ha⁻¹ de DAP y 100 kg/ha⁻¹ de

fosfonitrato. La segunda y tercera aplicación se llevó a cabo durante el desarrollo vegetativo con 300 kg/ha⁻¹ de fosfonitrato

Aplicación de tratamientos

El estudio se realizó en una parcela experimental con dimensiones de 40 m² la cual fue dividida en 40 unidades experimentales (UE) de 3 m² considerando un aproximado de 40 ± 3.39 plantas dispuestas en cada UE. La aplicación de tratamientos se llevó a cabo durante el desarrollo vegetativo del cultivo. Los tratamientos fueron aplicados por la mañana 7:30 – 8:30 am, vía foliar con una mochila aspersora calibrada con un gasto de 3 L/UE. Se realizaron solo dos aplicaciones con 7 días de intervalo entre ellas; los tratamientos fueron: Dos extractos metanólicos (uno de hoja, E-MeOH-H y uno de vaina, E-MeOH-V) y dos extractos en acetato de etilo (uno de hoja, EAcOEt-H y uno de vaina EAcOEt-V) a partir de la leguminosa *Caesalpinia coriaria*. Además, se utilizaron dos testigos (agua y etanol 0.5%). Los extractos fueron evaluados a dosis de 0.25% y 0.5%.

Evaluación de tratamientos

Previo a la aplicación de los tratamientos se realizó un monitoreo a cada UE para determinar en promedio la infestación inicial de larvas la cual fue de 2.975 ± 1.36. En seguida se aplicaron los tratamientos, vía foliar con una mochila aspersora. Consecutivamente se realizaron las evaluaciones a los 7 y 14 días post- aplicación. Para las evaluaciones, se tomaron al azar cinco plantas por UE (cubriendo todos los puntos cardinales) registrando la presencia o ausencia de la larva.

El porcentaje de eficacia de los tratamientos, para el control de gusano cogollero en el cultivo, se obtuvo con la fórmula de Abbott:

$$\% EFICACIA = \frac{IT - it}{IT} * 100$$

Dónde: IT= Infestación en el testigo absoluto, it= Infestación en el tratamiento

Fitotoxicidad de los extractos

Se registraron los posibles efectos fitotóxicos de los tratamientos sobre las hojas del cultivo de maíz utilizando la escala de daños propuesta por la EWRS (European Weed Research Society) (cuadro 4) (Champion, 2000). La evaluación del daño se realizó a través de imágenes digitales, estimando el área afectada (%) de cada hoja implementando el software de uso libre GIMP 2.0 para Windows® (Monteon *et al.*, 2020).

Cuadro 1. Escala de puntuación de la EWRS (European Weed Research Society) con modificaciones para evaluar fitotoxicidad al cultivo y su interpretación agronómica porcentual.

Valor puntual	Efecto sobre el cultivo	Fitotoxicidad al cultivo (%)
1	Sin efecto	0
2	Síntomas muy ligeros	1.0 – 3.5
3	Síntomas ligeros	3.6 – 7.0
4	Síntomas sin daños en rendimiento	7.1 – 12.5
5	Daño medio	12.6 – 20
6	Daños elevados	21 – 29
7	Daños muy elevados	30 – 50
8	Daños severos	51 – 99
9	Muerte completa	100

Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados mediante un ANOVA utilizando un diseño experimental completamente al azar. Las medias de los tratamientos fueron comparadas por la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La infestación inicial (evaluación previa) de larvas vivas en promedio fue de 2.975 ± 1.36 por unidad experimental (UE). Algunas de las plantas presentaban índices de daño bajos y altos, tales como raspado en hojas, agujeros de diferentes tamaños, daño en el cogollo con presencia de heces, por lo que se entiende que el cultivo albergaba larvas en estadios L₄ o L₅. Es importante resaltar que la aplicación de tratamientos se realizó durante la mañana cuando la larva se encuentra al exterior del cogollo y se facilita el contacto con productos, ya que estos estadios (L₄, L₅, L₆) se encuentran alojados completamente en el cogollo de la planta (yema apical) y con sus heces forman un tapón que impide por completo el control convencional. En cuanto a la primera evaluación registrada a los siete días post-aplicación se pudo observar una disminución de larvas en todas las UE lo cual se puede atribuir a que todos los tratamientos ejercieron efecto sobre la población de larvas. Algo similar se observó a los catorce días post-aplicación, la disminución de larvas continuo, sin embargo, este comportamiento no fue uniforme para todos los tratamientos lo que nos lleva a deducir que quizá las aspersiones deben realizarse a intervalos más cortos (cuadro 2).

