



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**“EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LOS ACEITES  
ESENCIALES DE *Hyptis albida* Y *Eupatorium glabratum*  
CONTRA *Spodoptera frugiperda*”**

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

**Maestro en Ciencia y Tecnología Ambiental**

Presenta

I.Q. Miguel Alejandro Flores Sánchez

Dirigido por:

Dr. Miguel Angel Ramos López

Co-director:

Dr. Miguel Angel Zavala Sánchez

Querétaro, Qro a 29/oct/2021



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Química  
Maestría en Ciencia y Tecnología Ambiental  
**LGAC 3. Desarrollo de tecnologías botánicas, microbiales e integrales para el manejo racional de la sanidad en los cultivos**  
**Identificación de productos naturales con actividad insecticida e insectistática.**

**“EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LOS ACEITES ESENCIALES DE *Hyptis albida* Y *Eupatorium glabratum* CONTRA *Spodoptera frugiperda*”**

### Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de Maestro en Ciencia y Tecnología Ambiental

#### Presenta:

I.Q. Miguel Alejandro Flores Sánchez

Dirigido por:

Dr. Miguel Angel Ramos López

Co-dirigido por:

Dr. Miguel Angel Zavala Sánchez

Dr. Miguel Angel Ramos López

Presidente

\_\_\_\_\_  
Firma

Dr. Miguel Angel Zavala Sánchez

Secretario

\_\_\_\_\_  
Firma

Dra. Vanessa Vallejo Becerra

Vocal

\_\_\_\_\_  
Firma

Dr. Juan Campos Guillén

Suplente

\_\_\_\_\_  
Firma

Dr. Jose Alberto Rodríguez Morales

Suplente

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Dra. Silvia Lorena Amaya Llano  
Directora de la Facultad

\_\_\_\_\_  
Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña  
Directora de Investigación y Posgrado

Centro Universitario Querétaro, Qro.  
Octubre, 2021  
México

## **Agradecimientos**

A mis padres por confiar en mí y darme la oportunidad de continuar con mis estudios

Al Dr. Miguel Angel Ramos por compartir su conocimiento y gusto por la ciencia, por su paciencia y determinación.

Al Dr. Miguel Angel Zavala por sus aportaciones, correcciones y tiempo de apoyo para poder mejorar mi trabajo escrito.

A los sinodales por su participación y aportaciones.

A Beatriz por ser tan buena compañera en la vida y durante mis estudios de posgrado.

A mis compañeros de laboratorio por todo el apoyo y amistad brindado durante mi estancia.

Al CONACYT por el apoyo económico otorgado

<b>Contenido</b>	
<b>Resumen</b> .....	<b>7</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>8</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>10</b>
<b>1. ANTECEDENTES</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1. Maíz (<i>Zea mays</i>)</b> .....	<b>12</b>
1.1.1. Taxonomía .....	12
1.1.2. Variedades del maíz .....	13
1.1.3. Composición Química.....	13
1.1.4. Importancia económica .....	14
1.1.5. Enfermedades y plagas.....	15
<b>1.2. Gusano Cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>)</b> .....	<b>17</b>
1.2.1. Taxonomía .....	17
1.2.2. Biología.....	17
1.2.3. Importancia Económica .....	19
1.2.4. Métodos para el manejo de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	20
1.2.4.1. Control preventivo.....	20
1.2.4.2. Control cultural .....	21
1.2.4.3. Control físico y mecánico .....	21
1.2.4.4. Control genético.....	22
1.2.4.5. Control químico. ....	24
1.2.4.6. Control biológico .....	26
1.2.4.7. Control botánico.....	27
1.2.4.8. Manejo Integrado de Plagas .....	28

<b>1.3. Aceites Esenciales</b> .....	<b>29</b>
1.3.1. Métodos de obtención .....	31
1.3.2. Usos de los aceites esenciales en las diferentes industrias .....	32
1.3.3. Aceites esenciales contra insectos plaga .....	32
<b>1.4. <i>Eupatorium glabratum</i></b> .....	<b>33</b>
1.4.1. Composición química del aceite esencial de <i>Eupatorium glabratum</i> ....	35
<b>1.5. <i>Hyptis albida</i></b> .....	<b>36</b>
1.5.1 Composición química del aceite esencial de <i>Hyptis albida</i> .....	37
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>38</b>
<b>2.1. General.</b> .....	38
<b>2.2. Específicos.</b> .....	38
<b>3. HIPÓTESIS</b> .....	<b>38</b>
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	<b>39</b>
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>44</b>
<b>5.1. Actividad insecticida e insectistática de <i>Hyptis albida</i></b> .....	44
<b>5.2. Actividad insecticida e insectistática de <i>Eupatorium glabratum</i></b> .....	46
<b>5.3. Analisis de la composición del aceite esencial de <i>Hyptis albida</i></b> .....	48
<b>6. Conclusiones</b> .....	<b>50</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>51</b>

#### Índice de Figuras

Figura 1. Ciclo de vida de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	18
Figura 2 <i>Eupatorium glabratum</i> .....	34
Figura 3 Distribución de <i>E. glabratum</i> .....	34
Figura 4 <i>Hyptis albida</i> .....	36

Figura 5 Distribución de <i>H. albida</i> .....	37
---	----

### Índice de Tablas

Tabla 1 Plagas del maíz. ....	16
Tabla 2 Clasificación de Insecticidas.....	25
Tabla 3 Compuestos mayoritarios de aceites esenciales (Burt, 2004) .....	30
Tabla 4 Ingredientes para preparar un kilo de dieta artificial de <i>S. frugiperda</i> .....	39
Tabla 5 Actividad insecticida del aceite esencial de <i>Hyptis albida</i> .....	45
Tabla 6 Actividad insectistática del aceite esencial de <i>Hyptis albida</i> .....	46
Tabla 7 Actividad insecticida del aceite esencial de <i>Eupatorium glabratum</i> .....	47
Tabla 8 Actividad insectistática del aceite esencial de <i>Eupatorium glabratum</i> .....	47
Tabla 9 Componentes principales del aceite esencial de <i>Hyptis albida</i> .....	49

Dirección General de Bibliotecas UAO

## Resumen

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), es una de las principales plagas que afecta los cultivos de maíz, para su manejo los agricultores generalmente recurren al uso de insecticidas químicos sintéticos. Sin embargo, estas sustancias generan serios daños ambientales y a la salud humana. Por lo anterior, se ha propuesto como una alternativa al uso de plaguicidas químicos sintéticos, el empleo de aceites esenciales de origen botánico para el manejo de esta plaga. En el presente trabajo se evaluó la actividad insecticida e insectistática de los aceites esenciales de *Eupatorium glabratum* e *Hyptis albida* contra *Spodoptera frugiperda*. Para cumplir con este objetivo se identificó el aceite esencial que presentó la mayor actividad insecticida e insectistática, por medio de bioensayos donde se alimentaron larvas de segundo instar con dieta artificial mezclada con cada aceite esencial a concentraciones de 0, 40, 120, 400, 800 y 1000 ppm. El aceite esencial de *H. albida* tuvo actividad insecticida con una  $CL_{50}$  de 228.70 ppm seguida por el aceite esencial de *E. glabratum* mostró una  $CL_{50}$  de 888.31 ppm. Respecto a la actividad insectistática, solamente el aceite esencial de *H. albida* presentó inhibición de la alimentación a 400 ppm al disminuir 9.6% el peso de la pupa con respecto al control. Por último, la composición del aceite esencial de *H. albida* que fue el de mayor actividad biológica contra el gusano cogollero fue:  $\tau$ -cadinol (36.96 %), 3, 8-dimetil-4-(1-metiletilideno)-2, 4, 6, 7, 8, 8a-hexahidro-5(1h)-azulenona (14.33 %) y  $\gamma$ -cadideno (9.21 %).

## Abstract

24

25

26 Fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) is one of the most important pest which  
27 mainly affects the maize crop production, in order to manage this pest, the use of  
28 synthetic chemical pesticides by farmers is a common practice. However, this  
29 substances causes several environmental damages and represent a serious risk  
30 for the human health. As an alternative to the synthetic chemical pesticides, the  
31 use of plant-based essential oils has been proposed in order to manage this pest.  
32 The aim of this work was to evaluate the insecticide and insectistatic activities from  
33 the essential oils of *Eupatorium glabratum* and *Hyptis albida* against *Spodoptera*  
34 *frugiperda*. In order to achieve this objective, the essential oil with more insecticidal  
35 and insectistatic activities were identified, the experiments consisted in feeding  
36 second instar larvae with artificial diet mixed with each essential oil at  
37 concentrations of 0, 40, 120, 400, 800 and 1000 ppm. The essential oil of *H. albida*  
38 had the highest insecticidal activity with  $LC_{50}$  of 228.70 ppm followed by the  
39 essential oil of *Eupatorium glabratum* with  $LC_{50}$  888.31 ppm. As for the  
40 insectistatical activity, only the *H. albida* presented feeding inhibition by reducing  
41 9.6 % the pupal weight at 400 ppm respect to the control. Finally, the composition  
42 of *H. albida* essential oil, which had the highest biological activity against fall  
43 armyworm was:  $\tau$ -cadinol (36.96 %), 3, 8-dimetyl-4-(1-metylethylidene)-2, 4, 6, 7,  
44 8, 8a-hexahydro-5(1h)-azulenone (14.33 %) y  $\gamma$ -cadidene (9.21 %).

45

46 DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD DE ESTUDIANTE:

47

48 Declaro que los datos propios obtenidos en esta investigación fueron generados  
49 durante el desarrollo de mi trabajo de tesis de forma ética y que reporto detalles  
50 necesarios para que los resultados de esta tesis sean reproducibles en eventuales  
51 investigaciones futuras. Finalmente, este manuscrito de tesis es un trabajo original  
52 en el cual se declaró y dio reconocimiento a cualquier colaboración o cita textual  
53 presentadas en el documento.

54

Dirección General de Bibliotecas UAG

## Introducción

55

56

57 El maíz es el principal producto agrícola cultivado en México. Existen diversas  
58 variedades de esta planta, pero su principal producción se divide en el maíz  
59 amarillo que generalmente se usa como forraje y el maíz blanco cuyo principal  
60 destino es el consumo humano (SAGARPA, 2017). Sin embargo, este cereal  
61 presenta problemas de pérdidas anuales debido a la presencia de enfermedades y  
62 plagas (Kumar et al., 2018) siendo el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*  
63 (Lepidoptera: Noctuidae) la principal plaga de este cultivo. Este insecto, durante su  
64 fase adulta tiene hábitos nocturnos y llega a recorrer hasta 100 Km por noche, sin  
65 embargo, en la fase adulta no representa amenaza para el cultivo, siendo la etapa  
66 larval la que ocasiona el daño a los cultivos, bajando el rendimiento de las  
67 cosechas de maíz hasta en 37 % (De-Groote et al., 2020).

68

69 El principal método de control del gusano cogollero del maíz es por medio del  
70 empleo de plaguicidas químicos sintéticos entre los cuales se encuentran los  
71 piretroides como el 50 Lambdacihalotrina, ciflutrina y beta-cipermetrina; los  
72 carbamatos como metomil y organofosforados como clorpirifós etil (León-García et  
73 al., 2012). Estas sustancias no se aplican con el conocimiento adecuado,  
74 abusando de su empleo y causando daños irreversibles en los suelos agrícolas, ya  
75 que su presencia logra formar compuestos complejos con los iones que las  
76 plantas requieren para su crecimiento y desarrollo (Sidhua et al., 2019). Otro  
77 problema es la contaminación por lixiviación a los mantos freáticos, lo que dificulta  
78 el acceso al agua potable (Syafrudin et al., 2021). Adicionalmente causan  
79 problemas de salud a los trabajadores en campo, ya que la exposición constante a  
80 este tipo de sustancias provocan irritación de piel, edemas, dolor de cabeza,  
81 fatiga, afecciones al sistema nervioso e incluso la muerte (Chrustek et al., 2018).

82

83 Una estrategia que surge de la necesidad de mantener un nivel de producción  
84 que asegure las condiciones favorables económicas, ecológicas y sociológicas de

85 los cultivos, es el manejo integrado de plagas el cual consiste en utilizar de  
86 manera holística diferentes métodos de manejo entre ellos el cultural, mecánico,  
87 físico, biológico, botánico y químico. Siendo el manejo botánico aquel que  
88 aprovecha los compuestos presentes en las plantas obtenidos por extracción con  
89 solventes polares (extractos) o por hidrodestilación (aceites esenciales), entre  
90 dichos componentes se encuentran los alcaloides, flavonoides, fenoles y/o  
91 terpenos, entre otros con actividad insecticida y/o insectistática. Una ventaja de  
92 emplear estos productos naturales es que logran reducir en gran medida el riesgo  
93 a la salud humana y el daño ambiental que genera la aplicación de plaguicidas  
94 químicos sintéticos (Nava-Pérez et al., 2012).

