



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

ESCUELA DE ESTUDIOS SUPERIORES DEL JICARERO

**RESPUESTA OLFATIVA DE LARVAS DE *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith  
(Lepidoptera: Noctuidae) A COMPUESTOS VOLÁTILES DE DOS  
VARIEDADES DE MAÍZ SIN DAÑO Y CON DAÑO POR SUS CONESPECÍFICOS**

**TESIS PROFESIONAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES  
P R E S E N T A:  
DAVID TRUJANO CRUZ**

**DIRECTOR  
DR. HUMBERTO REYES PRADO**

**JOJUTLA, MORELOS**

**MARZO, 2021**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, y a la Escuela de Estudios Superiores el honor de haberme permitido ser formado académicamente en sus aulas y con su personal académico de alto nivel.

Agradezco al Dr. Humberto Reyes Prado, por haberme aceptado como su alumno y haberme orientado en cada paso del desarrollo de la presente tesis. En especial, le agradezco por su apoyo más allá de la academia. “doc.” quizá no tenga mucho que ofrecer hoy en día, pero mi mano siempre estará extendida para usted en lo que pueda servirle. Jamás olvidare el 19 de septiembre de 2017.

Agradezco a la Dra. Norma Reyna Robledo Quintos por haber aceptado ser codirectora de la presente tesis. Le agradezco por todo el tiempo que dedico en orientarme y presentarme el maravilloso “universo” de la Ecología Química de Insectos, jamás lo olvidare. En especial le agradezco por reorientarme en mi disciplina personal, y haberme soportado más de una vez. Usted también cuenta con mi mano.

Agradezco a cada uno de los integrantes del comité tutorial, por sus comentarios y propuestas para el desarrollo de éste proyecto, que sin duda alguna enriquecieron su contenido.

## **DEDICATORIA**

**A mis dos grandes amores, mi esposa Lilia y mi pequeño Eliel. Son el motor de mi corazón todos los días. “Lo logramos Totolita de mi vida”**

**A mis padres, Delfino y Rebeca. No habría logrado nada de esto si no fuese por ustedes, su gran amor y apoyo. “Mapas”**

**A mis hermanos, Yu y Ñakis. Los amo mucho. “Brodís”**

**Y a cada uno de mis compañeros de generación, que hicieron de éstos años académicos los más divertidos y enriquecedores. En especial a Eduardo “El Yuca”, Graciela “Chela”, Emmanuel “Pou” y Guillermo “Memo”, mis amigos. No importa las circunstancias, tienen mi respeto y amistad.**

## **CONTENIDO**

<b>RESUMEN</b> .....	iii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>ANTECEDENTES</b> .....	3
1. Importancia de <i>Zea mays</i> (Linneaus 1753) para México. ....	3
2. Principales insectos plaga que afectan al maíz .....	4
2.1 Modelo de estudio <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	5
2.2 Manejo de <i>Spodoptera frugiperda</i> L.....	7
3. Compuestos volátiles orgánicos del <i>Zea mays</i> L.....	11
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	17
<b>HIPÓTESIS</b> .....	17
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	18
<b>OBJETIVOS PARTICULARES</b> .....	18
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	18
1. Plantas de maíz .....	18
2. Cría de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	19
3. Tratamiento de daño por herbívoros en plantas de maíz.....	19
4. Extracción de compuestos volátiles de maíz .....	19
5. Respuesta olfativa de las larvas de <i>S.frugiperda</i> .....	21
6. Analisis de datos .....	22
<b>RESULTADOS</b> .....	23
1.1 Respuesta olfativa de las larvas al extracto del maíz cuarenteño. ....	23
1.2 Respuesta olfativa de las larvas al extracto del maíz A7573.....	23
1.3 Respuesta olfativa al extracto de maíz cuarenteño y maíz A7573 .....	24
<b>DISCUSIÓN</b> .....	26
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	28
<b>REFERENCIAS CITADAS</b> .....	29

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Cuadro 1.</b> Especies de lepidópteros que afectan el cultivo de maíz.	4
<b>Cuadro 2.</b> Escala de domesticación de las plantas.	13
<b>Cuadro 3.</b> Recopilación de CVO del maíz.	14-15
<b>Cuadro 4.</b> Bioensayos en olfatómetro en “Y”.	22

## ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
<b>Figura 1.</b> Ciclo reproductivo de <i>S. frugiperda</i> .	5
<b>Figura 2.</b> Cría de <i>S. frugiperda</i> .	19
<b>Figura 3.</b> Sistema de aireación dinámica abierta para la extracción de volátiles del maíz Cuarenteño y Asgrow A7573.	20
<b>Figura 4.</b> Bioensayo de respuesta olfativa de <i>S. frugiperda</i> a los CVO de <i>Z. mays</i> .	21
<b>Figura 5.</b> Resultados porcentuales de la respuesta de larvas a los extractos de maíz Cuarenteño sin daño y con daño por herbivoría.	23
<b>Figura 6.</b> Resultados porcentuales de la respuesta de larvas a los extractos de maíz Asgrow A7573 sin daño y con daño por herbivoría.	24
<b>Figura 7.</b> Resultados porcentuales de la respuesta de larvas a los extractos de maíz Cuarenteño y Asgrow A7573 sin daño y con daño por herbivoría.	25

## RESUMEN

*Spodoptera frugiperda* es una de las principales plagas del maíz. Para el manejo de *S. frugiperda* se han desarrollado diversas estrategias y tecnologías, como el monitoreo de los machos por medio de trampas cebadas con la feromona sexual de la hembra. Sin embargo, son pocos los estudios para el manejo de la larva con semioquímicos, lo cual es importante en el manejo del insecto ya que se ha visto que las neonatas de *S. frugiperda* tienen la capacidad de desplazarse del sitio de oviposición hacia otro hospedero, presentando una preferencia por las plantas de maíz híbrido en comparación con el criollo, ante lo cual se plantea que las plantas pierden progresivamente sus defensas fitoquímicas al ser domesticadas. Por lo que, en la presente investigación, se comparó la respuesta de las larvas de *S. frugiperda* a extractos de maíz híbrido Asgrow A 7573 y maíz criollo Cuarenteño en condiciones de estrés por herbivoría; para ello, se realizaron extractos de ambas variedades de maíz para evaluar la respuesta de atracción de larvas de *S. frugiperda* en olfatómetro “Y”. Los resultados mostraron que las larvas del tercer estadio de *S. frugiperda* presentan una mayor atracción a los extractos de maíz híbrido Asgrow A 7573 con daño por herbivoría, en comparación con el maíz criollo cuarenteño.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es de gran importancia para México, forma parte de su riqueza biológica, biocultural (Perales-Rivera y Golicher, 2011) y agrícola; llegando a ocupar el séptimo lugar en producción a nivel internacional a finales de 2017 (SIAP, 2017). El maíz es materia prima en la producción de almidón, aceite, proteínas, edulcorantes alimenticios e incluso combustible (FAO, 1993). Sin embargo, este cultivo enfrenta una gran diversidad de problemas, como las pérdidas ocasionadas por insectos plaga (IP) (Davidson y Lyon, 1992). En el caso del maíz uno de los principales IP es *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1979) el cual puede ocasionar pérdidas cercanas a los 500 kg por hectárea (Jaramillo *et al.*, 1989), por lo que es necesario tomar medidas para su manejo; de esta manera el uso de insecticidas sintéticos ha sido uno de los métodos más utilizados (Van-Emden, 1977; Yagüe-Gonzalez *et al.*, 2002; CESAVEG, 2005). Sin embargo, el mal manejo de estos ha ocasionado el desarrollo de resistencia en los IP (León-García *et al.*, 2012), residualidad en los productos alimenticios y contaminación del ambiente (Spiro y Stigliani, 2004): en el suelo (FAO, 2007), agua (Tobón-Marulanda *et al.*, 2010; Orta, 2002), aire (Romero *et al.*, 2006) e incluso ha afectado a la entomofauna beneficiosa de los cultivos, como polinizadores y depredadores de los IP (Devine *et al.*, 2008).

En respuesta al uso indiscriminado de insecticidas se ha propuesto el Manejo Integral de Plagas (MIP), como una estrategia de producción agrícola perfilada en reducir el uso de éstos y otros agroquímicos a partir de la integración de técnicas y

tecnologías alternativas (Murgido y Elizondo, 2007; Martínez, 2010). Tal es el caso del uso de semioquímicos (Martínez, 2010), compuestos químicos volátiles que modulan el comportamiento de los insectos (Malo-Rivera y Rojas, 2012) y que actualmente tienen aplicación en la detección y monitoreo de IP mediante el trapeo con feromona sexual (Apablaza y Norero, 1993). En este sentido, para *S. frugiperda* se han estudiado los compuestos de la feromona sexual de la hembra, así como la interacción de ambos sexos con los compuestos volátiles orgánicos (CVO) del hospedero (Salas, 2001; Capinera, 2014; Pinto-Zevallos *et al.*, 2016). Sin embargo, son pocos los trabajos realizados de la respuesta de las larvas de *S. frugiperda* a los CVO de variedades de maíz. Por lo anterior, en el presente trabajo se estudió la respuesta olfativa de las larvas de *S. frugiperda* ante dos variedades de maíz híbrido y criollo, en condiciones de estrés por herbivoría.

## ANTECEDENTES

### 1. Importancia de *Zea mays* (Linneaus 1753) para México.

El maíz es un cultivo importante para México, en él se han reportado seis centros de diversidad de maíz: Chiapas, Oaxaca, Centro Oriente (México, Puebla, Tlaxcala), Centro-Occidente (Jalisco, Michoacán, Guerrero), Noreste (Sonora, Sinaloa y Chihuahua). En maíz se ha reportado una diversidad biológica de cincuenta y seis razas (Sánchez, 2011) y dos subespecies: *Mexicana* (Schrader), y *Parviglumis* (Illis y Doebley) (Mera-Ovado y Mapes-Sánchez, 2009). Así mismo, el cultivo de maíz ha marcado un alto impacto económico en México, llegando a cubrir una extensión territorial en la última década de 7.4 millones de hectáreas; lo que representa un 40% de la fuerza de trabajo en el sector agrícola (Mera-Ovado, 2009), de modo que en 2012 el maíz cubría una de cada tres hectáreas cultivadas en México (Castañeda-Zavala *et al.*, 2014). Cabe señalar que a nivel internacional este país se ha destacado como uno de los principales productores desde la década de los 90's, ocupando el segundo lugar en producción de América Latina con un promedio de 12.1 millones de toneladas de granos (Hibon *et al.*, 1991), y en los últimos registros de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), México ocupó el décimo lugar a nivel internacional en la producción de este cereal (FAO, 2014). Por último, en 2017 México se posicionó en el séptimo lugar a nivel mundial en producción de maíz en grano (SIAP, 2017), siendo Tamaulipas y Sinaloa las entidades federales con una mayor aportación para dicho año (cerca del 84%) en el periodo Otoño-Invierno (SAGARPA, 2016).