Cuadro 2. Promedio de la sobrevivencia de larvas de gusano cogollero (*S. frugiperda*) a los diferentes tratamientos durante la evaluación previa y post-aplicación en cultivo de maíz

Tratamientos	Evaluación previa (0 dda)	Primera evaluación (7 dda)	Segunda evaluación (14 dda)
T1: E-MeOH-V 25 %	3.75	1.25	0.75
T2: E-MeOH-V 50 %	3.50	0.75	1.25
T3: E-MeOH-H 25 %	3.25	1.25	1.75
T4: E-MeOH-H 50 %	3.50	0.75	0.50
T5: E-AcOEt-V 25 %	2.75	1.00	0.25
T6: E-AcOEt-V 50 %	2.75	0.50	0.75
T7: E-AcOEt-H 25 %	2.25	0.50	1.00

T8: E-AcOEt-H 50 %	3.75	0.50	0.25
T9: Etanol (0.5%)	2.75	0.50	0.75
T10: Agua	1.50	0	0.50

E-MeOH-V= extracto metanólico vaina, E-MeOH-H= extracto metanólico hoja, E-AcOE-V= extracto acetato de etilo vaina, E-AcOE-H= extracto acetato de etilo hoja. dda= días después de la aplicación.

La eficacia de los tratamientos aplicados al cultivo de maíz se muestra en el cuadro 3. No se observó diferencia estadística entre tratamientos ($P>0.05$). Los porcentajes indican que a los siete días post-aplicación la mayor eficacia en el control de larvas de *S. frugiperda* la obtuvo el extracto en acetato de etilo de hojas a la dosis 50 % (E-AcOEt-H) (89 %) seguido del extracto metanólico de vainas a la dosis 50 % (E-MeOH-V) (77 %), mientras que la eficacia más baja estuvo ejercida por el extracto metanólico de hojas a la dosis 25 % (E-MeOH-H) (58 %).

Por otro lado, en la evaluación a los catorce días post-aplicación la mayor eficacia en el control de larvas de *S. frugiperda* la obtuvieron los extractos en acetato de etilo de vainas a la dosis 25 % (E-AcOEt-V) y el extracto en acetato de etilo de hojas a la dosis 50 % (E-AcOEt-H) (94 %), mientras que la eficacia más baja se siguió manteniendo en el extracto metanólico de hojas a la dosis 25 % (E-MeOH-H) (52 %).

Estos resultados son similares a los reportados por Landívar *et al.* (2017) quienes evaluaron insecticidas vegetales de *Azadirachtina indica* y *Crisantemun spp* sobre poblaciones de *S. frugiperda* en maíz, donde encontraron menor presencia de larvas en los tratamientos aplicados con los extractos antes mencionados. Asimismo, Figueroa *et al.* (2019) evaluaron la actividad bioplaguicida de mezclas de extractos vegetales a partir de *A. indica*, *Piper nigrum*, *Petiveria alliacea*, *Nicotiana tabacum*, *Lippia alba* y *Allium sativum*, sobre *S. frugiperda* en un cultivo orgánico de maíz criollo y observaron que el tratamiento con mayor eficacia fue el de *P. nigrum* (84,5 %) y el de menor fue el de *L. alba* (74,9 %), porcentajes mas bajos a los reportados en nuestro estudio. En otro estudio realizado por Navarro (2013) se evaluaron la efectividad de extractos de ají (*Capsicum annuum*) contra gusano cogollero en cultivo de maíz y se determinó que las plantas tratadas con extractos de ají

mantuvieron un porcentaje de afectación cercano al 30 % y una efectividad cercana al 70 %.