95  
96 Entre las plantas reportadas con actividad insecticida e insectistática se  
97 encuentran varias especies de la familia Asteraceae, como es el caso de *Tagetes*  
98 *erecta* contra *Zadiprion vallicola* (Hymenoptera: Diprionidae) (Toribio-Hernández et  
99 al., 2020); *Inula racemosa* contra *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) (Kaur  
100 et al. 2016); y *Cyrtocymura cincta* contra *Spodoptera latifascia* (Lepidoptera:  
101 Noctuidae) (Popich et al., 2005). Mientras que para el caso de la familia  
102 Lamiaceae se han reportado a *Thymus daenensis* contra *Ephestia kuehniella*  
103 (Lepidoptera: Pyralidae) (Moazeni et al., 2013); *Hyptis brevipes* (Lamiaceae)  
104 contra *Spodoptera litoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) (Sakr et al. 2015); y *Salvia*  
105 *microphylla* contra *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) (Romo-  
106 Asunción et al., 2016).

107  
108 Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la actividad insecticida e insectistática  
109 contra *Spodoptera frugiperda* de los aceites esenciales de *Hyptis albida*  
110 (Lamiaceae) y *Eupatorium glabratum* (Asteraceae); y conocer la composición del  
111 aceite esencial que presente mayor actividad insecticida y/o insectistática.

112

113 **1. ANTECEDENTES**

114

115 **1.1. Maíz (*Zea mays*)**

116

117 En este apartado se presentan las características principales del maíz, desde su  
118 taxonomía hasta su importancia económica.

119

120 **1.1.1. Taxonomía**

121

122 El maíz es una planta que se clasifica con la siguiente taxonomía:

123

124 **Dominio:** Eucarya

125 **Reino:** Plantae

126 **División:** Magnoliophyta

127 **Clase:** Liliopsida

128 **Orden:** Poales

129 **Familia:** Poaceae

130 **Género:** *Zea*

131 **Especie:** *Z. mays*

132

133 Entre sus características principales, presenta un tallo sin ramas que crece de 1 a  
134 4 metros de altura, con hojas de 50 a 90 cm de longitud. Cada organismo cuenta  
135 con flores masculinas y femeninas. Las flores masculinas, también llamadas  
136 borlas o rastrojos, se encuentran en la punta de la planta, mientras que la flor  
137 femenina, conocida como mazorca, se encuentra en los extremos de las hojas. Al  
138 momento de desarrollarse las mazorcas, contienen de 16 a 30 hileras de semillas  
139 y llegan a medir hasta 24 cm, aunque existen casos en los que llegan a medir  
140 hasta 60 cm en algunas variedades (Tropicos, 2019).

141

142 Es uno de los cereales más importantes a nivel mundial, ya que no solamente  
143 funciona para el consumo humano, también se ocupa para el alimento de los  
144 animales y como materia prima básica de la industria de la transformación (FAO,  
145 1993).

146

### 147 **1.1.2. Variedades del maíz**

148

149 En México existen diferentes razas de maíz y son de un interés especial debido a  
150 que durante el proceso de domesticación se han desarrollado variedades  
151 modernas y que presentan un mayor rendimiento (Massieu-Trigo y Lechuga-  
152 Montenegro, 2002). En México, existen 59 razas de maíz. Estas razas a su vez se  
153 dividen en 3 grupos principales. Las del grupo I son aquellas que como principal  
154 área de adaptación están en las partes altas del centro y norte del país. Las del  
155 grupo II están en alturas intermedias de temporal y costas semiáridas de riego.  
156 Por último el grupo III, los maíces nativos de las partes intermedias y altas del sur  
157 de México así como los cilíndricos tropicales (Ortega-Paczka, 2003).

158

### 159 **1.1.3. Composición Química**

160

161 El grano del maíz contiene varios nutrientes, entre los que se encuentran los  
162 carbohidratos (71.88%), proteínas (8.84 %) y grasas (4.57%), adicionalmente  
163 contiene vitamina C, vitamina E, vitamina K, vitamina B1 (tiamina), vitamina B2  
164 (riboflavina), vitamina B3 (niacina), vitamina B5 (ácido pantoténico), vitamina B6  
165 (piridoxina), ácido fólico y selenio (Rouf Shah *et al.*, 2016).

166

167 Por otra parte, su aceite contiene 14% de grasas saturadas, 30% de grasas  
168 monoinsaturadas y 56% de grasas poliinsaturadas. Además de ser una gran  
169 fuente de vitamina E, conocida como gama tocoferol, ya que se ha reportado 94.1  
170 mg/ 100 g de maíz (Rouf Shah *et al.*, 2016).

171

172 Este cultivo tiene varios beneficios a la salud, debido a su contenido de vitamina B  
173 que beneficia a la piel, cabello, corazón y cerebro. Por otra parte, el aceite  
174 obtenido del maíz contiene ácidos grasos esenciales. Uno de ellos es el ácido  
175 linoléico, el cual mantiene la presión de la sangre, regulando los niveles de  
176 colesterol y previniendo enfermedades cardiovasculares. Finalmente, contiene  
177 vitamina E, la cual ha demostrado tener propiedades antioxidantes (Rouf Shah *et*  
178 *al.*, 2016).

179

#### 180 **1.1.4. Importancia económica**

181

182 Dentro de la variedad de razas, económicamente se le da mayor importancia a  
183 dos tipos de maíz, el amarillo y el blanco, siendo este último el que más se  
184 produce a nivel nacional. El consumo promedio anual per cápita del maíz blanco  
185 es de 196.4 Kg, el cual se usa principalmente para la manufactura de tortillas  
186 (SAGARPA, 2017).

187

188 La mayoría del maíz en México se cosecha en el ciclo de primavera-verano, por  
189 medio de dos modalidades hídricas: la de ciclo agrícola (temporal) y la de riego.  
190 Una particularidad de la modalidad de riego es que a pesar de solo representar el  
191 20.9% del total de hectáreas cosechadas en México, muestra mayor dinamismo y  
192 rendimiento que los de temporal. En 2015 el rendimiento por riego se reportó un  
193 promedio de 8.0 toneladas por hectárea, mientras que por temporal en promedio  
194 se obtuvieron 2.3 toneladas por hectárea. Sinaloa, Jalisco y el Estado de México,  
195 son los estados con mayor producción del maíz a nivel nacional, con la  
196 contribución del 21.8 %, 13.5% y 8.2 % por ciento respectivamente. Sin embargo,  
197 solamente en Sinaloa se produce por medio de riego en Otoño-Invierno, mientras  
198 que en Jalisco y Estado de México, se produce por medio del ciclo agrícola  
199 (temporal) en Primavera-Verano. (FIRA, 2016).

200

201 A pesar de que existe un buen rendimiento del cultivo del maíz, el aumento de la  
202 producción, trae consigo afectaciones debido a la presencia de plagas de insectos  
203 en los cultivos, misma que puede generar pérdidas económicas (García-Lara y  
204 Bergvinson, 2007).

205

#### 206 **1.1.5. Enfermedades y plagas**

207

208 Durante los periodos de siembra, por la interacción con el ambiente la planta es  
209 susceptible a plagas y enfermedades. De estas últimas, las de mayor interés  
210 ocurren de manera foliar, ya que afectan el rendimiento. Entre las enfermedades  
211 más importantes se encuentran las causadas por hongos como la roya común que  
212 genera pústulas pequeñas en ambos lados de la hoja; la mancha foliar por  
213 *Curvularia lunata* donde aparecen manchas necróticas con una aureola de color  
214 claro; el tizón foliar el cual es provocado por *Helminthosporium turcicum* generando  
215 manchas que se vuelven tejido necrótico; y el complejo mancha de asfalto  
216 causado por *Phyllachora maydis* y *Monographella maydis*, ésta última enfermedad  
217 causa pérdidas importantes ya que comienza con manchas brillantes que con el  
218 tiempo se vuelven necróticas y al fusionarse provocan la quemadura total del  
219 follaje (Deras-Flores, 2011).

220

221 Con respecto a las plagas, las que principalmente casan afectaciones a este  
222 cultivo son insectos como el caso de las tortugillas *Diabrotica spp* (Coleoptera:  
223 Chrysomelidae) un grupo de escarabajos que atacan a la planta en sus primeras  
224 etapas de crecimiento y las raíces. Otros organismos atacan a la planta a nivel del  
225 suelo, en el cuadro 1 se citan ejemplos de este tipo de invasores (CESAVEG,  
226 2019).

227

228 Por otro lado, existen aquellos insectos que transmiten virus que también afectan  
229 a la planta, como es el caso de la chicharrita del maíz *Dalbulus maidis* (Hemiptera:  
230 Cicadellidae) que, al alimentarse de la savia de la planta, le transmite el virus del

231 rayado fino MRFV que causa bajos rendimientos, enanismo y deformaciones  
232 fisiológicas (CIMMYT, 2016).

233

234

235

Tabla 1 Plagas del maíz.

Tomado de Deras-Flores 2011

Nombre común	Nombre científico	Daño
Gallina ciega	<i>Phyllophaga</i> spp. <i>Anomala</i> spp. <i>Ciclocephala</i> spp.	Se alimenta de las raíces y base del tallo por lo que causan la marchitez y muerte de la planta.
Gusano de alambre	<i>Metanotus</i> sp. <i>Aeolus</i> sp.	Se alimenta de las raíces y base del tallo por lo que causan la marchitez y muerte de la planta.
Piojo de zope	<i>Blapstinus</i> sp. <i>Ulus</i> sp. <i>Epitragus</i> sp.	Daña los granos próximos a germinar y las raíces de las plántulas se doblan y mueren.
Gusano cuerudo T ierreros, hacheros y cortadores	<i>Agrotis</i> sp. <i>Feltia</i> sp.	Se alimenta de las raíces y base del tallo por lo que causan la marchitez y muerte de la planta.

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247 **1.2. Gusano Cogollero (*Spodoptera frugiperda*)**

248

249 En esta sección se describen las generalidades del gusano cogollero y su  
250 importancia como plaga agrícola.

251

252 **1.2.1. Taxonomía**

253

254 El gusano cogollero pertenece taxonómicamente a:

255

256 **Dominio:** Eucaria

257 **Reino:** Animalia

258 **Phylum:** Arthropoda

259 **Clase:** Insecta

260 **Orden:** Lepidoptera

261 **Familia:** Noctuidae

262 **Género:** *Spodoptera*

263 **Especie:** *S. frugiperda*

264

265 **1.2.2. Biología**

266

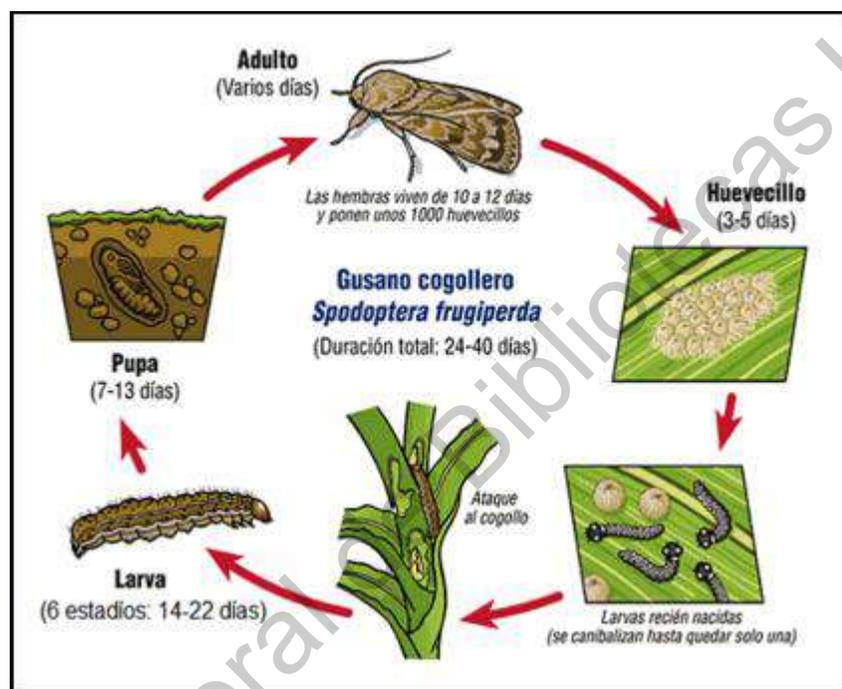
267 El ciclo de vida de *S. frugiperda*, dura 30 días en verano, 60 días en primavera y  
268 otoño y hasta 90 días en invierno. En cuanto a la reproducción, es un ciclo que  
269 dura entre 35 y 40 días. Comienza cuando la hembra coloca los huevos en la  
270 planta. Se estima que cada hembra pone un promedio de 1500 a 2000 huevos a lo  
271 largo de su vida, agrupados en masas entre 100 a 150 huevos cada una. Los  
272 huevos son esféricos, blanquecinos, estriados, de 0.5 mm de diámetro. Los  
273 huevos de *S. frugiperda* son colocados en el envés de las hojas, una vez que  
274 eclosionan, las larvas permanecen en las hojas de la planta y empiezan a  
275 consumirla hasta alcanzar su último estadio larval. Como última parte del ciclo de  
276 vida, forma una cámara pupal, en la cual permanece por 10 días

277 aproximadamente, para posteriormente emerger como adultos (Cazmuz *et al.*  
278 2010).