## 2. Principales insectos plaga que afectan al maíz

Uno de los principales problemas que ha enfrentado la agricultura a nivel mundial son daños generados por los insectos herbívoros, mejor conocidos como insectos plaga (IP) (Davidson y Lyon, 1992). En el caso del cultivo de maíz el orden Lepidoptera engloba el mayor número de IP (Cuadro 1). A nivel mundial se han reportado 120 000 especies de lepidópteros, de los cuales la familia Noctuidae presenta la mayor riqueza entre los IP importantes en cultivos agrícolas, frutales y forestales (Urretabizkaya, 2010).

**Cuadro 1.** Especies de lepidópteros que afectan el cultivo de maíz

Orden	Nombre científico	Órgano del maíz que afecta						Referencia
		Semilla	Raíz	Tallo	Hoja	Flor	Fruto	
Lepidoptera	<i>Agrotis ipsilon</i> (Hufnagel, 1766)							Ruiz-Corral <i>et al.</i> , 2013, Ortega, 1987
	<i>Agrotis segetum</i> (Denis y Schiffermüller, 1775)							Ruiz-Corral <i>et al.</i> , 2013
	<i>Amyelois transitella</i> (Walker, 1863)							Ruiz-Corral <i>et al.</i> , 2013
	<i>Busseola fusca</i> (Fuller, 1901)							Ortega, 1987
	<i>Chilo partellus</i> (Swinhoe, 1885)							Ortega, 1987
	<i>Chilo suppressalis</i> (Walker, 1863)							Ruiz-Corral <i>et al.</i> , 2013
	<i>Chorizagrotis auxiliaris</i> (Grote)							Ortega, 1987
	<i>Diatrea saccharalis</i> (Fabricius, 1794)							Ortega, 1987
	<i>Diatraea lineolata</i> (Walker, 1856)							Ortega, 1987
	<i>Diatraea grandiosella</i> (Dyar, 1911)							Ortega, 1987
	<i>Elasmopalpus lignocellus</i> (Zeller, 1848)							Ruiz-Corral <i>et al.</i> , 2013, Sifuentes-A, 1985, Ortega, 1987
	<i>Eldana saccharina</i> (Walker, 1865)							Ortega, 1987

## 2.1 Modelo de estudio *Spodoptera frugiperda*

*S. frugiperda* se distribuye a lo largo del continente Americano, en las zonas tropicales, abarcando el hemisferio sureste de Estados Unidos de America del Norte hasta Argentina. Este IP es capaz de migrar grandes distancias principalmente en los meses de verano (Capinera, 2014). A finales de 2017 se reportaron importantes brotes en los paises africanos de: Etiopia, Kenia, Uganda y Ghana (FAO, 2017).

El ciclo biologico de *S. frugiperda* puede extenderse de acuerdo a las condiciones de temperatura, es decir durante el verano puede concretar su ciclo en 30 días, en cambio durante el otoño e invierno, puede llegar a un letargo de entre 80-90 días (Figura 1) (Capinera, 2014). Es decir, en áreas tropicales *S. frugiperda* tiene la capacidad de sobrevivir todo el año y presentar elevadas fluctuaciones poblacional. (Marua y Virla, 2004)

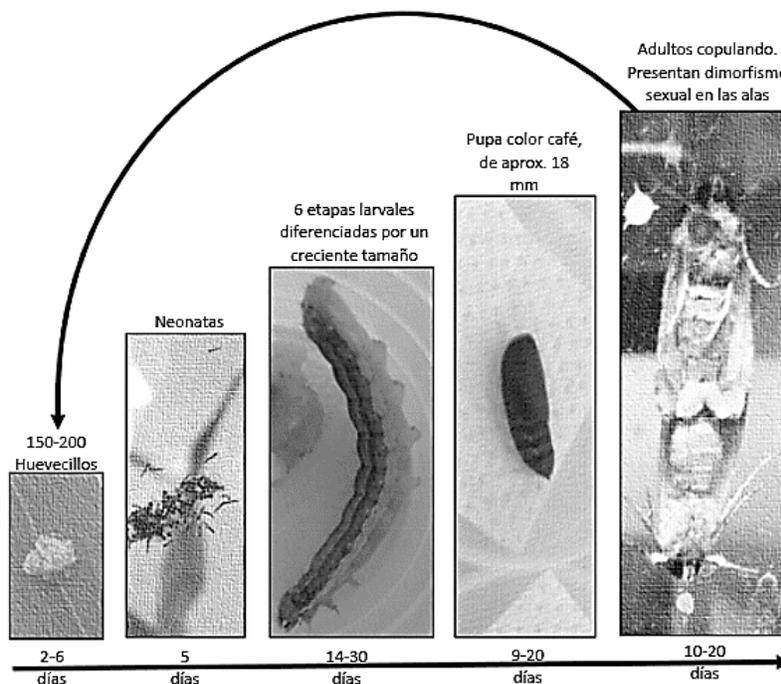


Figura 1. Ciclo reproductivo de *S. frugiperda*. Se muestra el tiempo que tarda en desarrollar cada una de sus etapas. Elaboración propia.

**i) Huevos.** La hembra de *S. frugiperda* deposita de 100 a 200 huevos por cada cópula; en promedio durante su ciclo de vida una hembra puede producir 1500 huevos. Los cuales oviposita de manera agragada en el envés de la hoja de sus plantas hospederas, sin embargo, también se han reportado casos de oviposiciones en postes de luz, paredes y otras superficies (Casmuz *et al.*, 2010). Entre las características de esta especie es la cubierta de escamas que protegen a los huevos durante su desarrollo (García-Navárez y Tarango-Rivero, 2009). Es importante mencionar que esta etapa es la más resistente a las bajas temperaturas (Foster y Cherry, 1987).

**ii) Larva.** La etapa larval de *S. frugiperda* puede ser dividida en seis estadios, entre los cuales cambia la longitud de su cuerpo y el diametro de su cabeza. Su desarrollo promedio es entre 14-30 días (Andrews, 1988; Capinera, 2014). Las características morfológicas en esta etapa es la presencia de 4 puntos en el VIII segmento abdominal en forma de cuadro (vista dorsal); la presencia de áreas adfrontales de color blanco-amarillo, en forma de “Y” invertida; además presenta 6 ocelos en los laterales de la cabeza con una franja exterior a los ocelos de color amarillento; mandibulas con cinco dientes externos reticulados o en forma de triángulo, con dos setas mandibuladas externas medianamente separadas.

**iii) Pupa.** En su ultima etapa larvar penetra 2.5 cm en el suelo, donde forma una galeria en donde forman la pupa. La cual tiene un tamaño de 18 mm de logitud, de color café; el cremáster está presenta por dos espinas en forma de “V” invertida.

(Ruiz-Corral *et al.*, 2013). En esta etapa se desarrolla el proceso metamórfico en aproximadamente 9-20 días (Andrews, 1988).

**iv) Adulto.** Los adultos tienen una longitud corporal de  $\pm 2$  cm y una expansión alar de 32-35 mm. Éstos presentan dimorfismo sexual (Gaona-Hernández, 2015), en el caso de los machos tiene las alas anteriores de color pardo oscuro, en cambio las alas anteriores de la hembra presentan un color gris homogéneo. En esta etapa presentan una longevidad promedio de 10-21 días, y son capaces de recorrer grandes distancias (Capinera, 2014).

## 2.2 Manejo de *Spodoptera frugiperda*

**i) Control cultural.** En esta categoría califican tres estrategias principales: a) eliminación de restos de cosecha y malezas, con el fin de reducir potenciales sitios de refugio y alimentación, b) la época de siembra para evitar las altas fluctuaciones poblacionales que comprometan el umbral económico del cultivo y c) manejo con riegos inundativos, para ahogar las pupas presentes en el cultivo, esta última estrategia han llegado a reducir hasta en un 95% la población de larvas y pupas (Meneses-Carbonel *et al.*, 2001).

**ii) Control químico.** Actualmente podemos encontrar una colección completa de los insecticidas más usados para el control de diferentes plagas. Para el control de *S. frugiperda*, se ha utilizado: Deltametrin, Alfa-cipermetrina, Amitraz, Bifertin, Carbanil, Cipermetrin, Clorpirifos, Delta-endotoxina, Dicofol, Malation, etc. (Yagüe-Gonzalez y Bolivar-Acosta, 2002). Sin embargo, diversos estudios han reportado que la alta presión selectiva que ejercen los IP, induce la resistencia a los compuestos activos; en el caso de *S. frugiperda* se han reportado poblaciones en

Venezuela Estados Unidos de Norte América y México que son resistentes a piretroides, carbamatos y órganofosforados (Morillo y Notz, 2001).

### **iii) Control Biológico**

#### **a) Parasitoides y depredadores**

Carrillo-Sánchez (1993) presenta una revisión bibliográfica de los principales parasitoides utilizados como control biológico para *S. frugiperda* en México. Los cuales pertenecen al orden de los himenópteros, resaltando a las familias Braconidae, Ichneumonidae, Eulophidae y Trichogrammatidae. También en el orden Diptera resalta la familia Tachinidae, particularmente la especie *Chelonus insularis* de la cual se ha registrado casos de parasitismo natural de un 86.7% para las larvas de *S. frugiperda*. Sin embargo, durante las pruebas de liberación extensiva de parasitoides en campos experimentales no se han mostrado resultados positivos. Debido a problemas durante la liberación a causa de lluvias e invasión por hormigas.

Price y colaboradores (1980) señalaron la importancia de considerar en el estudio de las relaciones tróficas planta-herbívoro a un tercer nivel trófico (depredadores y parasitoides). A partir de ello se han realizado diferentes estudios de las interacciones trí-tróficas, a nivel químico para identificar e utilizar compuestos atrayentes de parasitoides y/o depredadores de insectos plaga (Pinto-Zevallos, 2016).

