



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

ESCUELA DE ESTUDIOS SUPERIORES DEL JICARERO

**CAPTURA, RESPUESTA COMPORTAMENTAL E
IDENTIFICACIÓN DE INSECTOS BENÉFICOS A LA FEROMONA
SEXUAL DE *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A:

SANTIAGO ALDAY RIVERA

DR. HUMBERTO REYES PRADO

DIRECTOR DE TESIS

JOJUTLA, MORELOS

ENERO, 2022



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



El Jicarero, Jojutla, Morelos, 03 de Noviembre 2021.

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

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta el Pasante de Licenciado en Biología: **C. SANTIAGO ALDAY RIVERA**, con el título del trabajo: **CAPTURA, RESPUESTA COMPORTAMENTAL E IDENTIFICACIÓN DE INSECTOS BENÉFICOS A LA FEROMONA SEXUAL DE *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

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

VOTO A FAVOR: SI

VOTO EN CONTRA: _____

NECESITA ARREGLAR O ELIMINAR ALGO: _____

COMENTARIOS: _____

FIRMA

Dr. Humberto Reyes Prado _____

Dr. Fernando Varela Hernández _____

M. en C. Humberto Flores Bustamante _____

Mtra. Mariana Cruz Díaz _____

Dr. Agustín Jesús Gonzaga Segura _____



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

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

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

Sello electrónico

HUMBERTO REYES PRADO | Fecha:2021-11-03 15:28:52 | Firmante

DYsVVw60v9LfdmWl+M9n2gcyQ36fsZlf77gpxka6dbxnEcLeO2FRpOHwxgl3mxG86RI+UjABsNsPG4lmy8MhtyvEjFGnnPbWwAhXWq5KmYXKiA5XVkeIUVvUuODTrDNZst6I3fvmE0l+VQvclslcgN8ueGIINzhG14zwdlzYYobrduo3YwzX2vsgENbtyi376ul4HMnZp2CsxzEXeXwNyE63HFzDO/a1GE2fFXnmXGdF5MnKSNgMyLZG2Ha5rZgV/Tcv06TEAvacHiBZbA5gqUlxW91TT3DyPC/1Hs4PbJtLNJ3SqSLF681K+Qg31bONvd04Q+RYkGUE5UuLlKtaA==

AGUSTÍN JESÚS GONZAGA SEGURA | Fecha:2021-11-03 18:04:05 | Firmante

mJtd9zUxEmwKISjYX0mHwJnl72Qv+Y3a7G4RXHD8aO2WqM+PTfZzAkfiXSh6RgXRfH7CGBCRuYCXnzocfofZcVHvuiGp5UY7AhCIZpTqODsz6diREqCk/EFh/h15G1vq6cQSwGmpWhiB2Zy7GwX7SD+bTSOtnY4ZMq59llueFEBCQfpUu/V36iTMTEnLOTiXNa3wylWWRSkUmQ/FKctHoRggb0gnwEiPq6ZGij8aLT7xXuyKZtJSu49ZfdGYUASStKrfJqPWUvVeRmAzw7aNojNSztWIM5jiODpF5+U+RObycNp+nTq5BvvrMOmnHCgwT0578VEnlKbeDB269aGKg==

MARIANA CRUZ DÍAZ | Fecha:2021-11-04 16:49:26 | Firmante

gDXlhr4uAwwXWT78Fmf61tuDEF4HgcY6a1CJhmiflQLcSRSMGOys/8bk/Kjc4afUXAEP8Snonb+zk5qW2oRW63lwJ6C3QBB/ESlBO1eJD3BxN9G5uTYeMyTufkmatPoR/7uqL7BLPhxRRvZQZ2evWObvwwS33NgOgQU21Fth8Gel4xPeOWI21ZLDPZmDd2hgrrjzP6yITzNITYPRxEztlBpabyg0OUNi1xXFR7PBEx5T/wdghzxCYGBDRigC21Cuocv5rxkNVxl3Wk6bWQM5M4hnFfHsZqXFrCpAylrn8HahmVvEKmxUf8cjs3j2JFZPv3qfTDXyDq5vNR69kh5A==