279

280 El ciclo de vida de *Spodoptera frugiperda* se resume en la figura 1.

281



282

283

Figura 1. Ciclo de vida de *Spodoptera frugiperda*

284

Tomada de croplife latin america (2017)

285

286 La fase larval dura de 14 días en el verano a 30 días en climas más fríos. En su  
287 cabeza llega a medir hasta 2.6 mm y de largo hasta 34.2 mm. En sus primeros  
288 estadios la larva es de un color verduzco que en los siguientes estadios se va  
289 oscureciendo hasta tener un color café rojizo. También en su último estadio, la  
290 larva presenta en su cabeza una “y” invertida de color blanco (Castélum-Luque *et*  
291 *al.*, 2012).

292

293 Después de su estado larvario, se convierte en pupa. Esta fase ocurre en el suelo,  
294 a una profundidad de 2 a 8 cm, donde la larva construye un capullo de forma oval

295 de 20 a 30 mm de longitud. La pupa es de un color café rojizo. El estadio de pupa  
296 de *S. frugiperda* es de ocho a nueve días en condiciones óptimas (climas cálidos)  
297 y en climas más fríos puede llegar a durar de 20 a 30 días. Como polilla presentan  
298 de 32 a 40 mm en la extensión de sus alas, en cuanto a su coloración, son café  
299 opaco y por lo general los machos presentan un par de manchas blancas en la  
300 esquina de las alas mientras que en las hembras el color es más uniforme. Los  
301 adultos tienen hábitos nocturnos y son más activos durante las noches cálidas y  
302 húmedas. Durante los primeros 4 o 5 días de adultez, la hembra deposita los  
303 huevos. En promedio, la vida adulta de *S. frugiperda* es de 10 días, pero el rango  
304 es de 7 a 21 días (Capinera, 2000).

305

306 Esta plaga no presenta un mecanismo de diapausa; es capaz de sobrevivir todo el  
307 año en áreas tropicales, aunque su población disminuye en épocas secas. En un  
308 estudio realizado por Murúa et al. (2004) se dieron cuenta que existía actividad de  
309 *S. frugiperda* en los meses más fríos del año en Tucuman, Argentina. Indicando  
310 que la plaga no tiende a disminuir por cuestiones climáticas (Murúa et al., 2006).

311

### 312 **1.2.3. Importancia Económica**

313

314 *Spodoptera frugiperda* está ampliamente distribuida en América. Sin embargo, en  
315 2016 se encontraron los primeros casos en África en países como Etiopía, Kenya  
316 y Tanzania donde, además al ser un insecto polífago ha afectado los cultivos de  
317 arroz, sorgo y maíz, entre otros (Sisay et al., 2018).

318

319 La etapa de *S. frugiperda* que más afecta al maíz y otros cultivos es durante su  
320 fase larval, atacando el tallo de la planta en su periodo vegetativo, mientras que en  
321 plantas ya desarrolladas las desfolia y llega a atacar a la flor masculina,  
322 interrumpiendo el proceso de polinización). Debido a que tiene hábitos caníbales,  
323 la población de *S. frugiperda* se ve reducida a una o dos larvas por planta, sin

324 embargo, es suficiente para causar daños importantes a la planta y cultivos  
325 (Deras-Flores, 2011).

326

327 Se han reportado pérdidas de 30% del rendimiento del maíz (García-Gutierrez *et*  
328 *al.*, 2012). En Nigeria y Sudáfrica la situación es más crítica, pues son países  
329 donde hay mayor amenaza a la seguridad alimentaria, donde los habitantes de las  
330 zonas rurales dependen de la producción del maíz para su alimentación e  
331 ingresos. Otro problema es que en estos países las condiciones climáticas son  
332 favorables para la reproducción de esta plaga (Amusan y Olelekan-Olawuyi,  
333 2018).

334

#### 335 **1.2.4. Métodos para el manejo de *Spodoptera frugiperda***

336

337 Las preocupaciones ambientales y la necesidad de producir más alimentos han  
338 demandado manejar esta plaga con diversos métodos para mantenerla en niveles  
339 que no causen pérdidas económicas o de salud por el bajo rendimiento de los  
340 cultivos. En un escenario óptimo se deben seleccionar e implementar  
341 metodologías de control y limitar el uso de plaguicidas químicos sintéticos que son  
342 los que más impacto negativo generan a nivel ecológico, económico y social  
343 (González-Maldonado *et al.*, 2015).

344

##### 345 **1.2.4.1. Control preventivo**

346

347 Este tipo de control consiste en sembrar en las fechas recomendadas  
348 dependiendo de la región, así como su correcta eliminación de residuos. Cuando  
349 la siembra se adelanta en otoño es más probable la infestación del gusano  
350 cogollero debido a que las condiciones climáticas son óptimas para que se  
351 reproduzca fácilmente. Lo más recomendado es buscar las mejores condiciones  
352 de desarrollo donde se reduzca el impacto ambiental y donde las condiciones para  
353 la propagación de la plaga sean menos favorables. La densidad de la siembra

354 también es un factor importante que considerar. Las bajas densidades ponen en  
355 riesgo el rendimiento y las altas densidades generan más costos y favorecen las  
356 condiciones microclimáticas de temperatura y humedad para que se desarrollen  
357 hongos y plagas de insectos. La densidad de siembra recomendada para el maíz  
358 es de siete plantas por metro lineal. (INIFAP, 2012).

359

#### 360 **1.2.4.2. Control cultural**

361

362 Se identifica como cultural porque consiste en la disciplina de organizar y planificar  
363 los tiempos de cultivo apoyándose con información técnica del mismo. Todo lo  
364 anterior con la finalidad de que el ambiente sea lo menos favorable para el  
365 desarrollo de *S. frugiperda*. Ejemplo de estas prácticas son la rotación del cultivo,  
366 que consiste en diversificar el uso de suelo y no sembrar solamente maíz,  
367 sembrando en su lugar plantas de la familia Fabaceae como haba, garbanzo o  
368 lenteja, que permitan fijar nitrógeno al suelo; por otra parte la eliminación de  
369 hospederos silvestres y de las plantas voluntarias del maíz para evitar condiciones  
370 que permitan la reproducción de la plaga, es común que mientras crece el cultivo  
371 se descuide la maleza que crece alrededor atrayendo al insecto, por lo que es  
372 importante retirarla, de igual manera, encargarse del correcto manejo de residuos,  
373 pues si quedan granos de maíz en el suelo, pueden germinar y atraen de nuevo a  
374 la plaga (Castélum-Luque, 2012).

375

#### 376 **1.2.4.3. Control físico y mecánico**

377

378 Trata de modificar las condiciones físicas como: la temperatura, ventilación  
379 incidencia solar, entre otros, del medio del cultivo para evitar que el insecto pueda  
380 sobrevivir. El método más común es la solarización la cual aprovecha la energía  
381 solar para aumentar la temperatura del suelo, así como el uso de agua caliente o  
382 el vapor para superar las temperaturas a las que sobrevive el insecto. Sin  
383 embargo, estas técnicas son más efectivas contra los coleópteros. En algunos

384 casos funciona colocar una mezcla de cal o ceniza de y arena en el cogollo de las  
385 plantas atacadas para desecar a la larva del gusano y matarlo (Jiménez-Martínez,  
386 2009).

387

388 En el caso del control mecánico, es común el uso de barreras como las mallas  
389 plásticas que impiden el paso de las polillas a la planta. También suele recurrirse a  
390 la técnica de eliminar la plaga manualmente, ya sea localizando las masas de  
391 huevos depositados en las hojas y aplastarlas o identificar las mazorcas infectadas  
392 y retirarlas manualmente. Cualquier operación manual debe llevar el residuo a un  
393 lugar alejado del cultivo para evitar que exista la posibilidad de reingreso. La  
394 desventaja de este método es que en áreas medianas o grandes requiere mayor  
395 esfuerzo, tiempo y mano de obra (CEDECO, 2004).

396

#### 397 **1.2.4.4. Control genético**

398

399 El método genético se basa en buscar aspectos heredables deseados en un  
400 individuo. En el caso del maíz se ha encontrado que algunas plantas en el cultivo  
401 muestran resistencia al ataque de *S. frugiperda*. El objetivo es encontrar las  
402 variedades del maíz con cualidades genéticas que puedan ser heredadas para  
403 obtener futuras generaciones con resistencia hacia la plaga. Las plantas con estas  
404 características son separadas para formar un banco de germoplasma (Vanegas-  
405 Angaritas *et al.*, 2007).

406

407 Estudiar todo el proceso de respuesta de las plantas a los herbívoros es complejo.

408 Lo que se ha observado es que existen genes que se activan frente al ataque de  
409 los herbívoros y están fuertemente correlacionados con factores aleloquímicos o  
410 biofísicos, que se manifiestan en forma de interacciones incompatibles entre la  
411 planta y un organismo hospedero. Existen tres conceptos que clasifican el  
412 mecanismo de defensa de la planta, que son: tolerancia, antibiosis y antixenosis.

413 La antibiosis es todos los efectos que causa la planta en el ciclo biológico del

414 insecto que la ataca, como puede ser la supervivencia, desarrollo o incluso  
415 fecundidad. También son características físicas de la planta como puede ser la  
416 dureza de las hojas, tricomas glandulares o en forma de gancho en tallos y hojas  
417 evita que la plaga se disperse. En el caso de la antixenosis es cuando el insecto  
418 presenta no preferencia por una planta no resistente. Los factores biofísicos o  
419 aleloquímicos afectan negativamente el comportamiento del artrópodo,  
420 ocasionando la aceptación tardía o el rechazo de la planta como huésped. Es  
421 importante confirmar experimentalmente que el insecto bajo ninguna condición va  
422 a buscar hospedar esta planta, pues si se libera el genotipo en hectáreas grandes,  
423 se vuelve vulnerable a ser atacado. Un caso típico de antixenosis es cuando las  
424 hojas de la planta presentan condiciones adversas para la ovoposición.  
425 Finalmente, está el mecanismo de tolerancia, el cual se manifiesta como  
426 respuestas fisiológicas de la planta por ejemplo, la pronta recuperación del daño  
427 hecho en las partes de la planta o la resistencia al ataque. Se diferencia de la  
428 antibiosis y la antixenosis en que estas últimas afectan directamente al insecto  
429 mientras que en la tolerancia la planta solamente es resistente físicamente al  
430 ataque sin afectar al huésped (Badii y Garza-Almanza, 2007).

431

432 Una planta resistente puede tener al mismo tiempo los tres tipos de resistencia.  
433 Los factores genéticos que condicionan la antixenosis, antibiosis y tolerancia  
434 pueden ser independientes o acumulativos. Lo anterior significa que existe la  
435 posibilidad de acumular factores de resistencia en una planta para combatir una  
436 plaga (Bustamante, 2001).

437

438 La metodología para poder lograr el control genético consiste en:

439

440 1. En el momento de mayor incidencia de las larvas, observar que plantas  
441 muestran una mayor resistencia.

442

443 2. Localizadas las plantas, conservar las semillas con potencial de reproducir el  
444 genotipo deseado por medio de una línea pura.

445

446 3. En los siguientes cultivos, comenzar a controlar el mecanismo de floración y  
447 polinización, observando si se logra reproducir la resistencia a la plaga.

448

449 4. Repetir el procedimiento cíclicamente para poder mejorar la heredabilidad en  
450 cada cultivo (Vallejo, 2002).

451

452 En este tipo de control es de gran importancia conocer qué factores genéticos  
453 controlan la herencia, saber si se trata de un solo gen (resistencia vertical) o si es  
454 el caso de muchos genes menores (resistencia horizontal), este último caso es  
455 más difícil su obtención y por tanto reproducción (Castro-Nava *et al.*, 2013).

456

#### 457 **1.2.4.5. Control químico.**

458

459 Este tipo de control consiste en el uso de plaguicidas químicos sintéticos en el  
460 cultivo para controlar la población de insectos que son plaga. Se recurre al control  
461 químico cuando ya se han utilizado otros métodos que no han sido exitosos. Los  
462 productos de este tipo más utilizados son insecticidas, repelentes y atrayentes  
463 (INIFAP, 2017).

464

465 Los plaguicidas según su mecanismo se clasifican en: de contacto, que son  
466 aquellos que se aplican superficialmente en las hojas de la planta, pero no la  
467 penetran; los sistémicos, los cuales se aplican en las hojas que a su vez absorben  
468 internamente en toda la planta y atacan al insecto al momento en que este ingiere  
469 las hojas o las raíces y productos fumigantes, que se nebulizan para aplicarse en  
470 forma de gas, generalmente este tipo se usa en los viveros, entre otros (Jiménez-  
471 Martínez, 2009).

472

473 En la siguiente tabla se resumen los diferentes tipos de insecticidas y su modo de  
474 acción (Badii y Garza-Almanza, 2007).