#### **b) Microorganismos entomopatógenos**

Por una parte, se plantea el uso de una gran variedad de insecticidas microbianos comerciales, a partir de *Bacillus thuringiensis* (Berliner) (Cabello, 2009). Esta

bacteria se caracteriza por la producción de una inclusión parasopral formada por uno o más cuerpos cristalinos de naturaleza proteica que resultan tóxicas para las larvas de algunos insectos, dichas proteínas son conocidas como Cry (de inglés, Crystal). Estos cuerpos cristalinos son ingeridos por las larvas y posteriormente son solubilizadas en el intestino medio del insecto, lo que ocasiona la liberación de protoxinas, y consecuentemente la muerte de la larva (Sauaka y Benintende, 2008).

Por otra parte, se ha propuesto el uso de virus como el virus polihedrosis nuclear es uno de los más importantes virus entomopatógenos el cual ha sido utilizado para el control de *S. frugiperda* (Khattab, 2013). A este virus lo constituye un grupo de proteínas llamadas cápsides, las cuales en conjunto forman la nucleocápside. A partir de ello podemos clasificar los nucleopolyhedrovirus (NPV por sus siglas en inglés) en dos grupos principales de acuerdo al tipo de partícula infectiva, o virón: los que contienen una nucleocápside (SNPVs por sus siglas en ingles) y aquellos que tienen varias nucleocápside per viron (MNPVs por sus siglas en ingles). Dentro la cápside se encuentra una estructura proteica llamada polyhedron. Los Polyhedra son estructuras proteicas estables, lo que les permite sobrevivir a las condiciones ambientales y persistir en el suelo o la superficie de las plantas. Es por ello que resultan ser una opción viable en el control biológico de lepidópteros (Torquato *et al.*, 2006).

En México se realizó un estudio de los principales hongos entomopatógenos en los estados de Michoacán, Colima, Jalisco y Tamaulipas y su incidencia en larvas de *S. frugiperda*. Las principales especies que se reportaron fueron: *Metarhizum*

*anisopliane*, *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces fumosoroseus* (Lezama-Gutierrez *et al.*, 2001). En el manejo de plagas a partir de hongos entomopatógenos, es importante considerar que no todas las cepas de estos son viables para el control de plagas, por ejemplo, en Venezuela se realizó un estudio de la patogenicidad que presentaban diferentes cepas nativas en *S. frugiperda*. Llegando a la conclusión que del total de 97 aislamientos solo dos fueron potencialmente viables como biocontrol (García-Návarez. y Tarango-Rivero, 2009).

### **c) Organismos Genéticamente Modificados**

Los cultivos transgénicos son el resultado de la inserción de genes de otros organismos como *Bacillus thuringiensis* a plantas de interés agrícola, confiriéndoles características de resistencia al ataque de insectos plaga, e incluso a condiciones ambientales adversas (Ibarra *et al.*, 2003). Sin embargo, en se han reportado casos de *S. frugiperda* que han generado resistencia a las toxinas segregadas por plantas transgénicas de maíz y algodón (Del Toro De León, 2010).

### **d) Estrategias basadas en la ecología química del insecto**

Los estudios de las interacciones químico ecológicas de *S. frugiperda* se enfocan en el uso de trampas con feromonas sexuales para el monitoreo de su población (Capinera, 2014). En este sentido, Salas (2001) evaluó el potencial de captura de los componentes de la feromona sexual de la hembra: cis-7 dodecenyl-1-ol-acetato (Z-7-DDA) y cis-9 tetradecenyl-1-ol-acetato (Z-9-TDA) entre los meses de junio-agosto, durante el periodo de siembra del maíz. En sus resultados reporta que la mayor época de captura fue entre la primer y sexta semana de desarrollo del cultivo. Mismo periodo en el que *S. frugiperda* actúa como barrenador. Es

decir, la mezcla de ambos compuestos puede ser factible para la evaluación y control de *S. frugiperda*.

Se ha estudiado la respuesta antenal de hembras vírgenes y copuladas a los compuestos volátiles constitutivos e inducidos por herbivoría de plantas de maíz; como resultado se han identificado 24 compuestos volátiles orgánicos (CVO) diferentes, de los cuales el  $\beta$ -linalool incremento sus concentraciones bajo estrés por herbivoría, además se indujo la emisión de terpenoides (mono-sesqui- y monoterpenos). Al comparar los resultados de la respuesta antenal de las hembras vírgenes y copuladas, la diferencia no fue significativa. Sin embargo, para ambos casos mostraron una mayor preferencia por las plantas sin daño. Es decir que aparentemente estos CVO inducidos repelen a sus coespecíficos durante la selección del hospedero (Pinto-Zevallos *et al.*, 2016).

En el caso de las larvas, De la Rosa (2015) reporta diferencias en la atracción por los CVO de diferentes variedades de maíz; Pioner P4063W (híbrido) y Tuxpeño landrace (nativo), siendo más atractivo este primero en comparación con el segundo.

### 3. Compuestos volátiles orgánicos del *Zea mays* L.

Los aleloquímicos son metabolitos secundarios liberados por las plantas a la atmósfera, que cumplen un papel fundamental en las interacciones intraespecíficas (de su misma especie) e interespecíficas (con otras especies) (Cortez, 2013; Malo-Rivera y Rojas, 2012). Los aleloquímicos se han clasificado en relación al efecto benéfico o perjudicial que tienen en los organismos interactuantes. De manera que los compuestos benéficos para el emisor y a su

vez perjudiciales para el receptor son denominados alomonas, en su contra parte las kairomonas que tienen un efecto positivo en el receptor y resultan contraproducentes para el emisor (Vacas-González, 2011; Guidobaldi y Guerenstein, 2012). Así mismo, dentro de la clasificación de los aleloquímicos podemos encontrar a aquellos compuestos que benefician a ambos, estos son denominados sinomonas (Espinoza-Roblero *et al.*, 2014). Por ejemplo, se ha visto que algunos terpenoides son capaces de repeler a los IP (Schoonhoven *et al.*, 2005a), disminuir su tasa de depredación y oviposición e incluso atraer enemigos naturales.

Los aleloquímicos, son compuestos volubles en su concentración y composición, debido a factores endógenos y exógenos de las plantas, en este último caso se encuentran las condiciones abióticas en las que crece y se desarrolla la planta, como la disponibilidad de luz, agua, temperatura (Bautista-Lozada *et al.*, 2012a), el ritmo circadiano, o por efecto del estrés inducido por herbivoría (Schoonhoven *et al.*, 2005a). A su vez los factores endógenos como el estado fenológico de la planta, el órgano de la planta (Otriz-Carreón, 2015; Potter *et al.*, 2015; Pinto-Zevallos *et al.*, 2016) y la variabilidad genética juegan un papel determinante, en este último caso se ha visto diferencias significativas entre el perfil de aleloquímicos en cultivos domésticos comparados con los de sus parientes silvestres (Schoonhoven *et al.*, 2005a). Lo anterior ha sido atribuido a la pérdida de mecanismos de defensa en las plantas, un efecto denominado *síndrome de domesticación* (Cuadro 2) (Bautista-Lozada *et al.*, 2012b; Schoonhoven *et al.*, 2005a)

Actualmente los aleloquímicos son utilizados en la agricultura para el monitoreo y manejo de IP (Martínez, 2010), ejemplo de ello son los cebos olfativos sintéticos que presentan un efecto similar al de las kairomonas (Barrera *et al.*, 2006), sin embargo, para desarrollar los compuestos sintéticos es importante considerar que solamente una fracción de los compuestos liberados por una planta son causantes de la respuesta en el IP de interés (Schoonhoven *et al.*, 2005a). Por otra parte, existen estrategias para el control de IP que buscan aprovechar directamente los aleloquímicos liberados por las plantas, tal es el caso del sistema de cultivo push-pull, el cual busca reducir la incidencia de *S. frugiperda* en el maíz a través del efecto atrayente y repelente de los aleloquímicos emitidos por diferentes plantas (Pickett *et al.*, 2014).

**Cuadro 2.** Escala de domesticación de las plantas Bautista-Lozada *et al.*, 2012b.

Estadio de domesticación	Cambios poblacionales
Silvestres	Población natural cuyos fenotipos y genotipos no han sido modificados por manipulación humana.
Evolución en sistemas bajo manejo humano intensivo	Especies que crecen en ambientes perturbados por el hombre con posibles cambios a nivel genético pero que no son producto de la selección artificial. (Ej. malezas). En casos extremos algunas especies sólo crecen en estos ambientes
Domesticación incipiente	Intervención humana al menos por promoción (propagación) tolerancia en el sistema, pero con el fenotipo promedio del carácter seleccionando aún dentro del rango de variación encontrado en condiciones silvestres.
Semi-domesticación	Se evidencia diferencias significativas con respecto a las poblaciones silvestres debido a la manipulación humana. El promedio y la varianza del fenotipo seleccionado se diferencian y aumentan, respectivamente, con respecto a las poblaciones silvestres. La varianza aumenta por que aparecen fenotipos por el manejo humano que no se encuentran en poblaciones silvestres, y que gradualmente desaparecerán por selección natural de estas. También hay reducción de diversidad genética por efecto del cuello de botella. Aun así, la planta posee adaptabilidad ecológica para reproducirse y sobrevivir sin depender de los cuidados humanos.
Domesticación	La planta depende completamente de los ambientes (campos de cultivo y cuidados humanos para sobrevivir y reproducirse. Generalmente la diversidad genéticamente se reduce significativamente y se pierde la capacidad ecológica de

adaptación.

Para el cultivo del maíz en los últimos años se han reportado una gran variedad de CVO (Cuadro 3). En los estudios mencionados se han empleado diferentes métodos de extracción, como la micro extracción en fase solida (Otriz-Carreón, 2015; Potter *et al.*, 2015) y la campana de extracción (Pinto-Zevallos *et al.*, 2016). Para la identificación de los compuestos se ha utilizado un cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (CG-EM).