Existen diversos estudios que exhiben diferentes compuestos con propiedades biológicas, tales como flavonoides, alcaloides, taninos, polifenoles, terpenos, sesquiterpenos, saponinas y coumarinas, obtenidos de extractos acuosos a partir de *Piper nigrum*, *Nicotiana tabacum*, *A. indica*, *Allivum sativum*, *Petiveria alliacea* y *Lippia alba* los cuales podrían ser aprovechables como una alternativa sustituta a los plaguicidas sintéticos y de esta manera reducir los impactos ambientales y costos de producción desencadenados por el uso excesivo de productos de origen industrial (Figuerola *et al.*, 2019; Monteon *et al.*, 2020; Monteon *et al.*, 2021). Ondarza (2013) refiere que se conocen aproximadamente 2,400 especies de plantas reportadas con propiedades pesticidas, de las cuales el neem (*Azadirachta indica*) está catalogada con la propiedad biopesticida más amigable y confiable al ambiente.

Con respecto a la eficacia de los extractos botánicos, Rodríguez (2003) refiere que la gran mayoría de sustancias vegetales ocasionan efectos subletales en las plagas en comparación con los insecticidas organosintéticos, ya que con los insecticidas vegetales más allá de causar mortalidad de la plaga se busca la regulación mediante la inhibición de la alimentación, la inhibición de crecimiento, la inhibición del desarrollo y la inhibición de la oviposición.

Cuadro 3. Porcentaje de eficacia de los extractos de vainas y hojas de *C. coriaria* en el control de gusano cogollero (*S. frugiperda*) en cultivo de maíz

Tratamientos	Eficacia (%)	
	Primera evaluación (7 dda)	Segunda evaluación (14 dda)
T1: E-MeOH-V 25 %	50	75
T2: E-MeOH-V 50 %	77	67
T3: E-MeOH-H 25 %	58	52
T4: E-MeOH-H 50 %	78	90
T5: E-AcOEt-V 25 %	69	94

T6: E-AcOEt-V 50 %	63	75
T7: E-AcOEt-H 25 %	63	69
T8: E-AcOEt-H 50 %	89	94
T9: Etanol (0.5%)	87	74
T10: Agua	75	54
EEM		-----

E-MeOH-V= extracto metanólico vaina, E-MeOH-H= extracto metanólico hoja, E-AcOE-V= extracto acetato de etilo vaina, E-AcOE-H= extracto acetato de etilo hoja. dda= días después de la aplicación.

Por otra parte, para evaluar el posible efecto fitotóxico de los extractos de *C. coriaria* sobre el cultivo de maíz se utilizó la escala de puntuación propuesta por la EWRS y se pudo observar que ninguno de los extractos aplicados ejerció efecto fitotóxico en el cultivo lo que indica que este tipo de productos pueden representar una alternativa viable para el manejo integrado de plagas en los cultivos y con ello disminuir el uso indiscriminado de insecticidas sintéticos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentaje de fitotoxicidad de acuerdo a la escala de puntuación de la EWRS (European Weed Research Society) de los extractos de *C. coriaria* sobre el cultivo de maíz

Tratamientos	Fitotoxicidad al cultivo (%)	
	Primera evaluación (7 dda)	Segunda evaluación (14 dda)
T1: E-MeOH-V 25 %	0	0
T2: E-MeOH-V 50 %	0	0
T3: E-MeOH-H 25 %	0	0
T4: E-MeOH-H 50 %	0	0
T5: E-AcOEt-V 25 %	0	0
T6: E-AcOEt-V 50 %	0	0
T7: E-AcOEt-H 25 %	0	0
T8: E-AcOEt-H 50 %	0	0
T9: Etanol (0.5%)	0	0

T10: Agua	0	0
E-MeOH-V= extracto metanólico vaina, E-MeOH-H= extracto metanólico hoja, E-AcOE-V= extracto acetato de etilo vaina, E-AcOE-H= extracto acetato de etilo hoja. dda= días después de la aplicación.		