475

476 Tabla 2 Clasificación de Insecticidas.

477 Tomado de Badii y Garza-Almanza (2007).

478

Insecticidas	Modo de acción
Organoclorados	Altera la transmisión del impulso nervioso debido a un cambio en la permeabilidad de la membrana nerviosa a los iones de sodio y potasio
Organofosforados	inhibición de la enzima acetilcolinesterasa (ACE)
Carbamatos	inhibición de la enzima acetilcolinesterasa (ACE)
Piretroides	Estimulan inicialmente las células nerviosas produciendo repetidas descargas y eventuales casos de parálisis
Neonicotinoides	Agonista/antagonista del receptor de Acetilcolina de tipo nicotínico

479

480 En el caso de *S. frugiperda*, generalmente se usan plaguicidas de los grupos  
481 piretroides y carbamatos.

482

483 El uso de este método a pesar de ser muy efectivo tiene desventajas como es la  
484 contaminación ambiental, ya que los productos pueden persistir por un periodo  
485 largo de tiempo; la resistencia de la plaga al insecticida con el tiempo; actividad  
486 insecticida con los polinizadores y enemigos naturales de la plaga objetivo lo que  
487 permite la resurgencia (Ureta *et al.*, 2014). Por lo anterior, es importante que antes  
488 de aplicar un plaguicida químico sintético deben de considerarse los siguientes  
489 criterios: propiedades químicas del producto, actividad biológica sobre la especie  
490 de plaga objeto de control, toxicidad a humanos y animales domésticos, efectos  
491 sobre los organismos no objeto de control, como es el caso de cultivos, enemigos

492 naturales, polinizadores y animales silvestres, persistencia ambiental en el aire,  
493 agua, suelo y alimentos (INIFAP, 2017).

494

#### 495 **1.2.4.6. Control biológico**

496

497 Se basa en la liberación y conservación de los depredadores, parasitoides y  
498 parásitos de la plaga en el área de cultivo.

499

500 En el caso de los depredadores, la mayoría de estos organismos consumen los  
501 huevos y las larvas de *S. frugiperda*, los más comunes son la catarinita *Cycloneda*  
502 *sanguinea*, la crisopa verde *Chrysoperla* sp. y la catarinita rosada *Coleomegilla*  
503 *maculata*. Una manera de manejar la reproducción de insectos benéficos es por  
504 inundación, un método que consiste en reproducirlos de manera masiva a nivel  
505 laboratorio y liberarlos periódicamente o también existe la inoculación que es  
506 cuando liberan una cantidad limitada con la esperanza de que se reproduzcan y  
507 establezcan en el área de manera natural. En Sonora, por ejemplo se han  
508 reproducido por inoculación e inundación *Chrysoperla* spp. y *Trichogramma*  
509 *pretiosum*. Otra forma de atraer a los enemigos naturales es sembrar plantas  
510 hospederas cerca del cultivo como pueden ser girasol, cilantro, manzanilla y  
511 canola entre otros (INIFAP, 2012).

512

513 Respecto a los parasitoides, son organismos que ovodepositan dentro de *S.*  
514 *frugiperda*, al momento de desarrollarse el huevo, la larva comienza a alimentarse  
515 del tejido o nutrientes del hospedero hasta matarlo. En otros casos, el parasitoide  
516 deposita los huevos sobre la larva de *S. frugiperda*. Los organismos destacados  
517 de este tipo son *Chelonus* sp., *Meteorus* sp., *Cotesia* sp. y *Euplectrus* sp.  
518 (Bahena-Juárez, 2003).

519

520 Otros agentes alternativos de control son bacterias tóxicas para *S. frugiperda*,  
521 como es el caso de *Bacillus thuringiensis* (Bt), bacteria ampliamente utilizada a

522 nivel comercial. Su principal característica es que contiene proteínas del tipo Cry,  
523  $\delta$ -endotoxinas caracterizadas por formar cristales que generan un desequilibrio  
524 osmótico en las células epiteliales. Las esporas de la bacteria son capaces de  
525 transportarse por la hemolinfa, logrando infectar a todo el organismo. Los insectos  
526 afectados presentan la pérdida de apetito, parálisis total y en muchos casos llegan  
527 a morir. Una gran ventaja de *B. thuringiensis* es que se ha demostrado ser tóxico  
528 para lepidópteros y a su vez no representa peligro para mamíferos u otros  
529 vertebrados (Ezeta-León *et al.*, 2018).

530

531 En cuanto a hongos entomopatógenos que han demostrado afectar a *S. frugiperda*  
532 estan *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* (González-Maldonado *et al.*,  
533 2015) que pueden infectar al insecto por medio de contacto, adhesión o por medio  
534 de su consumo por parte de las larvas, las esporas se hospedan en el insecto  
535 donde germinan y comienzan a liberar toxinas que le provocan la muerte,  
536 generalmente dejando un micelio en el exoesqueleto (Hegedus y Khachatourians,  
537 1995). La ventaja es que cuando el insecto muere, puede recolectarse y molerse  
538 para con el polvo hacer una dispersión acuosa de las esporas y esparcirla en las  
539 plantas que estén infectadas por *S. frugiperda* (FAO, 2018). Sin embargo, una  
540 desventaja es que su mecanismo es relativamente lento y puede llegar a tardar en  
541 atacar al huésped hasta 32 días (Ordoñez-García *et al.*, 2015).

542

#### 543 **1.2.4.7. Control botánico**

544

545 Debido al problema del uso excesivo de plaguicidas químicos sintéticos, surge la  
546 necesidad de buscar nuevas alternativas de productos que permitan manejar a las  
547 plagas. Una de las propuestas es aprovechar el conocimiento sobre las plantas  
548 con propiedades repelentes e insecticidas. Los agricultores han observado que  
549 existen plantas que no presentan daños de ciertas plagas. A partir de estas  
550 observaciones, se ha buscado estudiar a mayor profundidad los mecanismos de  
551 acción de las plantas, así como los compuestos químicos que le dan propiedades

552 de actividad herbicida, insecticida y fungicida de extractos, fracciones y  
553 compuestos puros y además algunos grupos estudian sus mecanismos de acción  
554 (Céspedes y Alarcón, 2011).

555

556 Los avances del manejo botánico se basan en estudiar la interacción planta-  
557 insecto desde un punto de vista agroquímico y biológico. Siendo los principios  
558 bioactivos de las plantas en contra del insecto objetivo los de mayor interés. Como  
559 resultado a estos estudios se han descubierto nuevos plaguicidas de origen  
560 botánicos que por lo general son biodegradables y amables con el medio, además  
561 de que presentan rangos selectivos de acción. La mayoría de estos productos son  
562 extractos y aceites esenciales (Isman, 2006).

563

564 En la investigación, se ha encontrado que plantas pertenecientes a diferentes  
565 familias botánicas tienen compuestos orgánicos llamados metabolitos  
566 secundarios, de los cuales algunos causan efectos en los insectos como puede  
567 ser la inhibición de crecimiento, cambio en el comportamiento reproductivo,  
568 infertilidad e inclusive la muerte. Entre estas moléculas se encuentran saponinas,  
569 taninos, alcaloides, terpenos, entre otros (Nava-Pérez *et al.*, 2012).

570

#### 571 **1.2.4.8. Manejo Integrado de Plagas**

572

573 Para combatir a *S. frugiperda*, surge como la alternativa más prometedora el  
574 manejo integrado de plagas (MIP), el cual consiste en un sistema que integra  
575 varias técnicas empleadas de forma individual para controlar a las diversas plagas  
576 y enfermedades, se pueden mencionar los métodos culturales, físicos y químicos  
577 que mantienen a las plagas por debajo de los umbrales económicos de daño y sin  
578 que rompa con el equilibrio ecológico, permitiendo un mejor rendimiento de los  
579 cultivos. En general el MIP no erradica por completo a la plaga, pero la mantiene a  
580 un nivel que asegura las condiciones favorables económicas, ecológicas y  
581 sociológicas (Ehi-Eromosele *et al.*, 2013).

### 582 1.3. Aceites Esenciales

583

584 Los aceites esenciales son una mezcla de compuestos volátiles y lipofílicos  
585 provenientes de las células o glándulas de las plantas. Un aceite esencial puede  
586 contener de 50 a 300 compuestos químicos, de los cuales solo 2 o 3 tienen  
587 concentraciones altas y el resto son trazas, predominando el contenido  
588 compuestos terpénicos principalmente mono y sesquiterpenos, el resto son  
589 compuestos aromáticos y alifáticos de bajo peso molecular (Tabla 3). La mezcla  
590 de estos compuestos se acumula en diferentes partes de la planta, por lo que se  
591 pueden encontrar en distintas concentraciones en sus diferentes estructuras:  
592 hojas, semillas, cascará, raíz o pétalos (Butnariu y Sarac, 2018).

593

594 Los terpenos que comúnmente están presentes en diversas plantas son  $\alpha$ -pineno,  
595  $\beta$ -pineno, carvacrol, limoneno, 1,8-cineol y timol (Usano-Alemaný *et al.*, 2014)

596

597

598

599

600

601

602

603

604

605

606

607

608

609

Tabla 3 Compuestos mayoritarios de aceites esenciales (Burt, 2004)

Nombre común de AE	Nombre científico	Componente mayoritario	% Aproximado de composición
Cilantro (hojas inmaduras)	<i>Corandium sativum</i>	Linalool e-2-decanal	26% 20%
Cilantro (semillas)	<i>Corandium sativum</i>	Linalool	70%
Canela	<i>Cinammomum zelaydicum</i>	Trans-cinnamaldehido	65%
Orégano	<i>Origanum vulgare</i>	Carvacrol Timol $\gamma$ -Terpineno <i>p</i> -Cimeno	Traza-80% Traza-64% 2-52% Traza-52%
Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i>	$\alpha$ -pineno Acetato de bornilo Alcanfor 1,8- cineol	2-25% 0-17% 2-14% 3-89%
Salvia	<i>Salvia officinalis</i>	Alcanfor $\alpha$ -pineno $\beta$ -pineno 1,8- cineol $\alpha$ -tuyona	6-15% 4-5% 2-10% 6-14% 20-42%
Clavo (brote)	<i>Syzygium aromaticum</i>	Eugenol Acetato de eugenilo	75-85% 8-15%
Tomillo	<i>Thymus vulgaris</i>	Timol Carvacrol $\gamma$ -Terpineno <i>p</i> -Cimeno	10-64% 2-11% 2-31% 10-56%

### 611 **1.3.1. Métodos de obtención**

612

613 Para obtener los aceites esenciales, existen diferentes métodos de extracción.  
614 Aunque, de igual manera, la composición varía respecto al método utilizado  
615 (Peredo *et al.* 2009). Siendo el más utilizado el método por arrastre de vapor, el  
616 cual se basa en el principio de la vaporización selectiva. Se inyecta vapor  
617 directamente en la superficie del material seco y triturado del que se desea  
618 obtener los componentes volátiles. Como resultado se obtienen dos fases  
619 inmiscibles, una acuosa y otra orgánica. Siendo la última de donde se obtiene el  
620 aceite esencial. La desventaja de este método es que demanda periodos de  
621 tiempo largos y la cantidad de aceite extraído por cantidad de material es muy baja  
622 comparada con otros métodos (Peredo *et al.* 2009).

623

624 Otro método utilizado es la extracción con disolventes, el cual consiste en poner la  
625 muestra del material seco en contacto con un disolvente orgánico, generalmente  
626 cloroformo, hexano o metanol. Dicho disolvente extrae los compuestos de la  
627 muestra que tienen afinidad, obteniendo una oleorresina de la cual posteriormente  
628 se evapora el disolvente para recuperar el aceite esencial (Rodríguez-Álvarez *et*  
629 *al.*, 2012).

630

631 Una alternativa viable por su rendimiento es la extracción por fluidos supercríticos  
632 Utiliza fluidos arriba de su presión y temperatura crítica, generalmente dióxido de  
633 carbono. Al igual que el arrastre por vapor, aprovecha la selectividad del fluido a  
634 estas condiciones. Posteriormente el gas es despresurizado para tenerlo a  
635 condiciones de temperatura y presión ambientales y así obtener el aceite esencial.  
636 La desventaja de este método es que a pesar de obtener mayor cantidad de aceite  
637 esencial en menos tiempo, es el uso energético que demandan los compresores  
638 (Rodríguez-Álvarez *et al.*, 2012).

639

640

641 **1.3.2. Usos de los aceites esenciales en las diferentes industrias**

642

643 Se conoce que los aceites esenciales tienen propiedades antimicrobianas, y  
644 antiinflamatorias (Bakkali *et al.*, 2008). Debido a estas propiedades, se han  
645 explorado en la industria sus usos potenciales. Un ejemplo de esto es la industria  
646 alimentaria, que busca sustituir aditivos antimicrobianos sintéticos como los  
647 parabenos o nitritos, por aquellos que sean de origen natural (Guimaraes *et al.*,  
648 2019).

649

650 En el caso de la industria farmacéutica el interés radica en que se ha demostrado  
651 que combaten a las bacterias Gram positivas. Por otra parte, se han explorado sus  
652 propiedades anticancerígenas, antioxidantes y antiinflamatorias. Ejemplo de esto  
653 son los aceites provenientes de *Geranium* sp., *Origanum* sp. (Sachin *et al.*, 2015).