**Cuadro 3.** Recopilación de CVO del maíz.

CVO	(Ortiz-Carreón, 2015)	(Potter <i>et al.</i> , 2015)	(Pinto-Zevallos <i>et al.</i> , 2016)
Cumeno	*		
$\beta$ -Pineno	*	*	
1,2,4-Trimetilbenceno	*		
3-Hexen-1-ol,acetato (Z)	*	*	
p-Cymeno	*		
Linalol	*		
4-8-Dimetil-3,7-nonadien-2-ol	*		
<i>Tans</i> -3-Dodeceno	*		
Hexano de butilo	*		
Tetradecano	*		
$\beta$ -Cedreno	*		
$\alpha$ -Bergamoteno	*		
$\beta$ -Elemeneno	*		
$\alpha$ -Longipineno	*		
<i>trans</i> - $\alpha$ -Bergamoteno	*		
$\beta$ -Cariofileno	*		
8-cedreno-13-ol	*		
Eremofileno	*		
Velenceno	*		
$\alpha$ -amorfeneno	*		
(Z)- $\beta$ -Farneseno	*		
$\alpha$ -Pineno		*	
$\beta$ -Mirceno		*	
Octanol		*	
1-Hexil acetato		*	
Limoneno		*	

Acetato de 2 heptilo		*	
$\beta$ -Ocimeno		*	
$\alpha$ -Ocimeno		*	
Nonanol		*	*
2- (2,2-dimetilhidrazino) -4- (5-nitro-2-furil) tiazol		*	*
Acetato de heptilo		*	
4-metil-4-hepten-3-ol		*	
Alcanfor		*	
Salicilato de metilo		*	
Acetato de 4 nonilo		*	
Decanol		*	*
Acetato de 2 nonilo		*	
$\alpha$ -Cububeno		*	
$\alpha$ -Copaeno		*	
7-Epi-sesquithujene		*	
Geosmina		*	
Dodecanol		*	
Cariofileno		*	
(E)- $\alpha$ -Bergamoteno	*	*	*
Humuleno		*	
$\alpha$ -Muuruleno		*	*
$\beta$ -Bisaboleno		*	*
$\delta$ -Cadineno		*	
Agarospírol		*	
$\beta$ -linanool			*
Indol			*
(+) cicloisovativeno			*
Ylangene			*
$\alpha$ -Cariofileno			*
Cariofileno		*	

Es importante mencionar que del total de compuestos volátiles identificados, solamente una fracción se encuentra en mayor concentración (Schoonhoven *et al.*, 2005a). Buttery y Ling (1984) reportaron siete CVO dominantes presentes en las hojas, pelos y raíces del maíz, éstos fueron: (Z)-3-hexenil acetato, (Z)-3-hexenol, cicloisativo,  $\alpha$ -Ylangene, sesquiterpeno (no identificado), 2-heptanona, (Z)-4-hepten-2-ona, Cariofileno.

Así mismo se ha visto que los CVO del maíz pueden fungir como mecanismos de defensa indirecta en respuesta al daño por herbivoría, a través de la emisión de monoterpenos y sesquiterpenos; alomonas de las hojas verdes, los cuales atraen depredadores de los IP. Tal es el caso de la interacción tritrofica entre: *Cotesia flavipes*, el cual presenta atracción a las sinomonas (farnesano y (Z)-3-hexenyl acetato) del maíz inducidas por el rejugitado de la larva de *Chillo partellus*. A pesar de que aún no se ha llegado a una conclusión contundente se piensa que este podría ser un caso de atracción específica por dichos CVO (Malvar *et al.*, 2008).

También se ha visto que el cambio en la concentración de los CVO del hospedero a causa de la herbivoría, puede ser un factor determinante para la atracción de parasitoides. Un ejemplo de ello es la atracción de las hembras de *Cotesia marginiventris* al aumento en la concentración de algunos CVO por efecto del daño por herbivoría de las larvas de *Spodoptera exigua* (Marín-Loaiza *et al.*, 2007). El daño por herbivoría puede llegar a estimular hasta más de dos veces la cantidad de CVO emitidos, en comparación a las plantas sin daño, siendo los terpenoides los compuestos principalmente emitidos (Schoonhoven *et al.*, 2005b). Entre los factores que regulan la emisión de CVO se encuentra la oviposición, Peñaflor *et al* (2013) reportaron que la oviposición de las hembras de *S. frugiperda* parecían inducir la emisión de volátiles, atrayendo parasitoides. Estudios desde 1992 hasta la actualidad parecen indicar dicho mecanismo de defensa es sistémico; es decir, la emisión de CVO inducidos no solamente se presentan en el

sitio dañado, si no que al cabo de cinco o seis horas (dependiendo la especie) pueden emitidos en todos los órganos de la planta (Bautista-Lozada *et al.*, 2012a)

## **JUSTIFICACIÓN**

Se ha reportado que las plantas tienden a perder sus defensas fitoquímicas a causa de la domesticación, lo cual las hace vulnerables a los ataques de IP (Bautista *et al.*, 2012b). Para el cultivo de maíz se ha reportado que sus CVO modulan la atracción de las larvas de *S. frugiperda* a su hospedero, resultando ser mayormente atraídas por los CVO de un maíz híbrido en comparación a un criollo (De la Rosa *et al.*, 2016). Sin embargo, no se sabe si el efecto del daño en la planta híbrida o domestica puede interferir en la respuesta de atracción. Por ello, en la presente investigación se comparó la respuesta larval de *S. frugiperda* a extractos de maíz de CVO sin daño-y con daño por herbivoría (Bautista-Lozada *et al.*, 2012b) en una variedad híbrida y criolla.

## **HIPÓTESIS**

Las larvas de *S. frugiperda* presentarán mayor atracción al extracto del maíz híbrido con y sin estrés por herbivoría en comparación con el maíz criollo con y sin estrés por herbivoría.

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar la respuesta olfativa de las larvas de *S. frugiperda* a los extractos de compuestos volátiles de maíz criollo e híbrido en condiciones de estrés por herbivoría.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

Evaluar la respuesta de atracción de larvas de *S. frugiperda* a extractos de maíz criollo sin daño y con daño.

Evaluar la respuesta de atracción de larvas de *S. frugiperda* a extractos de maíz híbrido sin daño y con daño.

Evaluar la respuesta de atracción de larvas de *S. frugiperda* a extractos de maíz criollo e híbrido sin daño y con daño.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### 1. Plantas de maíz

Se utilizaron semillas de maíz elotero híbrido Asgrow A7573 ®Monsanto y maíz cuarenteño obtenidas de la comunidad de Xoxocotla, Morelos 18°41'03.6" N 99°14'46.7" O e identificadas en el INIFAP Zacatepec. Éstas se sembraron en macetas individuales de 12 cm de diámetro y 13 cm de altura, en un sustrato de hojarasca con tierra de monte en una proporción de 1:1. Las macetas se almacenaron dentro de un invernadero en la Escuela de Estudios Superiores del Jicarero (UAEM), El Jicarero, Jojutla, Morelos.

## 2. Cría de *Spodoptera frugiperda*

Las larvas de *S. frugiperda* fueron obtenidas de cultivos de maíz y sorgo, fueron separadas en recipientes individuales de 2 oz (Tomado y modificado de: De la Rosa *et al.*, 2016) y alimentadas con dieta artificial (Modificado de Arévalo-Maldonado y Zenner de Polanía 2009) dentro de una cámara de cría a 27°C y 40% HR. (Figura 2).



**Figura. 2.** Cría de *S. frugiperda*. Recipientes con alimento y larvas (izquierda) y jaula de acrílico para cría y reproducción de adultos (a la derecha).

## 3. Tratamiento de daño por herbívoros en plantas de maíz

Se tomaron plantas de maíz cuarenteño y maíz híbrido Asgrow A7573 de entre 25-30 días del desarrollo vegetativo y se colocaron en jaulas con dos larvas de *S. frugiperda* del tercer estadio, durante 24 h antes de la extracción de volátiles.

## 4. Extracción de compuestos volátiles de maíz

Para capturar los CVO se utilizó el método de *aireación dinámica* abierta (Figura 3); Una planta de maíz híbrido Asgrow A7573 o cuarenteño (25-30 días de edad) en diferentes condiciones (sin daño o con daño) se introdujo en una campana de extracción (30 cm de longitud por 20 cm de diámetro), asilando el suelo de la maceta con una placa de acrílico en la base la campana con un filtro de carbón

activado cubierto con papel aluminio en el tallo (Reyes-Prado *et al.*, 2020). A cada campana de extracción se le conecto una bomba de vacío (Welch® Vacuum Pumps and Systems, Gardner Denver Thomas, Inc., Houston, Texas, EUA) y una pipeta pasteur (13 cm de longitud por 0.6 cm de diámetro externo) con fibra de vidrio (como filtro) y con 250 g de Super Q (Alltech Assoc, Inc., Deerfield, Illinois, EUA) como material adsorbente. El flujo de aire del sistema fue regulado por un flujómetro (Cole Parmer, Ev-03217-06, Cole-Parmer Instrument Company, Vernon Hills, Illinois, EUA) a 1028 mL/min (Tomado y modificado de Pinto-Zevallos *et al.*, 2016).



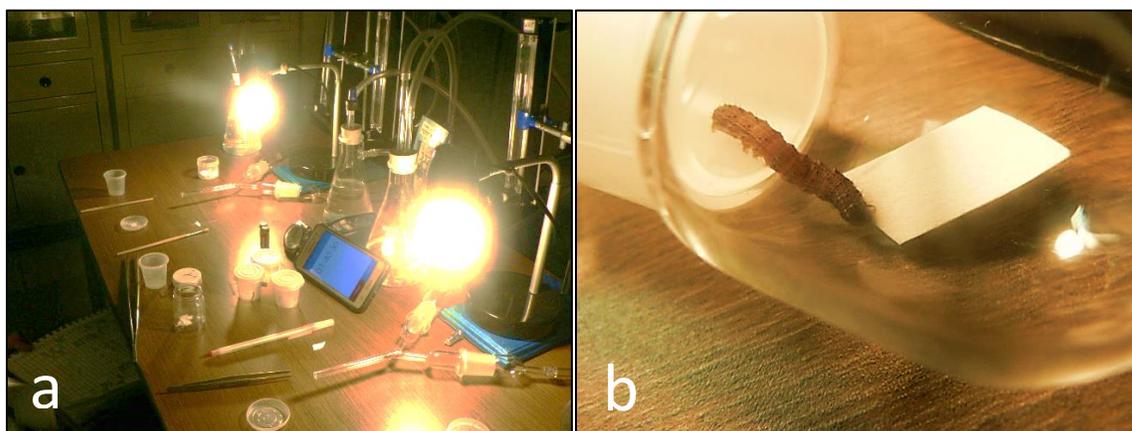
**Figura 3.** Sistema de aireación dinámica abierta para la extracción de volátiles de maíz Cuarenteño y Asgrow A7573.