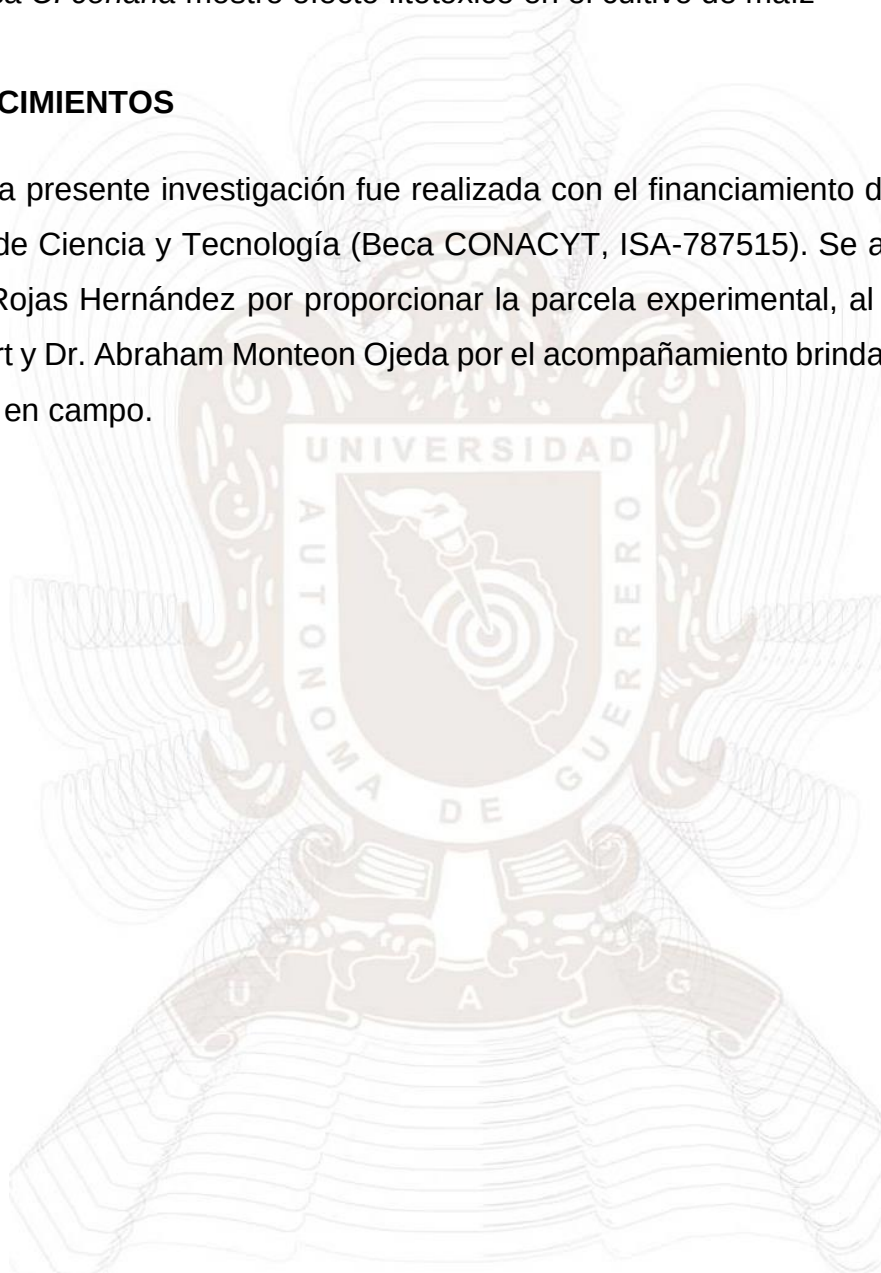


CONCLUSIONES

Todos los extractos de *C. coriaria* mostraron efecto en la población de larvas de *S. frugiperda* desde los siete días post-aplicación. La mayor eficacia de control estuvo ejercida por el extracto en acetato de etilo de vainas a la dosis 25 % y el extracto en acetato de etilo de hojas a la dosis 50 %. Ninguno de los tratamientos a partir de la leguminosa *C. coriaria* mostró efecto fitotóxico en el cultivo de maíz

AGRADECIMIENTOS

Parte de la presente investigación fue realizada con el financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Beca CONACYT, ISA-787515). Se agradece al Dr. Saúl Rojas Hernández por proporcionar la parcela experimental, al Sr. Natolio Betancourt y Dr. Abraham Monteon Ojeda por el acompañamiento brindado durante el estudio en campo.