654

655 **1.3.3. Aceites esenciales contra insectos plaga**

656

657 Los aceites esenciales obtenidos de especies de las familias Lamiaceae,  
658 Asteraceae, Myrtaceae y Rutaceae, han mostrado tener actividad insecticida  
659 contra insectos del orden Lepidoptera, Coleoptera, Diptera y Hemiptera. Éstos  
660 entran al insecto por medio de ingestión o por contacto con el tegumento (Tripathi  
661 *et al.*, 2009).

662

663 El mecanismo de acción de los aceites esenciales es a nivel neurotóxico,  
664 afectando el sistema octopaminérgico. Los compuestos lipofílicos actúan como  
665 toxinas, sin embargo, la toxicidad depende de la composición total del aceite  
666 esencial (Koul *et al.*, 2008).

667

668

669

670

671 **1.3.3.1 Aceites esenciales contra insectos plaga del orden Lepidoptera**

672

673 Existen aceites esenciales que han mostrado actividad insecticida contra  
674 lepidópteros, entre ellos se encuentran *Thymus capitatus* y *Salvia rosmarinus*  
675 (Lamiaceae) que han demostrado tener actividad contra *Ectomyelois ceratoniae*  
676 (Lepidoptera: Pyralidae). Estos aceites esenciales en su composición contenían  
677 mayoritariamente 1,8-cineol, alcanfor;  $\alpha$ -pineno y  $\beta$ -mirceno (Amri *et al.*, 2014). Por  
678 otra parte, el aceite esencial de *Tanacetum balsamita* (Asteraceae) ha sido  
679 probado contra *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Arctiinae) donde su actividad  
680 insecticida es atribuida al contenido de carvona,  $\beta$ -tujona y 1,8-cineol (Gokturk *et*  
681 *al.*, 2017).

682

683 **1.4. *Eupatorium glabratum***

684

685 **Taxonomía**

686

687 **Dominio:** Eukarya

688 **Reino:** Plantae

689 **Phylum o división:** Tracheophyta

690 **Clase:** Equisetopsida

691 **Orden:** Asterales

692 **Familia:** Asteraceae

693 **Género:** *Eupatorium*

694 **Especie:** *E. glabratum*

695



Figura 2 *Eupatorium glabratum*

696

697

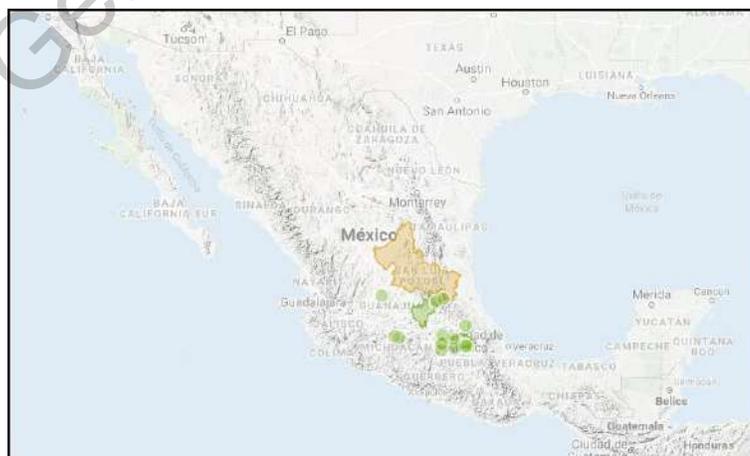
698

699 Esta planta crece en forma de arbusto silvestre con una altura de 1.5 metros,  
700 pudiendo alcanzar los 2 metros de altura en buenas condiciones de humedad. Es  
701 un arbusto erecto, ramoso, de tallos estriados, hojosos hasta la inflorescencia y  
702 hojas romboideo-oblongadas con distribución opuesta, de flores blanquecinas-  
703 rosadas en capítulos numerosos (Tropicos, 2019).

704

705 Está distribuida principalmente en Michoacán, pero también se han reportado su  
706 presencia en zonas centro del país.

707



708

709

Figura 3 Distribución de *E. glabratum*.

#### 710 **1.4.1. Composición química del aceite esencial de *Eupatorium glabratum***

711

712 En cuanto a su composición, se ha encontrado que el aceite esencial de *E.*  
713 *glabratum* principalmente contiene flavonas. En un estudio realizado por Pimienta-  
714 Ramírez et al. (2015) se determinó que el aceite esencial proveniente de las hojas  
715 contiene gran parte de derivados de timol y terpenoides fenólicos entre los cuales  
716 sobresale  $\alpha$ -pineno  $\alpha$ -felandreno y  $\beta$ -mirceno. Este aceite esencial se ha probado  
717 como insecticida contra *Sitophilus zeamays* (Coleoptera: Curculionidae),  
718 reportándose una  $CL_{50}$  de  $18 \mu\text{L mL}^{-1}$ .

719

720 Por otra parte, se ha estudiado el efecto analgésico del extracto con diclorometano  
721 de *E. glabratum* en ratas, siendo  $100 \text{ mg Kg}^{-1}$  la dosis que mostró este efecto.  
722 Respecto a la composición se encontró que este extracto contiene  
723 mayoritariamente moléculas derivadas del timol (García et al., 2011).

724

725 Adicionalmente de *E. glabratum*, se han estudiado otros aceites esenciales  
726 provenientes de este género. Tal es el caso de *Eupatorium africanum* el cual  
727 presentó efecto antibacterial contra *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas*  
728 *aeruginosa* a una concentración inhibitoria mínima de  $125 \mu\text{g mL}^{-1}$ . En el análisis  
729 de su composición se encontró como compuesto mayoritario  $\beta$ -eudesmol (Babady-  
730 Bila et al., 2017).

731

732 Otra especie conocida es *Eupatorium serotinum* cuyo aceite esencial ha mostrado  
733 actividad antifúngica contra *Cryptococcus neoformans* a una concentración  
734 inhibitoria mínima de  $78 \mu\text{g mL}^{-1}$ , analizando la composición, la ciclocolorenona  
735 junto con D-Germacreno fueron los compuestos más abundantes (Lawson et al.,  
736 2020).

737

738 A pesar de pertenecer del mismo género, existen variaciones en la composición  
739 de los aceites esenciales de estas plantas, la presencia de  $\alpha$ -pineno y  $\beta$ -cariofileno

740 puede variar desde trazas hasta concentraciones mayores al 20%. Esto es debido  
741 a los factores de estrés, tipo de suelo y la región geográfica (Lancelle *et al.* 2009).

742

### 743 **1.5. *Hyptis albida***

744

#### 745 **Taxonomía**

746

747 **Dominio:** Eucarya

748 **Reino:** Plantae

749 **Phylum o división:** Tracheophyta

750 **Clase:** Equisetopsida

751 **Orden:** Lamiales

752 **Familia:** Lamiaceae

753 **Género:** *Hyptis*

754 **Especie:** *H. albida*

755



756  
757 **Figura 4 *Hyptis albida***

758

759 *Hyptis albida* es un arbusto de 1.5-4 m de altura con pubescencia fina, ramas  
760 glabras; hojas lanceoladas-oblongas a oblongo-ovadas, agudas y aserradas de  
761 color gris pálido, densamente lanadas; inflorescencia globosa, en cimas, flores con

762 corola azul bilabiada; frutos secos e indehiscentes de color café pálido y forma  
763 oblonga. Florece de marzo a mayo.

764

765 Está distribuida en gran parte de la república, principalmente en la zona centro y la  
766 costa oeste.

767



Figura 5 Distribución de *H. albida*

768

769

770

### 771 1.5.1 Composición química del aceite esencial de *Hyptis albida*

772

773 Respecto a la composición química del aceite esencial de *H. albida*, no se tienen  
774 reportes, sin embargo, del genero *Hyptis* se ha estudiado el aceite esencial de la  
775 especie *H. suaveolens* que mayoritariamente contiene sabineno y  $\beta$ -cariofileno  
776 (Conti *et al.*, 2011). En este estudio, se realizaron aplicaciones tópicas contra  
777 *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Dryophthoridae) donde se obtuvo una  $DL_{50}$  de  
778  $0.251 \mu L \text{ insecto}^{-1}$ . Por otra parte *H. suaveolens* se usó contra *Anopheles gambiae*  
779 (Diptera: Culicidae) presentando actividad insecticida contra las larvas de este  
780 insecto, reportándose  $CL_{50}$  de 47.91 ppm para 1 hora de exposición y 19.22 ppm  
781 para 24 horas de exposición (Oumarou *et al.* 2018).

782 **2. OBJETIVOS**

783

784 **2.1. General.**

785

786 Evaluar la actividad insecticida e insectistática de los aceites esenciales de  
787 *Eupatorium glabratum* e *Hyptis albida* contra *Spodoptera frugiperda*

788

789 **2.2. Específicos.**

790

791 Identificar los efectos insecticida e insectistático del aceite esencial de *Hyptis*  
792 *albida*

793

794 Determinar la actividad insecticida e insectistática del aceite esencial de  
795 *Eupatorium glabratum*

796

797 Identificar la composición del aceite esencial con la mayor actividad insecticida y/o  
798 insectistática.

799

800 **3. HIPÓTESIS**

801

802 Los aceites esenciales de *Hyptis albida* y *Eupatorium glabratum* contienen  
803 compuestos de tipo sesquiterpeno que le confieren propiedades insectistáticas y/o  
804 insecticidas contra *Spodoptera frugiperda*

805

806

807

808

809

810

811

812 **4. METODOLOGÍA**

813

814 **Crianza de *Spodoptera frugiperda***

815

816 Las larvas de *Spodoptera frugiperda* fueron alimentadas con dieta artificial de  
817 acuerdo a la metodología de Bergvinson y Kumar (1997)(Tabla 4) con las  
818 modificaciones hechas por Ramos-López et al. (2010).

819

820 Tabla 4 Ingredientes para preparar un kilo de dieta artificial de *S. frugiperda*

<b>Ingrediente</b>	<b>Cantidad</b>
Levadura	20 g
Maíz molido	120 g
Frijol molido	60 g
Formaldehído	2.5 ml
Sulfato de neomicina	0.6 g
Vitamina	2.5 g
Ácido ascórbico	1.7 g
m-p-hidroxibenzoato	1.7 g
Agar	10 g
Agua destilada	800 ml
Etanol	17 ml

821

822 Cada organismo en la fase larval fué colocado con un cubo de dieta en vasos de  
823 plástico marca PRIMO del número 0, revisando cada tercer día para asegurarse  
824 que la dieta sea suficiente. Las condiciones de temperatura se mantuvieron a 27  
825 °C ± 2 °C, humedad relativa de 70 % ± 5 %; e iluminación de 14:10 Luz / oscuridad  
826 por medio de una cámara climática y un temporizador. Vigilando los organismos  
827 hasta que lleguen a su estado pupal para transferirlos a un contenedor de 1 L.  
828 Colocando hasta máximo 35 pupas por contenedor.

829 Cuando los adultos emergieron de las pupas, se colocaron en bolsas de papel  
830 para poder favorecer su apareamiento y ovoposición en las paredes de la bolsa.  
831 Alimentándolos con una solución acuosa de glucosa al 5%.

832 Las masillas de huevos fueron recolectadas y colocadas en contenedores  
833 plásticos de medio litro. Una vez que eclosionaron, se traspasaron en grupos de  
834 25 individuos a vasos del número 0, esperando 10 días para después pasar dos  
835 larvas a vasos del número 0.

836

### 837 **Colecta de material vegetal.**

838

839 Se colectaron 10 kg de las partes aéreas (hoja, tallo y flor) de *E. glabratum*, *H.*  
840 *albida* en el municipio de Guadalcazar en la localidad de Las Comadres, San Luis  
841 Potosí. El material vegetal fue cortado en piezas de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup>. La  
842 materia vegetal se mandó a autenticar con el taxónomo José García Pérez,  
843 curador del herbario Isidro Palacios de la UASLP

844

### 845 **Obtención de los aceites esenciales**

846

847 Las muestras vegetales recolectadas fueron llevadas al laboratorio de compuestos  
848 naturales e insecticidas de la Universidad Autónoma de Querétaro. Los aceites  
849 esenciales fueron obtenidos por el método de hidrodestilación. El procedimiento  
850 consistió en colocar 300 g de material vegetal limpio y cortado en trozos  
851 pequeños, rompiendo las cutículas de las glándulas de la planta para facilitar la  
852 liberación de los aceites esenciales y se utilizaron 1.5 L de agua destilada.