La colecta de volátiles de maíz se realizó durante 4 h entre las 16-20 h, a  $30 \pm 3$  °C,  $45 \pm 2$  % de HR y  $160.17 \times 10$  luxes (40 watts, Philips® Mexico) (Tomado y modificado de De la Rosa *et al.*, 2016). Los compuestos volátiles fueron eluidos con 1 mL de hexano (HPLC, JT Baker®, Chemical Company, New Jersey, EUA).

Cada muestra se reconcentró a 100  $\mu\text{L}$  con corriente de nitrógeno y se almacenó a 4°C hasta su utilización en los bioensayos.

#### 5. Respuesta olfativa de las larvas de *S. frugiperda*

La respuesta olfativa de las larvas de *S. frugiperda* fue evaluada utilizando un olfatómetro de doble elección en "Y" (Pyrex, 8 cm de longitud por 0.5 cm de diámetro). En cada cámara del olfatómetro, se hizo pasar una corriente de aire con un flujo controlado de 0.5 L/m, medido por unos flujómetros (Cole Parmer, Ev-03217-06, Cole-Parmer Instrument Company, Vernon Hills, Illinois, EUA). Para cada bioensayo, en el tubo principal del olfatómetro, se introdujo una larva de tercer estadio con ayuno de 8 h y se observó su comportamiento durante 300 s. Durante este tiempo, se consideró una elección de la larva, cuando esta alcanzó alguna de las cámaras, con la fuente de olor o el control (hexano). Para cada bioensayo, en un papel filtro Whatma # 1 (Whatman ® 2V, Merck KGaA, Darmstadt, Germany) de 1  $\text{cm}^2$ , se colocaron 10  $\mu\text{L}$  de cada uno de los extractos de maíz o control. Después de cada prueba se invirtió el olfatómetro para eliminar cualquier imparcialidad o error de posición de éste (Figura 4).



**Figura 4.** a) Bioensayo de respuesta olfativa de *S. frugiperda* a los CVO de *Z. mays*. b) Larva mordiendo papel Whatman con extracto de maíz.

Todos los bioensayos se realizaron entre las 16-20 h, a  $30 \pm 3$  °C,  $45 \pm 2$  % de HR. Se comparó la atracción de las larvas (n= 25 para cada tratamiento) a los extractos de maíz como se muestra en el Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Bioensayos en olfatómetro en “Y”

Maíz Cuarenteño	Sin daño/ Hexano
	Con daño/Hexano
	Sin daño/Con daño
Maíz A7573	Sin daño/ Hexano
	Con daño/Hexano
	Con daño /Sin daño
Maíz Cuarenteño/ Maíz A7573	Sin daño
	Con daño

#### 6. Analisis de datos

Los datos obtenidos de los bioensayos en olfatómetro “Y” se analizaron mediante pruebas de Chi cuadrada con corrección de Yates, con un nivel de significancia de  $P < 0.05$ , en el programa Sigma Plot 12 (Systat Software, Inc., San José California, EUA).

## RESULTADOS

### 1.1 Respuesta olfativa de las larvas al extracto del maíz cuarenteño.

Al comparar los resultados de atracción de las larvas de maíz cuarenteño sin daño y con daño contra el control no presentaron diferencias estadísticas significativas.

En cambio, las larvas tienen mayor atracción por el extracto de maíz cuarenteño sin daño que con daño por herbivoría ( $\chi^2 = 10.709$ ,  $gl = 1$ ,  $P = 0.001$ ) (Figura 5).

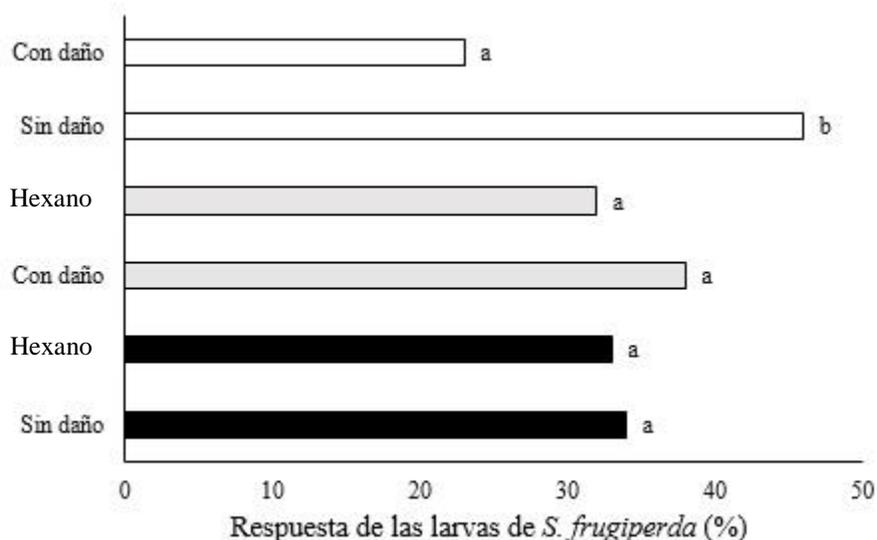


Figura 5. Resultados porcentuales de la respuesta de larvas a los extractos de maíz cuarenteño sin daño vs control (barras negras), con daño vs control (barras gris) y extracto de maíz cuarenteño sin daño vs extracto de maíz cuarenteño con daño por herbivoría (barras blancas). Letras diferentes sobre las barras del mismo color indican diferencia estadística significativa Chi cuadrada,  $n = 25$ ,  $P < 0.05$ .

### 1.2 Respuesta olfativa de las larvas al extracto del maíz A7573

Al comparar los resultados de atracción de las larvas a maíz Asgrow A 7573 sin daño y con daño contra su control, se observan diferencias estadísticas significativas  $\chi^2 = 18.414$ ,  $gl = 1$ ,  $P = 0.001$  y  $\chi^2 = 23.339$ ,  $gl = 1$ ,  $P = 0.001$  respectivamente. Lo cual nos indica que si hay una respuesta del insecto a los

extractos. En cambio, al comparar la respuesta de las larvas a la respuesta olfativa de la larva a los extractos del maíz A7573 con daño y sin daño, no se encontró una diferencia estadística significativa en la respuesta de la larva (Figura 6). Es decir, que entre los extractos inducidos y constitutivos del maíz A7573 la respuesta de la larva es similar.

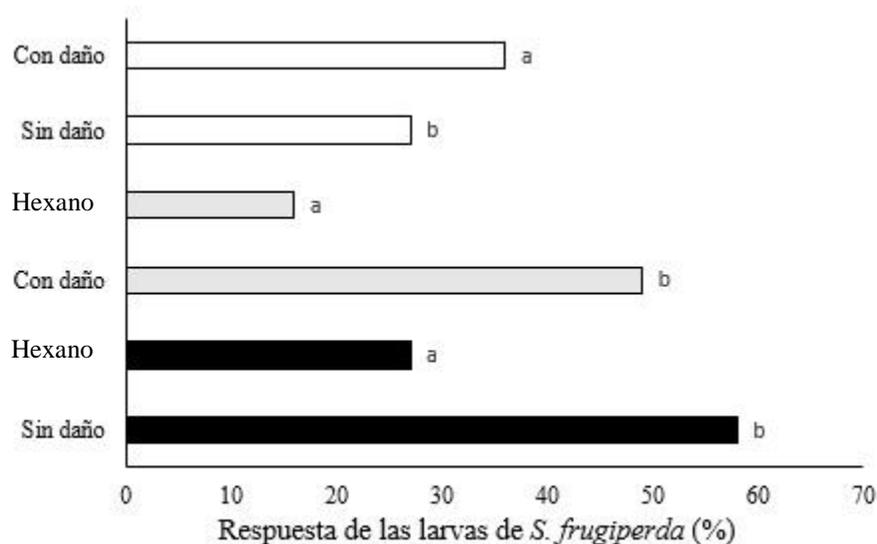


Figura 6. Resultados porcentuales de la respuesta de larvas a los extractos de maíz híbrido Asgrow A7573 sin daño vs control (barras negras), con daño vs control (barras gris) y extracto de maíz Asgrow A7573 sin daño vs extracto de maíz Asgrow A7573 con daño por herbivoría (barras blancas). Letras diferentes sobre las barras del mismo color indican diferencia estadística significativa Chi cuadrada,  $n = 25$ ,  $P < 0.05$ .

### 1.3 Respuesta olfativa al extracto de maíz cuarenteño y maíz A7573

No se observó una diferencia significativa en la respuesta de las larvas a los volátiles de extractos de maíz cuarenteño sin daño y maíz A-7573 sin daño. Sin embargo, al comparar los extractos de maíz cuarenteño y A7573 con daño por herbivoría si hubo diferencia significativa ( $\chi^2 = 10.597$ ,  $gl = 1$ ,  $P = 0.001$ ), las larvas presentaron una mayor respuesta de atracción al extracto del maíz A7573 (Figura 7).

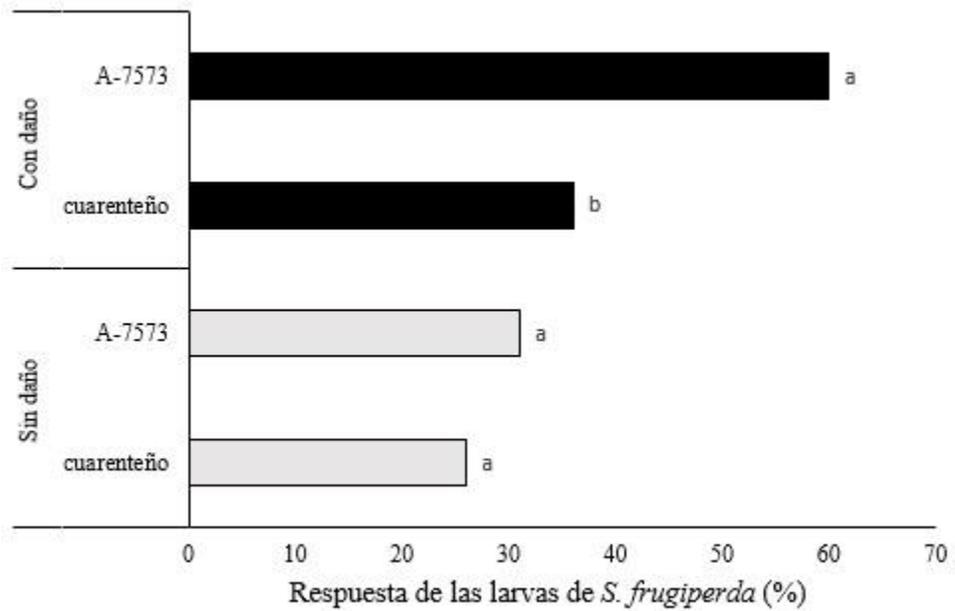


Figura 7. Resultados porcentuales de la respuesta de larvas a los extractos de maíz Cuarenteño y Asgrow A7573 sin daño y con daño por herbivoría. Letras diferentes sobre las barras del mismo color indican diferencia estadística significativa Chi cuadrada,  $n=25$ ,  $P < 0.05$ .