FERNANDO VARELA HERNÁNDEZ | Fecha:2021-11-05 19:43:27 | Firmante

tnyQAYzB0P9cMMuFRIABloFcf9Bkt+uBpWt352mRmpJBZ2KlZPC8xv6siSwDMZrzgV92ca2SBM+kaKc19Vj7J0RiCsi1+gAWhWiAoSXepNmPaKDC5jck4JHh4IHEQO56CFeYeylygbBV41nm3q/8JOVsnJyeFz7zhrsDII90XYufOvciswJWycrjGPno7WqHc8Xdy8UAqfRf4SKKN0NeOAT7vejz+6e5KWzoAfhMOSIXBFwGid5gyikADer/XuVj4B4PzrURLVYVIKWu1OmR65wXd+UpUhtTAKTz73PqD1k/hPY4M18db2Cf6G/dc8Ru+uAHZOKMOj0azVPeAha==

HUMBERTO FLORES BUSTAMANTE | Fecha:2021-11-07 09:41:13 | Firmante

189VXJ+YMSD/H6wu1NTEq2Q9sjhVmnlnwZOQNM8U7ffvF2AvYqBMQ0tPZeJRuHu1j3GK69xFbmd/2LcT0udYgU/LYvGfXzYshoD6HTqmhHUXUlaqax+IL7u8Q16sgiYaBvM2L4SysKBefvV9NpKuipWPlsUQCDD7h7ltvguSc/qM/jD8BQatDtFS4jnvE9VTPshVACDTaG82384J+7ScZTTbNa+P8lifUsl4drGU5A2zL5kFrTFZk0Y8jjW7aaVPb3+sWGV/mGqiz/F2/qO/64trtQmh0d9jRbqUXuLHLLxvB6LUlwh0Orj3d6m/Zc3615MJWL4C3xfdsVpg==

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



6FSazVNPk

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/dfmNEIJsIaNFpkRT9AxDeFrxFovI9B5b>



Agradecimientos académicos

Agradezco a:

El Dr. Humberto Reyes Prado, titular del Laboratorio de Ecología Química de la escuela de estudios superiores del Jicarero, perteneciente a la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, por todo el apoyo brindado, tanto en la realización del proyecto, como en la revisión del presente escrito.

El Dr. Agustín Jesús Gonzaga Segura, adscrito al Laboratorio de Ecología Química de la Escuela de Estudios Superiores del Jicarero, perteneciente a la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, por su apoyo en la identificación de insectos y los consejos de redacción.

Mis sinodales, Dr. Fernando Varela Hernández, y M. en C. Humberto Flores Bustamante, por dar una crítica constructiva sobre el proyecto y el escrito.

Agradecimientos personales

Agradezco especialmente a mis padres Francisco Alday Contreras y Ma. Concepción Rivera, por todo el apoyo durante este proyecto, tanto en la elaboración de las trampas como en la preparación del material para el transporte de los insectos.

A mi novia Wendy Itzel García, por el apoyo durante todo el proyecto y en el muestreo, en el transporte y separación de insectos.

ÍNDICE

	ÍNDICE DE FIGURAS	I
	ÍNDICE DE TABLAS	III
	RESUMEN	IV
I	INTRODUCCIÓN	1
II	ANTECEDENTES	3
1	El cultivo de sorgo en México	3
2	Plagas que afectan el cultivo de sorgo	3
2.1	Spodoptera frugiperda	3
3	Control y monitoreo de plagas de lepidópteros.	5
3.1	Trampeo con la FS de <i>S. frugiperda</i>	5
3.2	Problemática de las trampas con dispositivos liberadores de FS	6
III	JUSTIFICACIÓN	7
IV	HIPÓTESIS	8
V	OBJETIVO	8
VI	OBJETIVOS PARTICULARES	8
VII	MATERIALES Y MÉTODOS	9
1	Monitoreo y captura de insectos en trampas con FS de <i>S. frugiperda</i>	9
2	Confirmación de los compuestos de FS en el dispositivo liberador	11
3	Bioensayos con insectos en olfatómetro “Y”	12
4	Identificación taxonómica de <i>S. frugiperda</i> e insectos no objetivo	13
5	Análisis de datos	13

VIII	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
IX	CONCLUSION	27
X	REFERENCIAS CITADAS	28