853 El agua floral obtenida se trató con éter etílico, separando la fase orgánica por  
854 destilación en un evaporador rotatorio a 18 °C, finalmente el aceite esencial  
855 resultante fue deshidratado con sulfato de sodio anhidro y el residuo de éter etílico  
856 se eliminó al vacío. Para almacenar el aceite, se protegió de la luz directa  
857 manteniéndolo a condiciones de 4 °C en frascos de color ámbar hermético hasta  
858 el momento de su uso (Zamora-Avella *et al.*, 2018)

859 **Bioensayo con los aceites esenciales de *Hyptis albida* y *Eupatorium***  
860 ***glabratum*.**

861

862 Con cada aceite esencial obtenido se realizaron bioensayos dirigidos que  
863 consistieron en seleccionar al azar 5 larvas del primer instar y se alimentaron con  
864 dieta con aceite esencial a diferentes concentraciones: 0.1, 1, 10, 100 y 1000  $\mu\text{g}$   
865  $\text{mL}^{-1}$ , haciendo 4 repeticiones. Con los resultados se realizó un análisis Probit para  
866 definir las concentraciones finales de trabajo. Adicionalmente se comparó con un  
867 control negativo (solo dieta) (Cárdenas-Ortega *et al.*, 2015)

868 Los parámetros a evaluar fueron: mortalidad larval y pupal, duración del periodo  
869 larval y pupal, peso pupal 24 horas después de la formación y la  $\text{CL}_{50}$  que es la  
870 concentración requerida para eliminar el 50% de los objetos de estudio. También  
871 se evaluaron los índices fiduciaros (valor mínimo y máximo donde se puede tener  
872 la misma respuesta de la concentración letal media). Al final por medio de la  
873 comparación de la  $\text{CL}_{50}$  se definió cuál es el aceite que tiene mayor efecto en *S.*  
874 *frugiperda* (Zamora-Avella *et al.*, 2018).

875

876 **Identificación de los componentes mayoritarios de los aceites esenciales de**  
877 ***Eupatorium glabratum*, *Hyptis albida***

878

879 Una vez identificado el aceite con mayor actividad se analizó con un cromatógrafo  
880 de gases GC 6890N de Agilent Technologies (Santa Clara, CA, U.S.A.), equipado  
881 con una columna capilar HP-5MS (30 m de longitud, 25 mm de diámetro interno,  
882 0,25  $\mu\text{m}$  de espesor de película) acoplado a un detector selectivo de masas  
883 Agilent EM 5973.

884

885 Se diluyeron 20  $\mu\text{L}$  de aceite esencial en 1 mL de acetona, tomando alícuotas de 2  
886  $\mu\text{L}$  e introduciéndolas en el puerto de inyección a 250 °C, usando helio como gas  
887 portador, con un flujo de 1  $\text{mL min}^{-1}$ ; La relación de división (Split) fue de 2: 1. La  
888 temperatura de la columna comenzó a 50 °C (durante 3 min) y aumentó

889 gradualmente con intervalos de 3 °C / min hasta 240 °C; llegando a esta  
890 temperatura se mantuvo por 2 min. Realizando el procedimiento por triplicado.

891 Los espectros fueron colectados a 71 eV de voltaje de ionización y el rango de  
892 masas analizadas fue de 15 a 600 uma. Con apoyo de los índices de retención, se  
893 los componentes fueron indentificados por comparación con los compuestos  
894 autenticados del índice de Kovats, sobre n-alcános C6-C26 con la biblioteca  
895 Wiley 09 / NIST11

896 El método consistió en correr una muestra pura de alcanos conocida y medir el  
897 índice de retención para cada una de ellos, para obtener los registros. La corrida  
898 de los n-alcános se realizó a las mismas condiciones a las que se sometió a la  
899 muestra y en el mismo equipo (Cárdenas-Ortega *et al.*, 2015)

900

901 El índice de Kovats se determina media la siguiente ecuación:

902

903

$$IK = (100 \times n) + (100 \times Z) \left[ \frac{Tr(\text{desconocido}) - Tr(n)}{Tr(N) - Tr(n)} \right]$$

904

905 Dónde:

906 IK= índice de Kovats

907 n= número de átomos de carbono más pequeño

908 N= número de átomos de carbono más grande

909 Z= Diferencia del número de átomos de carbono entre el alcano más pequeño y el  
910 más grande

911 Tr= tiempo de retención

912

913 Una vez obtenidos los índices de Kovats de cada componente de la muestra de  
914 aceite esencial, se compararon contra los tiempos de retención obtenidos  
915 experimentalmente. Si la diferencia obtenida se encontraba en un rango de ± 25  
916 min, el componente está autenticado.

917 **Análisis estadístico**

918

919 Los datos obtenidos fueron analizados con pruebas no paramétricas para  
920 determinar la normalidad y la homocedasticidad de los datos, posteriormente se  
921 realizó un análisis de varianza de una vía y una prueba de ajuste de medias de  
922 Tukey con un nivel de significación de 0.05 con el paquete estadístico de Minitab  
923 versión 16.

924

Dirección General de Bibliotecas UAG

## 925 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

926

### 927 5.1. Actividad insecticida e insectistática de *Hyptis albida*

928

929 Las tablas 5 y 6 muestran los registros de la actividad insecticida e insectistática  
930 de *H. albida*. En el caso de la actividad insecticida, se obtuvo una mortalidad  
931 acumulada de 100% a una concentración de 800 ppm, siendo el único tratamiento  
932 con diferencia estadísticamente significativa respecto al control. Por otra parte, en  
933 la actividad insectistática, no hubo diferencia estadísticamente significativa entre  
934 tratamientos, siendo la excepción el caso del peso pupal, en donde a 40 ppm se  
935 registró un aumento de 10%, lo cual podría indicar que a bajas concentraciones, el  
936 aceite tiene un efecto fagoestimulante. Cárdenas-Ortega *et al.* (2015) evaluaron el  
937 aceite esencial de *Salvia ballotiflora* (Lamiaceae), una planta perteneciente a la  
938 misma familia botánica que *H. albida*, observando mortalidad larval de 80 % para  
939 larvas de *S. frugiperda* a 80 ppm; mientras que en el presente estudio la actividad  
940 obtenida con *H. albida*, se alcanzó 30 % de mortalidad larval a 120 ppm, es decir  
941 una mortalidad menor a una concentración mayor. Por otra parte, en el estudio  
942 Zamora-Avella *et al.* (2018) se reportó la actividad insecticida del aceite esencial  
943 de *Salvia connivens* (Lamiaceae) contra *S. frugiperda*, obteniendo 45% de  
944 mortalidad larval y 60% de mortalidad acumulada a una concentración de 1000  
945 ppm. Comparando los resultados de este trabajo, se obtuvo mayor actividad con el  
946 aceite esencial de *H. albida*, obteniendo una mortalidad larval y acumulada de 100  
947 % a una concentración de 800 ppm. Knaak *et al.* (2013) evaluaron el aceite  
948 esencial de *Mentha* sp. (Lamiaceae) en larvas de primer instar de *S. frugiperda*,  
949 reportando una  $CL_{50}$  de  $2.09 \mu\text{L cm}^{-2}$ . Mientras que en el estudio de Macedo-Silva  
950 *et al.* (2017), estudiaron la actividad del aceite esencial de *Ocimum basilicum*  
951 (Lamiaceae) quimiotipado con linalool contra larvas del tercer instar de *S.*  
952 *frugiperda* obteniendo como resultado una  $DL_{50}$  de  $480 \mu\text{g}$  por individuo. Estos  
953 estudios demuestran que los aceites esenciales de algunas plantas de la familia

954 Lamiaceae han demostrado actividad insecticida contra larvas del gusano  
 955 cogollero del maíz. Lo cual concuerda con lo observado en el presente trabajo.  
 956 Por otra parte Tripathi y Upadhyay (2009) determinaron la actividad insecticida del  
 957 aceite esencial de *Hyptis suaveolens* (Lamiaceae), contra adultos de cuatro  
 958 especies de insectos plaga en granos almacenados, reportando las siguientes  
 959 DL<sub>50</sub>: 57 µg mg<sup>-1</sup> de peso *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae);  
 960 101 µg mg<sup>-1</sup> peso *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae), 126 µg mg<sup>-1</sup> de  
 961 peso *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) y 167 µg mg<sup>-1</sup> de peso  
 962 *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Lo anterior indica que los  
 963 aceites esenciales del género *Hyptis* presentan actividad insecticida, sin embargo  
 964 hasta el momento no se ha encontrado ningún reporte de *H. albida* con esta  
 965 actividad contra *Spodoptera frugiperda*. Por lo que este es el primer trabajo en  
 966 este sentido.

967

968 Tabla 5 Actividad insecticida del aceite esencial de *Hyptis albida*

Tratamiento ppm	%Mortalidad larval	% Mortalidad pupal	%Mortalidad acumulada
1000	100 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 a	100 ± 11.5 a
800	100 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 a	100 ± 11.4 a
400	45.0 ± 9.93 b	20 ± 9.18 a	65 ± 11.2 b
120	30.0 ± 11.2 b	5 ± 8.19 a	35 ± 11.4 bc
40	25.0 ± 9.93 b	5 ± 5.0 a	30 ± 10.5 c
0	15.0 ± 9.93 b	5 ± 5.0 a	20 ± 11.4 c
<b>CL<sub>50</sub> 228.70 (147.66 - 323.16)</b>			

Los valores son el promedio de 20 repeticiones ± error estándar. Tratamientos designados con letras diferentes indican diferencia significativa. Tukey P > 0.05

969

970

971

972

973

974

Tabla 6 Actividad insectistática del aceite esencial de *Hyptis albida*

Tratamiento ppm	Duración larval (d)	Duración pupal (d)	Peso pupa (mg)
400	22.33± 1.24 a	9.9 ± 0.48 a	210.73 ± 5.34 b
120	22.75 ± 0.97 a	9.67 ± 0.53 a	245.67 ± 5.44 ab
40	24.09 ± 1.02 a	9.43 ± 0.57 a	256.90 ± 11.10 a
0	25.46 ± 0.65 a	9.09 ± 0.51 a	233.14 ± 8.71 ab

Los valores son el promedio de 20 repeticiones ± error estándar. Tratamientos designados con letras diferentes indican diferencia significativa. Tukey P > 0.05

975

976

## 5.2. Actividad insecticida e insectistática de *Eupatorium glabratum*

977

978

En las tablas 7 y 8 se muestran los resultados de la actividad insecticida e insectistática del aceite esencial de *E. glabratum*. La mayor mortalidad se obtuvo a la concentración de 1000 ppm siendo 45 % para larval y 55 % acumulada.

980

Mientras que para la actividad insectistática no existió diferencia significativa entre tratamientos. Knaak *et al.* (2013) realizaron experimentos con el aceite esencial de

981

*Artemisia absinthium* (Asteraceae) en larvas de primer instar de *S. frugiperda*

982

encontrando una CL<sub>50</sub> de 2.09 µl cm<sup>-2</sup>. Mientras que Lima *et al.* (2010)

983

determinaron que al exponer de larvas de primer instar de *S. frugiperda* a

984

diferentes concentraciones del aceite esencial de *Ageratum conyzoides*

985

(Asteraceae) en hojas de maíz causaba una mortalidad de 70% con una

986

concentración de 0.5%. Por otro lado, Alva *et al.* (2012), demostraron la actividad

987

del aceite esencial de *Acanthospermum hispidum* (Asteraceae) contra *S.*

988

*frugiperda*, observando que a una concentración de 250 µg de aceite esencial por

989

g de dieta disminuyó la velocidad de crecimiento larval en 65.9 %, el consumo de

990

dieta se redujo 49.3 % y también la cantidad de huevos ovipositados por hembras

993 adultas fue 70 % menor respecto al control. Lo estudios mencionados, demuestran  
 994 que algunos aceites esenciales de especies de la familia Asteraceae tienen  
 995 actividad insecticida contra *S. frugiperda*.

996

997 Tabla 7 Actividad insecticida del aceite esencial de *Eupatorium glabratum*

Tratamiento ppm	% Mortalidad larval	%Mortalidad pupal	%Mortalidad acumulada
1000	45 ± 11.4 a	10 ± 5.0 a	55 ± 11.5 a
800	35 ± 10.9 ab	10 ± 6.88 a	45 ± 11.4 ab
400	25 ± 9.93 ab	15 ± 8.19 a	40 ± 11.2 ab
120	20 ± 9.18 ab	15 ± 8.19 a	35 ± 10.9 ab
40	10 ± 5.0 ab	5 ± 5.0 a	15 ± 6.88 ab
0	5 ± 5.0 b	5 ± 5.0 a	10 ± 6.88 b

**CL<sub>50</sub>** 888.31 (638.54 -1612.26)

Los valores son el promedio de 20 repeticiones ± error estándar. Tratamientos designados con letras diferentes indican diferencia significativa. Tukey P > 0.05

998

999 Tabla 8 Actividad insectistática del aceite esencial de *Eupatorium glabratum*

Tratamiento ppm	Duración larval (d)	Duración pupal (d)	Peso pupa (mg)
1000	27.25 ± 1.24 a	10.18 ± 1.06 a	187.25 ± 7.47 a
800	27.58 ± 1.37 a	12.60 ± 0.42 a	181.92 ± 8.01 a
400	25.13 ± 1.03 a	12.80 ± 0.61 a	181.40 ± 5.49 a
120	24.19 ± 1.12 a	12.07 ± 0.43 a	171.13 ± 9.11 a
40	25.43 ± 1.29 a	12.25 ± 0.37 a	188.71 ± 8.22 a
0	23.47 ± 0.83 a	11.89 ± 0.46 a	170.11 ± 6.06 a

Los valores son el promedio de 20 repeticiones ± error estándar. Tratamientos designados con letras diferentes indican diferencia significativa. Tukey P > 0.05

### 1000 **5.3. Analisis de la composición del aceite esencial de *Hyptis albida***

1001

1002 De los resultados obtenidos experimentalmente, se determinó que el aceite  
1003 esencial con mayor actividad insecticida e insectistática correspondió a *Hyptis*  
1004 *albida*. En la tabla 9 se muestran los componentes principales identificados en la  
1005 cromatografía de gases, siendo el más abundante  $\tau$ -cadinol (36.96 %) seguido de  
1006 3,8-dimetil-4-(1-metiletilideno)-2,4,6,7,8,8a-hexahidro-5(1h)-azulenona (14.33 %) y  
1007  $\gamma$ -cadineno (9.21 %).