## DISCUSIÓN

En las plantas, el daño por herbivoría ocasiona un cambio en la proporción y composición de los CVO que emiten (Schoonhoven *et al.*, 2005b), esto ha sido descrito como parte de los mecanismos de defensa de la planta en respuesta al daño por herbivoría, en la cual interactúan los compuestos elicitores presentes en la saliva de los insectos con los sistemas de síntesis y liberación de metabolitos secundarios de las plantas (Sepúlveda, 2003). Por ejemplo, el indol es un CVO capaz de atraer enemigos naturales, y repeler tanto a larvas (Ye *et al.*, 2018) como a estadios maduros de insectos herbívoros; esto se ha visto en plántulas de manzana que han sido dañadas por larvas de *S. frugiperda*, resultando ser menos atractivas para los conspecíficos adultos (El-Sayed *et al.*, 2016), este comportamiento también se ha observado en otras palomillas, como en hembras de *Copitarsia decolora* (Reyes-Prado *et al.*, 2020).

Las larvas de *S. frugiperda* no discriminan en su elección entre plantas de maíz híbrido con o sin daño a diferencia de lo que se observó en los bioensayos del maíz criollo cuarenteño con o sin daño, posiblemente porque las plantas de maíz híbrido han perdido algunos mecanismos de defensa químicos, en este contexto, Bautista-Lozada *et al.* (2012b) mencionan que las plantas pierden sus mecanismos de defensa por efecto de la domesticación. De manera similar a lo que ocurrió en este estudio, las plantas de maíz híbrido Golden Queen al ser dañadas por larvas de *S. frugiperda* atrajeron más a sus conespecíficos en comparación con las plantas de maíz sin daño (Carroll *et al.*, 2006).

En este estudio, se pudo observar que las larvas de *S. frugiperda* pueden seleccionar de manera similar plantas sin daño de maíz criollo o de maíz híbrido, contrario a lo que reportan De la Rosa *et al.*, (2016) en plantas de maíz sin daño, donde las larvas de *S. frugiperda* presentaron mayor atracción a los CVO de maíz híbrido Pioneer 4063 que a maíz criollo tuxpeño. No obstante, en este estudio, se observó que las larvas pueden discriminar entre plantas de maíz con daño, seleccionando más a las plantas de maíz híbrido. Como se ha mencionado anteriormente, la emisión de COV en las plantas puede cambiar por efecto del daño, sobre todo daño por herbivoría, pero además, por el efecto de domesticación (Bautista-Lozada *et al.*, 2012b).

Respecto al daño por herbivoría, los herbívoros al atacar las plantas estimulan la liberación de CVO cuantitativa y cualitativamente, emitiendo principalmente compuestos terpenoides (Schoonhoven *et al.*, 2005b); compuestos como los monoterpenos y sesquiterpenos actúan como mecanismos de defensa indirecta en respuesta al daño por herbivoría, a través de la atracción de parasitoides y depredadores (Marín-Loaiza y Céspedes, 2007; Bruinsma y Dicke, 2008; Pinto-Zevallos *et al.*, 2016). Estas defensas químicas disminuirían en las plantas que han sido sometidas a procesos de domesticación haciéndolas vulnerables a los ataques de insectos plaga (Bautista-Lozada *et al.*, 2012b; Bellota *et al.*, 2013), contrario al objetivo del desarrollo de variedades de maíz híbridas, ya que si bien esta enfocada en el fitomejoramiento de características genéticas de la planta para un mayor rendimiento, mayor producción de polen, de semillas, entre otras características, también están enfocadas en caracteres únicos para combatir

enfermedades, plagas y condiciones de cultivo adversas (Márquez-Sánchez, 2009; MacRobert *et al.*, 2014).

Este estudio, provee conocimiento básico sobre el comportamiento que tienen algunos estados inmaduros de insectos plaga como *S. frugiperda*, al seleccionar un hospedero para alimentarse aun con el daño por conespecíficos. Futuras investigaciones plantean la necesidad de conocer el perfil de COV de las plantas de maíz criollo e híbrido sin daño y con daño, y conocer si existe diferencia cualitativa o cuantitativa en los compuestos, además del estudio de comportamiento que genera cada compuesto o mezcla en las larvas de *S. frugiperda*.

## **CONCLUSIÓN**

Las larvas del tercer estadio de *S. frugiperda* presentaron una mayor atracción a los extractos de maíz híbrido Asgrow 7573 con daño por herbivoría, en comparación con el maíz criollo Cuarenteño. Así mismo, las larvas fueron más atraídas por el extracto de maíz criollo Cuarenteño sin daño en comparación con el extracto de maíz criollo cuarenteño con daño por conespecíficos.

## REFERENCIAS CITADAS

- Andrews, K. L. (1988). Latin american research on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *The Florida Entomologist*. 71(4), 360-653.
- Apablaza, J. U. y Norero, A. L. (1993). Capturas de *Agrotis ipsilon*, *Heliothis zea* y *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) con trampas de feromonas sintéticas en la región metropolitana. *Ciencia e investigación agraria*. 20(1), 73-74.
- Arévalo-Maldonado H. y Zenner de Polanía, I. (2009). Evaluación de dietas merídicas para la cría en laboratorio de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Actualidad y Divulgación Científica* 12(1), 79-90.
- Bautista-Lozada, A., Bravo-Monzón, Á.E. y Espinosa-García, F. (2012a). Importancia Ecológica de la emisión de compuestos volátiles vegetales. En Rojas, J. C. y Malo E.A. (Eds.) *Temas selectos de ecología química de insectos* (pp. 268-286). Tapachula, México: ECOSUR.
- Bautista-Lozada, A., Parra, F., y Espinosa, F. J. (2012b). Efectos de la domesticación de plantas en la diversidad fitoquímica. En Rojas, J. C. y Malo E.A. (Eds), *Temas selectos de ecología química de insectos* (pp. 253-267). Tapachula, México: ECOSUR.

- Barrera, J.F., Montoya-Gerardo, P.J. y Rojas, J. (2006). Bases para la aplicación de sistemas de trampas y atrayentes en manejo integrado de plagas. En Barrera, J.F. y Montoya-Gerardo, P.J. (Presidencia). *Trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica*. Simposio llevado a cabo por la Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur, Manzanillo, Colima, México.
- Bellota E., Medina R.F. y Bernal, J. S. (2013). Physical leaf defenses – altered by *Zea* life-history evolution, domestication, and breeding – mediate oviposition preference of a specialist leafhopper. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 149(2), 185-195.
- Buttery, R. G. y Ling, L. C. (1984). Corn leaf volatiles: identification using Tenax trapping for possible insect attractants. *Journal of Agricultural Food and Chemistry*. 32(5), 1104-1106.
- Bruinsma, M. y Dicke, M. (2008). Herbivore-induced indirect defense: from induction mechanisms to community ecology. En Schaller, A (Ed.), *Induced plant resistance to herbivory* (pp. 37). Dordrecht, Países Bajos,: Springer.
- Capinera, J. L. (2014). Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuaide). Florida, EE.UU.: *University of Florida IFAS Extension*. Recuperado de: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN25500.pdf>
- Castañeda-Zavala, Y., González-Merino, A., Chauvet-Sanchez, M. y Ávila-Castañeda, J. F (2014). Industria semillera de maíz en Jalisco. Actores sociales en conflicto. *Sociológica (México)*, 29(83), 241-278.

- Carrillo-Sánchez J. L. (1993). Síntesis del control biológico de *Heliothis* spp. y *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en México. *Folia Entomológica Mexicana* 87, 85-93.
- Carroll, M. J., Schmelz, E.A., Meagher, R.L. y Teal, P.E.A. (2006). Attraction of *Spodoptera frugiperda* larvae to volatiles from herbivore-damaged maize seedlings. *Journal of Chemical Ecology*. 32(9), 1911-1924.
- Casmuz, A., Juárez, M. L., Socías, G., Murúa, M. G., Prieto, S., Medina, S., Willink, E. y Gastamiza, G. (2010). Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Nuctuidae). *Revista de la sociedad entomológica Argentina* 69 (3-4), 212-218.
- Cortez, V.(2013). Ecología química y perspectivas de su aplicación en la conservación de la biodiversidad. *Cuadernos de biodiversidad*. 41: 16-21.
- Davidson, R. H., y Lyon, W. F. (1992). Importancia de los insectos para el ser humano. En R. H. Davidson, y W. F. Lyon (Ed.). *Plagas de insectos agrícolas y del jardín* (pp. 15-20). Distrito Federal, México: Limusa.
- De la Rosa, W., Rojas, J. C., Cruz, L., Castillo, A., y Malo, E. A. (2016). Attraction, feeding preference, and performance of *Spodoptera frugiperda* larvae (Lepidoptera: Noctuidae) reared on two varieties of maize. *Environmental entomology*. 45(2), 1-6.
- Del Toro De León, G. (2010) Caracterización del espectro de acción de la toxina Cry1AbMod activa contra insectos resistentes, y su comparación con la toxina convencional Cry1Ab de *Bacillus thuringiensis*. Tesis para obtener el

grado de biólogo. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

Devine, G. J., Eza, D., Ogusuku, E. y Furlong, M. J. (2008). Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 25(1), 74-100.

El-Sayed, A.M., Knight, A.L., Byers, J.A., Judd, G.J.R. y Suckling, D.M. (2016). Caterpillar-induced plant volatile attract conspecific adults in nature. *Scientific Reports*. 6: 1-2.

Espinoza-Roblero, A., Virgen, A., Cruz-López, L., Malo, E.A. y Rojas, J.C. (2014). Respuestas comportamentales y electro fisiológicas de hembras de *Trichoplusia in* (Lepidoptera: Noctuidae) a volátiles de plantas hospederas. *Entomología Mexicana* 1: 390-395.