LITERATURA CITADA

- Casmuz, A. S., Juárez, M. L., Socías, M. E., Murúa, M. G., Prieto, S. C., Medina, S. M., Willink, E., & Gastaminza, G. A. (2010). Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Rev. Soc. Entomol. Argent. 69 (3-4): 209-231
- Figuerola Gualteros, A. M., Castro Triviño, E. A., & Castro Salazar, H. T. (2019). Efecto bioplaguicida de extractos vegetales para el control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz (*Zea mays*). Acta Biológica Colombiana, 24(1), 58-66. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n1.69333>
- Fragoso LC. 1990. Ubicación geográfica del Municipio de Pungarabato. Monografía del Estado de Guerrero, sur amate de mar y montaña. SEP, México, D.F. 237.
- Jaramillo JG, Peña BV, Hernández JH, Díaz R, Espinosa A. 2018. Caracterización de productores de maíz de temporal en Tierra Blanca, Veracruz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 9: 911–923. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i5.1501>
- Landivar, O. T., Colina, N. E., Castro, A. C., Santana, A. D., García V. G., Mora C. O., Uvidia V. M & Goyes, C. M. (2017). Evaluación de Extractos Vegetales y Bioinsecticidas Sobre Poblaciones de *Spodoptera frugiperda* y *Elasmopalpus lignosellus* en Maíz. European Scientific Journal, ESJ, 13(21), 238. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n21p238>
- Monteon, A., Damián, A., Cruz, B., Duran, Y., Piedragil, B., Grifaldo, P. F., Hernández, E. & García, P. 2020. Eficacia de insecticidas botánicos y biorracionales para el control de trips (Thysanoptera: Thripidae) en árboles de mango en Veracruz, México. Revista Bio Ciencias, 7. <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e1031>
- Monteon-Ojeda, A., Damián-Nava, A., Hernández-Castro, E., Cruz-Lagunas, B., Romero-Rosales, T., San Juan-Lara, J., & Ibarra-Cortes, K. H. (2021). Biorational and conventional insecticides efficacy to control thrips (*Frankliniella occidentalis* Perg.) on strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.)

- at Morelos state, México. Agro Productividad, IV. <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i9.1980>
- Navarro, M. A. (2012). Control de *Spodoptera frugiperda* en cultivos de maíz (*Zea mays* L) usando extractos de ají (*Capsicum annuum*). Momentos de Ciencia, 10(2).
- Olmedo-Juárez, A., Briones-Robles, T. I., Zaragoza-Bastida, A., Zamilpa, A., Ojeda-Ramírez, D., Mendoza de Gives, P., Olivares-Pérez, J. & Rivero-Perez, N. (2019). Antibacterial activity of compounds isolated from *Caesalpinia coriaria* (Jacq) Willd against important bacteria in public health. Microbial Pathogenesis, 136, 103660. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.103660>
- Rodríguez Hernández, C. (2003). Cuantificación de la inhibición del crecimiento en insectos, provocada por productos naturales. En agricultura, ambiente y desarrollo sustentable. 223-242.
- Statista, 2022. Fecha de consulta 04 de julio de 2022 <https://www.statista.com/statistics/254292/global-corn-production-by-country/>
- Terrones-Salgado, J., Pedroza-Sandoval, A., Samaniego-Gaxiola, J. A., & Michel-Aceves, A. C. (2022). Uso de probióticos y agroquímicos en la infestación de *Spodoptera frugiperda* en cultivo de maíz: su impacto en el crecimiento y rendimiento de la planta. TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 25. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.458>
- Vázquez-Ramírez, M. F., Rangel-Núñez, J. C., Ibarra, J. E., & Del Rincón-Castro, M. C. (2014). Evaluación como agentes de control biológico y caracterización de cepas mexicanas de *Bacillus thuringiensis* contra el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Interciencia, 40(6), 397-402. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33938675006.pdf>