1008

1009 Se ha reportado la composición del aceite esencial de las partes aéreas de  
1010 diferentes especies del género *Hyptis* encontrando  $\tau$ -cadinol en su composición,  
1011 tal es el caso de *Hyptis conferta* (inflorescencia) que contenía  $\tau$ -cadinol 49.4 %,  
1012 oxido de cariofileno 13 %, espatulenol 3.8 %,  $\gamma$ -cadineno 2.7 % y  $\alpha$ -cadinol 2.6 %.  
1013 Por otra parte, el aceite esencial de las hojas de *Hyptis suaveolens* presentaba E-  
1014 cariofileno 26.3 %, fenchona 10.8 %, limoneno 10.5 %,  $\alpha$ -felandreno 9.4 %,  
1015 germacreno D 6.7 %,  $\tau$ -cadinol 2.6 % y 1,8-cineol 1.3 %. *Hyptis brachiata* (hojas)  
1016 por su parte, se componía de  $\alpha$ -Humuleno 19.8 %, Germacreno D 13 %, E-  
1017 cariofileno 8.3 %,  $\alpha$ -cadinol 4.7 % y  $\tau$ -cadinol 2.3 %. Finalmente *Hyptis suaveolens*  
1018 (inflorescencia) contenía 1,8-cineol 15.2 %, germacreno D 14 %, E-cariofileno 8  
1019 %, Limoneno 2.5 %,  $\alpha$ -felandreno 0.4 %,  $\tau$ -cadinol 0.2 % (Tafurt-García et al.,  
1020 2014). Mientras tanto, Silva et al. (2013) reportaron la composición del aceite  
1021 esencial de *Hyptis villosa* donde la presencia de  $\tau$ -cadinol fue de 8.9 %, mientras  
1022 que los otros componentes principales fueron espatulenol (17.3%), kessano (9.1  
1023 %), biciclogermacreno (6.2 %),  $\alpha$ -cadinol (5.2 %) y  $\gamma$ -cadineno (4.9 %). Por otro  
1024 lado, Feitosa-Alcantara et al. (2017) analizaron la composición del aceite esencial  
1025 de las partes aéreas de *Hyptis pectinata*, obteniendo como componentes  
1026 mayoritarios  $\beta$ -cariofileno (17.66 %), oxido de cariofileno (11.52 %), espatulenol  
1027 (10.09 %),  $\gamma$ -muuroleno (5.66 %),  $\tau$ -cadinol (4.88%) y  $\alpha$ -cadinol (2.22%).  
1028 Adicionalmente en ese estudio, se reportó que el aceite esencial de *H. pectinata*

1029 presentaba actividad insecticida contra *Acromyrmex balzani* (Hymenoptera:  
 1030 Formicidae) y *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) obteniendo  
 1031 una DL<sub>50</sub> de 8.18  $\mu\text{g mg}^{-1}$  y 3.61  $\mu\text{g mg}^{-1}$  por contacto respectivamente. Los  
 1032 estudios mencionados muestran evidencia de la presencia de  $\tau$ -cadinol y otros  
 1033 compuestos terpénicos como  $\alpha$ -felandreno,  $\alpha$ -cadinol y E-cariofileno en diferentes  
 1034 partes aéreas de otras especies del género *Hyptis*. También se encontró que otras  
 1035 plantas de este género presentan actividad biológica contra otros insectos.

1036

1037 Tabla 9 Componentes principales del aceite esencial de *Hyptis albida*

Compuesto	Area %
Epicamfor	1.17%
$\beta$ -Cariofileno	1.90%
cis-Muurola-4(14),5-dieno	1.51%
Guaia-6,9-dieno	3.38%
$\gamma$ -cadineno	9.21%
epicubenol	9.00%
$\tau$ -cadinol	36.96%
$\alpha$ -cadinol	2.89%
3,8-dimetil-4-(1-metiletilideno)-2,4,6,7,8,8a-hexahidro-5(1h)- azulenona	14.33%
Isocalamendiol	3.17%

1038

1039

1040

1041 **6. Conclusiones**

1042

1043 El aceite esencial de *Hyptis albida* presentó actividad insecticida e insectistática  
1044 contra *Spodoptera frugiperda* a partir de 400 ppm.

1045

1046 El aceite esencial de *Eupatorium glabratum* solo presentó actividad insecticida a  
1047 1000 ppm pero no presentó actividad insectistática.

1048

1049 Se identificó por GC-MS la composición del aceite esencial de *Hyptis albida*, se  
1050 identificaron un total de 10 compuestos, siendo los mayoritarios:  $\tau$ -cadinol; 3,8-  
1051 dimetil-4-(1-metiletilideno)-2,4,6,7,8,8a-hexahidro-5(1h)-azulenona y  $\gamma$ -cadineno,  
1052 los cuales pertenecen al grupo de los sesquiterpenos.

1053

1054 **REFERENCIAS**

1055

1056 Alva M., Popich S., Borkosky S., Cartagena E. y Bardón A. 2012. Bioactivity of the  
1057 Essential Oil of an Argentine Collection of *Acanthospermum hispidum*  
1058 (Asteraceae). *Natural Product Communications*, 7 (2): 245-248.

1059 Amusan L. y Olelekan-Olawuyi S. 2018. The menace of the fall armyworm. *New*  
1060 *Zealand International Review*.43 (2): 20-23.

1061 Amri I., Hamrouni L., Hanana M., Jamoussi B. y Lebdi K. 2014. Essential oils as  
1062 biological alternatives to protect date palm (*Phoenix dactylifera* L.) against  
1063 *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Chilean Journal of*  
1064 *Agricultural Research*. 74(3): 273-279.

1065 Arreaga-González H. M, Pardo-Novoa J. C., del Río R. E., Rodríguez-García G.,  
1066 Torres-Valencia J. M., García-Rojas C., Joseph-Nathan P. y Gómez-Hurtado M.A.  
1067 2018. Methodology for the Absolute Configuration Determination of Epoxythymols  
1068 Using the Constituents of *Ageratina glabrata*. *Journal of Natural Products*. 81 (1):  
1069 63-71.

1070 Babady-Bila P., Tshilanda Dinangayi D., ShaTshibey Tshibangu D., Lengbiye E.,  
1071 Ngbolua J.P. y Mpiana Tshimankinda P. 2017. Chemical composition and in vitro  
1072 antibacterial activity of essential oil from *Eupatorium africanum* Oliv. & Hiern.  
1073 *American Journal of Essential Oils and Natural Products*. 5(3): 01-06.

1074 Badii M. y Garza-Almanza. 2007. Resistencia en Insectos, Plantas y  
1075 Microorganismos. *CULCyT*. Año 4, No. 18: 9-25.

1076 Bahena-Juárez F. 2003. Control Biológico de las plagas del maíz en México: El  
1077 caso del “gusano cogollero” *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)(Lepidoptera:  
1078 Noctuidae). *Impactos del libre comercio, plaguicidas y transgénicos en la*  
1079 *agricultura de América Latina*, pp. 241-255

1080 Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaoma M. 2018. Biological effects of  
1081 essential oils – A review, *Food and Chemical Toxicology*, 46: 446-475.

1082 Burt S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications  
1083 in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology* 94: 223 – 253.

1084 Bustamante, R.; Patiño, L. 2001. En búsqueda de un sistema de resistencia  
1085 estable en plantas cultivadas. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica). 60:3-14.

1086 Butnariu M., Sarac I. 2018. Essential Oils from plants. Journal of Biotechnology  
1087 and Biomedical Science, 1 (4): 35-43.

1088 Capinera J. L. 2000. Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Insecta:  
1089 Lepidoptera: Noctuidae). Institute of Food and Agricultural Sciences. 6 pp.

1090 Cárdenas-Ortega N.C., González-Chávez M.M., Figueroa-Brito R., Flores-Macías  
1091 A., Romo-Asunción D., Martínez-González D.E., Pérez-Moreno V. y Ramos-López  
1092 M.A. 2015. Composition of the Essential Oil of *Salvia ballotiflora* (Lamiaceae) and  
1093 Its Insecticidal Activity. Molecules. 20 (5): 8048–8059.

1094 Castélum Luque R., López-Meza M. y Godoy-Angulo T. 2012. Manejo y control de  
1095 plagas en maíz. VI Jornada del cultivo del maíz. Memoria de capacitación. pp. 25-  
1096 46.

1097 Castro-Nava S., Lopez-Santillan J. A., Pecina-Martínez J. A., Mendoza-Castillo M.  
1098 del C. y Reyes-Méndez C. A. 2013. Exploración de germoplasma nativo de maíz  
1099 en el centro y sur de Tamaulipas, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas  
1100 Vol.4 Núm.4: 645-653.

1101 Cedeco. 2004. La salud en la finca orgánica y su relación con la nutrición de las  
1102 plantas: Control y prevención de insectos y enfermedades. Serie Agricultura  
1103 Orgánica N°11. 59 pp.

1104 CESAPEG. 2019. Manual de plagas y enfermedades en maíz. [Consultada en  
1105 2019, 28, 05] Disponible en:  
1106 [[http://www.cesaveg.org.mx/html/folleto/folleto\\_11/folleto\\_maiz\\_11.pdf](http://www.cesaveg.org.mx/html/folleto/folleto_11/folleto_maiz_11.pdf)]

1107 Céspedes C. L. y Alarcón J. 2011. Biopesticidas de origen botánico, fitoquímicos y  
1108 extractos de Celastraceae, Rhamnaceae y Scrophulariaceae. Boletín  
1109 Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas 10 (3): 175 -  
1110 181.

1111 Chrustek A., Hołynska-Iwan I., Dziembowska I., Bogusiewicz J., Wróblewski M.,  
1112 Cwynar A. y Olszewska-Słonina D. 2018. Current Research on the Safety of  
1113 Pyrethroids Used as Insecticides. Medicina, 54 (4): 61.

1114 CIMMYT. 2016. El complejo del achaparramiento del maíz. [Consultada en 2019,  
1115 12, 06] Disponible en:  
1116 [https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/17843/58049.pdf?sequ  
1117 ence=1&isAllowed=y].

1118 Croplife latin america. 2017. Oruga militar o Gusano cogollero un problema para  
1119 los cultivos de maíz y sorgo. [Consultada en 2019, 15, 05] Disponible en:  
1120 [https://www.croplifela.org/es/component/content/article?id=238].

1121 De-Groote H., Kimenju S. C., Munyua B., Palmas S., Kassie M. y Bruce A. 2020.  
1122 Spread and Impact of fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) in maize  
1123 production áreas of Kenya. Agriculture, Ecosystems & Environment, 292 : 106804.

1124 Deras-Flores, H. 2011. El cultivo de maíz: Guía Técnica. Proyecto Red de  
1125 Innovación Técnica, 42p.

1126 Ehi-Eromosele C.O.,Nwinyi O.C. and Ajani O.O. 2013. Integrated Pest  
1127 Management. Weed and Pest Control, Chapter: Integrated Pest Management,  
1128 InTech Publisher, pp.105-115.

1129 Ezeta-León J. E., García-Brito O. E. y Gordillo-Manssu F. A. 2018. La Evaluación  
1130 del control biológico de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz: Control  
1131 biológico de *Spodoptera frugiperda*. Journal of Science and Research: Revista  
1132 Ciencia e Investigacion, 3(11): 18-23.

1133 FAO.1993. *El maíz en la nutrición humana*. FAO Alimentación y nutrición, No. 25.

1134 FAO. 2018. Integrated Management of the fall Armyworm on maize: A guide for  
1135 Farmer Field Schools in Africa. 139 pp.

1136 Feitosa-Alcantara R. B.,Bacci L., Blank A. F., Alves P. B., de A. Silva I. M., Soares  
1137 C. A., Sampaio T. S., de L. Nogueira P. C. y Arrigoni-Blank M. de F. 2017.  
1138 Essential Oils of *Hyptis pectinata* Chemotypes: Isolation, Binary Mixtures and  
1139 Acute Toxicity on Leaf-Cutting Ants. Molecules, 22: 621.

1140 FIRA. 2016. Panorama agroalimentario: Maiz 2016. [Consultada en 2019, 03, 25]  
1141 Disponible en:  
1142 [[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama\\_Agroalimenta  
rio\\_Ma\\_z\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama_Agroalimenta<br/>1143 rio_Ma_z_2016.pdf)].