FAO. (1993). El maíz en la nutrición humana. Biblioteca David Lubim FAO. Roma, Italia. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/T0395S/T0395S00.htm>

FAO. (2007). *Evaluacion de la contaminación del suelo: manual de referencia*. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/005/x2570s/X2570S09.htm#app3>

FAO. (2014). The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. *La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado de: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

FAO. (2017). "Briefing Note on Fall Armyworm (FAW) in Africa". Food and Agriculture Organization of the United Nations. *La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-bs183e.pdf>

Foster, R. E., y Cherry, R. H. (1987). Survival of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, (Lepidoptera: Noctuidae) exposed to cold temperatures. *Florida Entomologist*, 70(4), 419-422.

Gaona-Hernández, M. D. (2015). Caracterización de la feromona sexual de *Spodoptera frugiperda* J.E Smith (Lepidoptera: Noctuidae) de una población de Morelos. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Manejo agroecológico de plagas y enfermedades. Centro de desarrollo de productos bioticos, Instituto Politecnico Nacional, Morelos, México.

García-Navárez, G., y Tarango-Rivero, S. H. (2009). Manejo biorracional del gusano cogollero en maíz: Folleto técnico No. 30, 5-8 pp. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de investigación Regional Norte-Centro Campo Experimental Delicias. Chihuahua, México.

Guidobaldi, F., y Guerenstein, P. (2012). El sistema olfativo de los insectos. En J. C. Rojas, y E. A. Malo (Eds.), *Temas selectos de ecología química de insectos* (pp. 46-67). Tapachula, México: ECOSUR.

- Gómez-Montiel, N.O., Countillo-Estrada, B. y Trujillo-Campos, A. (2010). *Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México*. Ciudad de México, México: INIFAP.
- Hibon, A., Tromphe. B., López-Pereira, M.A. y Saad, L.(1991). *La producción de maíz de temporal en México: Tendencias, restricciones y retos tecnológicos e institucionales para los investigadores*. Ciudad de México, México: CIMMYT.
- Ibarra, J., Soberón, M. y Bravo, A. (2003). La biotecnología y el control biológico de insectos. En: Alarcón-Segovia, D., Bolívar-Zapata, F.G., de la Fuente, R. Kumate, J., Martínez-Palomo, A., Pérez-Tamayo, R., Rudomín, P., Sarukhán, J. & Soberón, G. (Eds.), *Fronteras de la biología en los inicios del siglo XXI* (pp. 41-43). Ciudad de México, México: Colegio Nacional.
- Jaramillo, A., Jaramillo, O., Bustillo, A. E., y Gomez, H. (1989). Efecto del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) sobre el rendimiento del maíz. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 42(1), 25-33.
- León-García, I., Rodríguez-Leyva, E., Ortega-Arenas, L. D., y Solís-Aguilar, J. F. (2012). Susceptibilidad de *Spodoptera frugiperda* a insecticidas asociada césped en Quintana Roo, México. *Agrociencia*, 46(3), 279-287.
- MacRobert J. F., Setimela P. S., Gethi J., y Worku, M. (2014). Manual de producción de semilla de maíz híbrido. Ciudad de México, México: CIMMYT. 26 p.

- Malo-Rivera, E. A., y Rojas, J. C. (2012). Métodos de investigación en semioquímicos. En Malo-Rivera, E. A., y Rojas J.C. (Eds.), *Temas selectos de ecología química de insectos* (pp. 17-18). Tapachula, México: ECOSUR.
- Marín-Loaiza, J. C. y Céspedes, C. L. (2007). Compuestos volátiles de las plantas. Origen, emisión, efectos, análisis y aplicaciones al agro. *Revista fitotecnia mexicana*. 30(4): 327-351.
- Martínez, N. (2010). Manejo integrado de plagas: una solución a la contaminación ambiental. *Comunidad y salud*. 8(1): 73-82.
- Marua, M. G., y Virla, E. G. (2004). Presencia invernal de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el área maicera de la Provincia de Tucumán, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 105(2): 46-52.
- Márquez-Sánchez, F. (2009). De las variedades criollas de maíz a los híbridos transgénicos. II: La hibridación. *Agricultura, sociedad y desarrollo* 6(2): 161-176.
- Meneses-Carbonell, R., Gutiérrez-Yanis, A., García-Rubial, A., Antigua-Pereiro, G., Gómez-Sousa, J., Correa-Victoria, F. y Calvert, L. (2001). Guía para el trabajo de campo en el manejo integrado de plagas del arroz (pp .17-20). Recuperado de: [https://books.google.com.co/books/p/pub-2347935248438357?id=\\_3meJCzC7A0C&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&hl=es#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books/p/pub-2347935248438357?id=_3meJCzC7A0C&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&hl=es#v=onepage&q&f=false)
- Mera-Ovado, L.M. (2009). Aspectos socioeconómicos y culturales. En Kato-Yamakake, T.A., Mapes-Sánchez, C., Mera-Obando, L.M., Serratos-

- Hernández, J.A. y Bye-Bottler, R.A. (Eds.). *Origen y diversificación del maíz una revisión analítica*. (33 pp). Ciudad de México, México: UNAM y CONABIO.
- Mera-Ovado, L. M y Mapes-Sánchez, C. (2009). El Maíz. Aspectos Biológicos. En Kato-Yamakake, T,A., Mapes-Sánchez, C., Mera-Ovado, L.M., Serratos-Hernández, J.A., Bye-Bottler, R.A (Eds.), *Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica* (pp.19-21). Ciudad de México, México: UNAM y CONABIO.
- Morillo, F. y Notz, A. (2001). Resistencia de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a lambdacihalotrina y metomil. *Entomotropica* 16(2): 79-87.
- Murgido, C., y Elizondo, A. (2007). El manejo integrado de plagas de insectos en Cuba. *Fitosanidad*. 11(3): 23-28.
- Nafziger, E. D. (2011). Growth and production of maize: mechanized cultivation. *Soils, plant growth and crop production*. 1: 1-4.
- Orta-Arrazcaeta, L. (2002). Contaminación de aguas por plaguicidas químicos. *Fitosanidad*. 6(3): 55-62 pp.
- Ortega-Corona, A. (1987). Insectos nocivos para el maíz: una guía para su identificación en campo. Ciudad de México, México: CIMMYT
- Otriz-Carreón, F. R. (2015). Respuestas de *Chelonus insularis* Cresson (Hymenoptera: Braconidae) a volátiles de plantas de maíz (*Zea Mays* L.).

Tesis para obtener el grado de ingeniero químico. Instituto Tecnológico de Tapachula, Chiapas, México.

- Perales-Rivera, H. y Golicher, D. (2011). *Modelos de distribución para las razas de maíz en México y propuesta de centros de diversidad y provincias bioculturales*. Chiapas, México: CONABIO.
- Peñaflor, M. F. G. V. y Bento, J. M. S. (2013). Herbivore-induced plant volatiles to enhance biological control in agriculture. *Neotropical Entomology*. 42(4):331-343.
- Pickett, J. A., Woodcock, C. M., Midega, C. A. O y Khan, Z. R. (2014). Push-pull farming systems. *Current Opinion in Biotechnology*. 26:125-132.
- Pinto-Zevallos, D. M., Strapasson, P., y Zarbin, P. H. (2016). Herbivore-induced volatile organic compounds emitted by maize: Electrophysiological responses in *Spodoptera frugiperda* females. *Phytochemistry Letters*, 16: 70-74.
- Potter, T. L., Olson, D. M., Ni, X., y Rains, G. C. (2015). A re-examination of corn (*Zea mays*) ear volatiles. *Phytochemistry Letters*. 14: 281-282.
- Price, P. W., Bouton, C. E., Gross, P., McPheron, B. A., Thompson, J. N. y Weis, A. E. (1980). Interactions among three trophic levels: influence of plant on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Annual Review of Ecology and Systematics* 11: 41-65.

Reyes-Prado, H., Jiménez-Pérez, A., Arzuffi, R., y Robledo, N. (2020). *Copitarsia decolora* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae) females avoid larvae competition by detecting larvae damaged plants. *Scientific Reports* (10), 5633.

Rojas, J. C. (2012). El papel del estímulo químico durante la búsqueda de hospedero por Lepidopteros Herbívoros. En Rojas, J. C. y Malo, E. A. (Eds.), *Temas selectos de ecología química de insectos* (pp. 287-314). Tapachula, México: ECOSUR

Romero, M., Diego, F. y Álvarez, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana Higiene, Epidemiología y Microbiología*. 44: 1-14.

Ruiz-Corral, J. A., Bravo-Mosqueda, E., Ramirez Ojeda, G., Baéz-Gonzalez, A. D., Alvarez-Cilva, M., Ramos-González, J. L., y Byerly Murphy, K. F. (2013b). *Spodoptera frugiperda* (J.E Smith). En Ruiz-Corral, J. A., Bravo-Mosqueda, E., Ramirez Ojeda, G., Baéz-Gonzalez, A. D., Alvarez-Cilva, M., Ramos-González, J. L., y Byerly Murphy, K. F. *Plagas de importancia económica en México* (pp. 350-353). Tepatitlan de Morelos, Jalisco: INIFAP.

SAGARPA. (2016). Aumenta producción de maíz 12.7 por ciento en cuatro años. Boletines. SAGARPA Recuperado de <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/nayarit/boletines/Paginas/BNSAGDIC042016.aspx#>

- Salas, J. (2001). Captura de *Spodoptera frugiperda* en trampas con feromona. *Manejo Integrado de Plagas*. 59: 48-51.
- Sánchez, J. D. (2011). Diversidad del maíz y teocintle. Recuperado de: [http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Anexo9\\_Analisis\\_Especialistas/Jesus\\_Sanchez\\_2011.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Anexo9_Analisis_Especialistas/Jesus_Sanchez_2011.pdf)
- Sánchez-Ortega, I. (2014). Maíz (*Zea mays*). *Reduca (Biología)*. 7: 152-153.
- Schoonhoven, L. M., van Loon, J. J. A y Dicke, M. (2005a). Plant volatiles. En Schoonhoven, L.M., van Loon, J.J.A y Dicke, M. (2ª Ed.), *Insect-Plant Biology* (pp. 59-62). Gran Bretaña, Reino Unido: Oxford University Press
- Schoonhoven, L. M., van Loon, J. J. A y Dicke, M. (2005b). Variation in herbivore-induced changes. En Schoonhoven, L.M., van Loon, J.J.A y Dicke, M. (2ª Ed.), *Insect-Plant Biology* (pp.77). Gran Bretaña, Reino Unido: Oxford University Press
- Sepúlveda-Jiménez, G., Porta-Ducoing, H. y Rocha-Sosa, M. (2003). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 21(3): 355-358 pp.
- SIAP. (2017). Atlas agroalimentario 2017. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Recuperado de: [http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos\\_a.php](http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_a.php)
- Sifuentes-A., J. A. (1985). Plagas del maíz de México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Distrito Federal, México: SARH.