XII. CONCLUSIONES GENERALES

En el municipio de Pungarabato, Guerrero, la mayoría de los productores de maíz desarrollan el cultivo con labores convencionales en los dos ciclos agrícolas, temporal y riego, bajo la modalidad de temporal obtienen un rendimiento de 4 t ha⁻¹, mientras que en riego obtienen un rendimiento promedio de 4.8 t ha⁻¹

El principal propósito del desarrollo de la actividad agrícola es el autoconsumo y la comercialización, durante el ciclo productivo las labores de preparación del suelo, siembra, control de arvenses, fertilización y control de plagas se realizan de forma convencional, estas últimas llevadas a cabo de forma fraccionada durante el ciclo productivo de la planta

En el área de estudio, todos los productores de maíz presentaron infestaciones de *Spodoptera frugiperda* en sus cultivos y reconocieron que es la plaga más importante en sus cultivos. La mayor presencia de larvas se presentó en el ciclo agrícola primavera-verano (época de lluvias) y el principal método de control utilizado fue el químico, implementado a criterio común con una apreciación de recuperación del cultivo entre 60 y 100 % de la planta

El extracto hexánico de vainas de *C. coriaria* en la concentración 100 mg/mL presentó mayor eficacia sobre *S. frugiperda* y puede considerarse como un producto con potencial insecticida. El extracto AcOEt fue capaz de interrumpir el ciclo biológico del insecto por lo cual se le atribuye actividad insectistática contra larvas de *S. frugiperda*. Esta leguminosa por su efecto biológico representa una opción ecológica para reducir la infestación de *S. frugiperda* en campo y en consecuencia menor daño al cultivo.

Todos los extractos de *C. coriaria* mostraron efecto en la población de larvas de *S. frugiperda* desde los siete días post-aplicación. La mayor eficacia de control estuvo ejercida por el extracto en acetato de etilo de vainas a la dosis 25 % y el extracto en acetato de etilo de hojas a la dosis 50 %. Ninguno de los tratamientos a partir de la leguminosa *C. coriaria* mostró efecto fitotóxico en el cultivo de maíz

XIII. ANEXOS

ENCUESTA PARA CONOCER LAS PRÁCTICAS DE MANEJO QUE USAN LOS PRODUCTORES

Nombre del productor: _____ Edad: _____

Escolaridad: _____ Localidad: _____

Años dedicados a la producción de maíz: _____

Datos de la unidad de producción

1- Tipo de propiedad:
a) Ejidal b) Comunal c) Propiedad privada
- Superficie: _____

2- No. hectáreas que siembra de maíz: _____

3- Eventualidad de siembra:
a) Temporal _____ b) Riego _____

4- Propósito de la producción
a) Autoconsumo _____ b) Venta _____ c) Ambas _____

5- Lugar de venta (si lo vende)
a) Intermediarios b) bodegas compradoras de maíz c) tortillerías

Preparación de terreno

6- Usa el fuego para limpiar el terreno previo al uso de maquinaria	SI	NO
- con qué frecuencia: _____		
7- Barbecho	SI	NO
- costo/ha: _____		
8- Rastro	SI	NO
- costo/ha: _____		
9- Surcado	SI	NO
- costo/ha: _____		

Figura 1. Encuesta aplicada a los productores de maíz del Municipio Pungarabato, Guerrero, México.

Cuadro 1. Dieta merídica utilizada para el mantenimiento de larvas (*Spodoptera frugiperda*) en condiciones de laboratorio.

Ingredientes	Cantidad (1 L)
Harina de soja	71.1 g
Germen de trigo	31.7 g
Sales wesson	10.6 g
Sacarosa	13 g
Metil paraben	1.6 g
Ácido sórbico	1.0 g
Ácido ascórbico	4.3 g
Agar	14 g
Solución de vitaminas	4 mL
Ácido acético 25%	12 mL
Formalina 10%	4.4 mL
Cloruro de colina 15%	7.3 mL
Aureomicina 14%	1.2 mL