- 1144 García-Gutierrez C., González-Maldonado M. B. y Cortez- Mondaca E. 2012. Uso  
1145 de enemigos naturales y biorracionales para el control de plagas de maíz. Ra  
1146 Ximhai, 8 (3): 57-70.
- 1147 García-Lara S. y Bergvinson D.J. 2007. Programa Integral Para Reducir Pérdidas  
1148 Poscosecha en Maíz. Agricultura Técnica en México, 33 (2): 181-189.
- 1149 García G., del Rio R. E., Guzman R., Martínez M. I., Scior. 2011. Estudios  
1150 preliminares sobre el efecto analgésico del extracto de hojas de *Ageratina glabrata*  
1151 en dos modelos térmicos de dolor agudo. Revista Mexicana de Ciencias  
1152 Farmacéuticas, 42 (1): 45-51.
- 1153 González-Maldonado M. B., Gurrola Reyes J. N. y Chaírez-Hernandez I. 2015.  
1154 Productos biológicos para el control de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:  
1155 Noctuidae). Revista Colombiana de Entomología 41 (2): 200-204.
- 1156 Hegedus D. D., Khachatourians G. G. 1995. The impact of biotechnology on  
1157 Hyphomycetous fungal insect biocontrol agents. Biotechnology Advances, 33 (3):  
1158 455-490.
- 1159 INIFAP. 2012. Manejo integrado de Gusano Cogollero Basado en el  
1160 Aprovechamiento de Enemigos Naturales en Maíz, en Sinaloa, México. Folleto  
1161 técnico. 26 pp.
- 1162 INIFAP. 2017. Recomendaciones para el control de gusano cogollero (*Spodoptera*  
1163 *frugiperda*) en el cultivo de maíz. Folleto técnico. Num. 97. 18 pp.
- 1164 Isman M. B. 2006. Botanical Insecticides, Deterrents, and Repellents in Modern  
1165 Agriculture and an Increasingly Regulated World. Annual Review of Entomology 51  
1166 (1): 45-66
- 1167 Jiménez-Martínez E. 2009 Método de control de plagas. Managua, Universidad  
1168 Agraria. 172 pp.
- 1169 Kaur M., Kumar R., Upendrabhai D. P., Singh I. P., y Kaur S. 2016. Impact of  
1170 sesquiterpenes from *Inula racemosa* (Asteraceae) on growth, development and  
1171 nutrition of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). Pest Management Science,  
1172 73(5): 1031–1038.

- 1173 Knaak N., L.F. Wiest S., Andreis T. F. y Fuiza L.M. 2013. Toxicity of essential oils  
1174 to the larvae of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of  
1175 Biopesticides, 6(1):49-53.
- 1176 Koul O., Walia S. y Dhaliwasl G. S. 2008. Essential Oils as Green Pesticides:  
1177 Potential and Constraints. Biopesticides International 4(1): 63–84.
- 1178 Kumar P. Singh R., Suby S. B., Kaur J., Sekhar J. C. y Soujanya P. L. 2018. An  
1179 overview of crop loss assessment in maize. Maize Journal, 7 (2): 56-63.
- 1180 Lancelle H. G., Giordano O. S., Sosa M. E. y Tonn C. E. 2009. Chemical  
1181 composition of four essential oils from *Eupatorium* spp. Biological activities toward  
1182 *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Revista de la Sociedad  
1183 Entomológica Argentina 68 (3-4): 329-338.
- 1184 Lawson S. K., Sharp L. G., Powers C. N., McFeeters R.L., Satyaland P., Setzer W.  
1185 N. 2020. Volatile Compositions and Antifungal Activities of Native American  
1186 Medicinal Plants: Focus on the Asteraceae. Plants 9, 126.
- 1187 León-García I., Rodríguez-Leyva E., Ortega-Arenas L. D. y Solís-Aguilar J. F.  
1188 2012. Susceptibilidad de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera:  
1189 Noctuidae) a insecticidas asociada a Césped en Quintana Roo, México.  
1190 Agrociencia, 46 (3): 279-287.
- 1191 Macedo-Silva S., Arantes-Rodrigues da Cunha J. P., Malfitano de Carvalho S.,  
1192 Souza-Zandonadi C. H., Castro-Martins R. y Chang R. 2017. Ocimum basilicum  
1193 essential oil combined with deltamethrin to improve the management of  
1194 *Spodoptera frugiperda*. Ciência e Agrotecnologia 41(6): 665-675.
- 1195 Massieu-Trigo, Y., Lechuga-Montenegro, J. 2002. El maíz en México:  
1196 biodiversidad y cambios en el consumo. Análisis Económico, vol. XVII. 36, pp.  
1197 281-303.
- 1198 Moazeni N., Khajeali J., Izadi H. y Mahdia K. 2013. Chemical Composition and  
1199 Bioactivity of *Thymus daenensis* Celak (Lamiaceae) essential oil against two  
1200 lepidopteran stored-product insects. Journal of Essential Oil Research, 26 (2): 118-  
1201 124.

- 1202 Murúa M. G. y Virla E. G. 2004. Presencia Invernal de *Spodoptera frugiperda*  
1203 (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el Área Maicera de la Provincia de Tucumán,  
1204 Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 105 (2): 46-52.
- 1205 Murúa G., Molina-Ochoa J. y Coviella C. 2006. Population dynamics of the fall  
1206 armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and its parasitoids in  
1207 northwestern Argentina. Florida Entomologist 89: 175-182.
- 1208 Nava-Pérez E., García-Gutiérrez C., Camacho-Báez J.R. y Vázquez-Montoya E.  
1209 L. 2012. Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. Ra Ximhai.  
1210 Vol. 8, Número 3. pp. 17-29.
- 1211 Ordoñez-García M., Rios-Velazco C., Berlaga-Reyes D. I., Acosta-Muñiz C. H.,  
1212 Salas-Marina M. A. y Cambero-Campos O. J. 2015. Reporte preliminar de  
1213 entomopatógenos del “gusano cogollero” *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:  
1214 noctuidae) en Chihuahua, México. Entomología Mexicana Vol. 2: 241-246.
- 1215 Ortega-Paczka, R. 2003. La diversidad del maíz en México. Sin maíz no hay país.  
1216 Culturas populares de Mexico. pp.123-154.
- 1217 Oumarou M. K., Younoussa L. y Nukenine E. N. 2018. Toxic effect of  
1218 *Chenopodium ambrosoides*, *Hyptis suaveolens* and *Lippia adoensis* leaf methanol  
1219 extracts and essential oils against fourth instar larvae of *Anopheles gambiae*  
1220 (Diptera: Culicidae). International Journal of Mosquito Research. 5(1): 61-66.
- 1221 Perada-Miranda R. 1990. Triterpenoids and flavonoids from *Hyptis albida*. Journal  
1222 of Natural Products, 53 (1): 182-185.
- 1223 Peredo-Luna H. A., Palou-García E. y López Malo A. 2009. Aceites Esenciales:  
1224 Métodos de Extracción. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos, 3 (1): 24-32.
- 1225 Pimienta-Ramírez L., García-Rodríguez Y. M., Ríos-Ramírez E.M., Lindig-Cisneros  
1226 R. y Espinosa-García F. J. 2015. Chemical composition and evaluation of the  
1227 essential oil from *Eupatorium glabratum* as biopesticide against *Sitophilus zeamais*  
1228 and several stored maize fungi. Journal of Essential Oil Research, 28(2):1-8.
- 1229 Popich S. B., Álvarez-Valdés D. y Bardón A. 2005. Toxicidad de terpenoides de  
1230 *Cyrtocymura cincta* (Asteraceae) sobre el ciclo de vida de *Spodoptera latifascia*  
1231 (Lepidoptera: Noctuidae). Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, 31: 179-185.

1232 Rodríguez-Álvarez, M., Alcaráz-Meléndez, L., Real-Cosío, S. 2012. Procedimiento  
1233 para la evaluación de aceites esenciales en plantas aromáticas. Edit. Centro de  
1234 Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C. La Paz, Baja California Sur. México.  
1235 38 p.

1236 Romo-Asunción D., Ávila-Calderón M. A., Ramos-López M. A., Barranco-Florido J.  
1237 E., Rodríguez-Navarro S., Romero-Gomez S., Aldeco-Pérez E. J., Pacheco-  
1238 Aguilar J. R., y Rico-Rodríguez M. A. 2016. Juvenomimetic and insecticidal  
1239 activities of *Senecio salignus* (Asteraceae) and *Salvia microphylla* (Lamiaceae) on  
1240 *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Florida Entomologist, 99 (3): 345-  
1241 351.

1242 Rouf-Shah, Kamlesh-Prasad y Pradyuman-Kumar. 2016. Maize A potential source  
1243 of human nutrition and health: A review. Cogent Food & Agriculture, (2): 1-9.

1244 Sachin A.J., Bahlerao P.P., Patil S.J. y Desai B.S. 2016. Essential oils beyond  
1245 aroma- a review. Current Horticulture 4 (2): 3-6.

1246 SAGARPA. 2017. *Maíz grano blanco y amarillo mexicano*. Planeación agrícola  
1247 nacional 2017-2030. 22 páginas.

1248 Sakr H. H. y Roshdy S. H. 2015. Effect of *Hyptis brevipes* (Lamiaceae) Methanol  
1249 Extract on *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae. Research Journal  
1250 of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 6 (6): 651-658.

1251 Sidhua G. K., Singha S., Kumarb V., Dhanjala D. S., Dattac S. y Singh J. 2019.  
1252 Toxicity, monitoring and biodegradation of organophosphate pesticides: A review.  
1253 Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 1547-6537.

1254 Silva R. F., Rezende C. M., Santana H. C. D., Vieira R. F. y Bizzo H. R. 2013.  
1255 Scents from Brazilian Cerrado: chemical composition of the essential oil from the  
1256 leaves of *Hyptis villosa* Pohl ex Benth (Lamiaceae). The Journal of Essential Oil  
1257 Research, 25 (5): 414–417.

1258 Sisay B., Simiyu J., Malusi P., Likhayo P., Mendesil E., Elibariki N., Wakgari M.,  
1259 Ayalew G. y Tefera T. 2018. First report of the fall armyworm, *Spodoptera*  
1260 *frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), natural enemies from Africa. Journal of  
1261 Applied Entomology. 00:1-5.

1262 Syafrudin M., Kristanti R. A., Yuniarto A., Hadibarata T., Rhee, R., Al-onazi W. A.,  
1263 Algarni T. S., Almarri A. H. y Al-Mohaimed A. M. 2021. Pesticides in Drinking  
1264 Water- A Review. International Journal of Environmental Research and Public  
1265 Health, 18: 468.

1266 Tafurt-García G., Muñoz-Acevedo A., Calvo A. M., Jiménez L. F. y Delgado W. A.  
1267 2014. Componentes volátiles de *Eriope crassipes*, *Hyptis conferta*, *H. dilatata*, *H.*  
1268 *brachiata*, *H. suaveolens* y *H. mutabilis* (Lamiaceae). Boletín Latinoamericano y  
1269 del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 13 (3): 254–269.

1270 Toribio-Hernandez E. y Grande-Romero Y. C. 2020. Bioinsecticidal effect of  
1271 *Tagetes erecta* (Asteraceae) on the pine sawfly *Zadiprion vallicola* (Diprionidae).  
1272 Madera y Bosques, 26 (1).

1273 Tripathi A. K., Upadhyay S., Bhuiyan M. y Bhattacharya P. R. 2009. A review on  
1274 prospects of essential oils as biopesticide in insect-pest management Journal of  
1275 Pharmacognosy and Phytotherapy, 1 (5): 52-63.

1276 Tripathi A. K. y Upadhyay. 2009. Repellent and insecticidal activities of *Hyptis*  
1277 *suaveolens* (Lamiaceae) leaf essential oil against four stored-grain coleopteran  
1278 pests. International Journal of Tropical Insect Science, 29 (4): 219–228.

1279 Tropicos. 2019. *Zea mays*. [ Consultada en: 2019, 01, 05]. Disponible en:  
1280 [<http://tropicos.org/Name/25510055>].

1281 Ureta C., Espinosa A. E. y Ureta E. 2014. El control de las plagas agrícolas:  
1282 pasado, presente y futuro. Cencia. Julio-Agosto: 78-86.

1283 Usano-Aleman J., Palá-Paúl J. y Díaz S. 2014. Aceites esenciales: conceptos  
1284 básicos y actividad antibacteriana. Reduca (Biología). Serie Botánica. 7 (2): 60-  
1285 70.

1286 Vallejo, F.; Estrada, E. 2002. Mejoramiento genético de plantas. Universidad  
1287 Nacional de Colombia. DIPAL. Palmira, Colombia. 404 p.

1288 Vanegas-Angaritas H., De-León C. y Narro-León L. 2007. Análisis genético de la  
1289 tolerancia a *Cercospora spp.* en líneas endogámicas de maíz tropical. Agrociencia,  
1290 41: 35-43.

1291 Zamora-Avella D., Ramos-López M. A., González-Chávez M. M., Moustapha-Bah  
1292 M., Campos-Guillen J. y Pérez-Moreno V. 2018. Actividad Insecticida y  
1293 Juvenomimética de *Salvia connivens* (Epling, 1939) sobre *Spodoptera*  
1294 *frugiperda* (Smith, 1797). Entomología Mexicana, 5: 100-1005  
1295

Dirección General de Bibliotecas UAQ