- Sosa-Castillo, M. E. (2009). Descripción de la quetotaxia y otras estructuras de larvas (L1-L5) de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE). Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo parasitólogo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México .
- Spiro, T. y Stigliani, W. (2004). Control de plagas. En: Spiro, T., y Stigliani, W. (Eds.) *Química Medioambiental*. Madrid, España: Pearson-Prentice Hall. 388-398 pp.
- Tobón-Marulanda, F. A., López-Giraldo, L. A. y Paniaguna-Súarez, R. E. (2010). Contaminación del agua por plaguicidas en un área de Antioquia. *Revista de Salud Pública*. 12(2): 300-307.
- Urretabizkaya, N., Vasicek, A. y Saini, E. (2010). Insectos perjudiciales de importancia agropecuaria. Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
- Vacas-González, S. (2011). Uso de semioquímicos en el control de plagas. Estudios basicos y de aplicación. Tesis para obtener el grado de doctorado. Universidad Politécnica de València. València, España.
- Van-Emden, H. F. (1977). Breve introducción al control químico. En H. F. Van-Emden (Ed.), *Control de plagas y su ecología* (p. 4). Barcelona, España: Omega S. A.
- Yagüe-Gonzalez, J. I. y Bolívar Costa, C. (2002). *Guía practica de insecticidas acaricidas y nematocidas* . Madrid, España: Mundi-Prensa Libros.

Ye, M., Veryart, N., Xu, H., Hu, L., Turlings, T. C. J., y Erb, M. (2018). An herbivore plant volatile reduces parasitoid attraction by changing the smell of caterpillars. *Science advances*, 4(5): 1-8.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



**DIRECCIÓN DE ESTUDIOS SUPERIORES**

Escuela de Estudios Superiores del Jicarero

Dirección

El Jicarero, Jojutla, Morelos, 23 de junio de 2020.

**DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE**  
**DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES**  
**DE LA UAEM**

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta el Pasante de Licenciado en Ciencias Ambientales: **C. David Trujano Cruz**, con el título del trabajo: **" Respuesta olfativa de larvas de *Spodoptera frugiperda* J. E Smith (Lepidoptera:Noctuidae) a compuestos volátiles de dos variedades de maíz sin daño y con daño por sus conespecíficos"**.

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR: \_\_\_\_\_ APROBADO \_\_\_\_\_

VOTO EN CONTRA: \_\_\_\_\_

NECESITA ARREGLAR O ELIMINAR ALGO: \_\_\_\_\_

COMENTARIOS: \_\_\_\_\_

**ATENTAMENTE**

\_\_\_\_\_  
**Dr. Francisco Riquelme Alcantar**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**FRANCISCO RIQUELME ALCANTAR** | Fecha:2020-06-24 14:20:29 | Firmante

KpMVYI9LfhYgQoJ6aOMBUSAnT/cu+ks2zvaJ07FKUAMZIW/cvJtx53+Pejs71yDAKLJaNVpx4ItHg/VGqB+6NeVL3N7xA2iLV5AagU9v8Z6NCvxs/w0SdlRt9Diz+8igqFGIbDlGQ3E  
RVubW4TpysyAvyhJoK6NuX0jfiJkRdRUTonYhL5de/VSXCI2j2YAjAFsQLBUEkuMC0sZIt49fLKedxVKysdI0Zbc2Kepn3ctg2YXWrzLfi8H1ynbmVVi3EB9igEw4sGEAi/87LD81gDq  
SjMW7+cDILtT7HwNpsp62Va1ooMDG/h5ih+HPKxcPMU7a5i3aKlaCZmw//hZ2ng==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



fhj7Fq

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/XNmb4Zk5VUsmgoAZJbUMthZiFkpgyNv>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



**DIRECCIÓN DE ESTUDIOS SUPERIORES**

Escuela de Estudios Superiores del Jicarero

Dirección

El Jicarero, Jojutla, Morelos, 23 de junio de 2020.

**DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE**  
**DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES**  
**DE LA UAEM**

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta el Pasante de Licenciado en Ciencias Ambientales: **C. David Trujano Cruz**, con el título del trabajo:” **Respuesta olfativa de larvas de *Spodoptera frugiperda* J. E Smith (Lepidoptera:Noctuidae) a compuestos volátiles de dos variedades de maíz sin daño y con daño por sus conespecíficos “.**

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR:     Mi voto a favor    

VOTO EN CONTRA: \_\_\_\_\_

NECESITA ARREGLAR O ELIMINAR ALGO: \_\_\_\_\_

COMENTARIOS:     Con revisión menor por parte del alumno    

**ATENTAMENTE**

\_\_\_\_\_  
**Dra. Norma Reyna Robledo Quintos**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**NORMA REYNA ROBLEDO QUINTOS | Fecha:2020-12-04 23:01:36 | Firmante**

P+5uWPfOp/xb+z0t6nwyZ9UJ+S8D3StEAcjMd1cCDF6Dskv6wvNbb33H3RQhQ6J+Vnaej4Huhu3/L4RcseaPgvQ//7M1yj63WPSTuFgM8WR6dCdniTMnqQlpvpDRRFw3uBVAM  
QbL5QMR8pfJ+gaNq5tLITidSC9bdt5Vkt2liTefunFYuHdUz0xr5Wq7LE/+9dQDQR0dm06ulpL5Z6fUB1BCKeEumqSWSSF+g7+2C/NHPcpvBIC39rRp61QFXoZCkybRqLYBL8hG  
1IMsN440+SelAZNn8RwInt6z5qOgOvFxTUNv8PRy7+Dyitn0MCuQQoeV5fU9EEsEPxvnG8fKPw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[oXqpNv](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/pTKDTbDH4LBk71N7DuugBArnZxhRoDPp>







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**HUMBERTO FLORES BUSTAMANTE | Fecha:2020-12-04 15:18:39 | Firmante**

BfAH2v11u7dOnNRiOmidXDNADqU4Pj91te5mjOOb2M4WfYI2qP3qKLllezdyxPLw/GRnJ7rMBtVAfcZI9H+HEytlmH1IU1JzBcp9cOo2017AMYx2i812xPEF9XoHO+m+4tSfm5LsAA8/jmxlWwUvlt+pQSYDXist/iBnEKD86qJEFMV37YiZ+o02CWHIEiuaJybkqkjHog6OvzHtOIH4bOOgZpPG3hfuxS4Zyvn3FiqKt9jWqo+q3YQLuSMLqFZeK3RSM/88CcAzLL0WnKiGKHLvo8sPwr9xS2eqVl8ZJqEYiLJPH4h0pt0Kz/zl9zn6Fflp5+wg7sntxkGKy20Dhg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



1zYn8Z

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/9F0oKHj7r47PuSzjjXb4ivRWFJKnVxK0>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



**DIRECCIÓN DE ESTUDIOS SUPERIORES**

Escuela de Estudios Superiores del Jicarero

Dirección

El Jicarero, Jojutla, Morelos, 18 de diciembre de 2020.

**DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE**  
**DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES**  
**DE LA UAEM**

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta el Pasante de Licenciado en Ciencias Ambientales: **C. David Trujano Cruz**, con el título del trabajo: " **Respuesta olfativa de larvas de *Spodoptera frugiperda* J. E Smith (Lepidoptera:Noctuidae) a compuestos volátiles de dos variedades de maíz sin daño y con daño por sus conoespecíficos**".

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR: **VOTO A FAVOR .**

VOTO EN CONTRA: \_\_\_\_\_

NECESITA ARREGLAR O ELIMINAR ALGO: \_\_\_\_\_

COMENTARIOS: **VERIFICAR LOS NOMBRES CIENTÍFICOS.**

**ATENTAMENTE**

\_\_\_\_\_  
**Dra. Maritza Vega Petlalcaco**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**MARITZA VEGA PETLACALCO | Fecha:2021-01-15 18:48:31 | Firmante**

s/DstaZg6/wDzAH67QhFR0S5r+g5rNq5POnBafvI9vZW4OMF/ZgMscBvGJSDXNNw9ccZ8u+TGByurlMQNsBMKcfQbb2M4njAVFm3+P6QBRalqJ34L4WzClkyzuBDx8jm1ms8Vp+NC3icbL3okYztymyDMYBy4q1H8rold6jtCb3lnG/vJXwL0ximwry7yYovEiWflQhRRv85/1VJ30OFqZP8lJCzd2ufkNARKZkMhqsNZbjAXnJIFpWYPGDmPanjho1CT+TIRHNQPjkYvGiQ0MAEJ9RocqTcQbEi2YvHWixH8PwF4mTkCFPbTarcNaMbixBdqT2ZJDf1FVFK7jboA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[kKSjC](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/0SzRymGwI3eNzC15irFwOLhUeZmkdxIT>







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**HUMBERTO REYES PRADO | Fecha:2021-01-17 14:56:10 | Firmante**

M2aJXOjldUuUAe8HU1UREnL5pGib6abeywivaPqswKgmDt66iNdYfEbS7XWm1MOrS+qH7WncUzzrp6mnUebXjzUvMYTQbd9QGHR6kv1vGj9nQ6DAF8PY8Mc4t0yUGUnUyGRy+z0LhtuluHGst1tWXeReliAp5Vli+SHRmvXGINPaltF0gwgmyVqSv4ZczSwsMVW1uy/+llm4BbqKj5waEukx3V1FBP45NXTsDv+BzOsWMgXwtgF/grY9mQDCGk8mBMHJ4qZKPY7SEnXqQ/uRs/TY2XR0fsPs5F51n6E1MyTvQF5bEDEVe4z+NTbp7fWbzWrrYe7afSwD2q7B8uX8A==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[GYmsaV](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/7fQO0YFXxDkHXCoioZlenxVCYRXSbaFT>