Índice de figuras

Figura 1. Esquema de la trampa utilizada con dispositivo liberador de FS y control.	10
Figura 2. Mapa del área de estudio donde se muestra la posición de las trampas y el control.....	11
Figura 3. Cromatógrafo de gases acoplado a espectrómetro de masas para analizar los extractos hexánicos del septo de feromona sexual.	12
Figura 4. Variación de los insectos capturados por día durante el periodo de trampeo y efecto de la humedad y temperatura.	15
Figura 5. Promedio de insectos capturados por trampa con FS y el control, durante el periodo de muestreo.	17
Figura 6. Insectos capturados por trampa y por el control ($Q1 < \text{Mediana} < Q3$), la prueba de Mann-Whitney demuestra que hay una diferencia significativa ($P < 0.001$) entre las trampas y el control.....	18
Figura 7: Insectos de <i>S. frugiperda</i> (FAW) y otros insectos (OI) ($Q1 < \text{Mediana} < Q3$) capturados por trampa (T1-T4). Letras distintas en la misma trampa demuestran diferencia significativa en cuanto al número de insectos capturados de acuerdo con la prueba de Mann-Whitney ($P < 0.001$). 19	
Figura 8: Insectos de <i>S. frugiperda</i> (FAW) y otros insectos (OI) ($Q1 < \text{Mediana} < Q3$) capturados por trampa (T5-T8 y C). Letras distintas en la misma trampa demuestran diferencia significativa en cuanto al número de insectos capturados de acuerdo con la prueba de Mann-Whitney ($P < 0.001$). 20	
Figura 9. Insectos capturados por orden/trampa en el periodo de trampeo con FS.....	21
Figura 10. Respuesta de la familia Carabidae a la FS de <i>S. frugiperda</i> , donde A, B y C representan las tres evaluaciones realizadas a los insectos y el eje x el número de insectos evaluados, el 89% de los insectos en las tres repeticiones respondió a la FS, la prueba de Fisher demuestra que hay una diferencia significativa en su respuesta ($P < 0.05$).....	23

Figura 11. Respuesta de la familia Chrysopidae a la FS de *S. frugiperda*, donde A, B y C representan las tres evaluaciones realizadas a los insectos y el eje x el número de insectos evaluados, el 60% de los insectos respondieron en las tres evaluaciones, sin diferencia significativa en la prueba de Fisher ($P>0.05$). 24

Figura 12. Respuesta de la familia Coccinellidae a la FS de *S. frugiperda*, donde A, B y C representan las tres evaluaciones realizadas a los insectos y el eje x el número de insectos evaluados, el 45% de los insectos respondieron en las tres evaluaciones, sin diferencia significativa en la prueba de Fisher ($P>0.05$). 25

Índice de tablas

Tabla 1. Número de insectos capturados durante el periodo de trampeo.	16
Tabla 2. Especies identificadas en la familia coccinellidae, y numero de insectos capturados para cada especie y el género <i>Zagloba</i>	25

Resumen

En el presente trabajo se realizó el monitoreo y captura de *Spodoptera frugiperda* en trampas cebadas con feromona sexual sintética de la misma especie con la finalidad de corroborar su eficiencia, eficacia y efectividad. La temperatura y humedad fueron monitoreadas durante el periodo de muestreo. Se hizo uso de trampas que capturaron a los insectos con vida para su posterior identificación, la cual se realizó con ayuda de claves dicotómicas. Se realizaron bioensayos en olofatómetro “Y” para detectar alguna respuesta de los insectos no objetivo hacia esta feromona. El 91% de los insectos capturados con feromona sexual pertenecen a otros insectos no objetivo y algunos de éstos están incluidos en familias de insectos benéficos para el agroecosistema, la familia Coccinellidae es la principal afectada. Los factores ambientales monitoreados influyeron en el número de insectos capturados en las trampas. Los bioensayos con feromona sexual sintética de *Spodoptera frugiperda* demostraron que la familia Carabidae presenta una respuesta hacia ésta. Estos resultados plantean la necesidad de rediseñar la estrategia de monitoreo de trampeo con feromona sexual para captura de *S. frugiperda*.

Palabras clave: fall army worm, coccinellidae, ecología química, taxonomía, coccinellidae, chrysopidae

1 I Introducción

2

3 El sorgo es el segundo cereal más cultivado en México, siendo superado únicamente por el maíz, en
4 el periodo 2017-2018 se produjeron 57, 730, 000 toneladas de sorgo a nivel mundial (FIRA, 2017;
5 USDA, 2019) de los cuales entre 4, 550, 000 y 4, 545, 000 toneladas fueron producidas por México
6 (Kuypers, 2019; USDA, 2019), y representa uno de los principales ingresos del país, ya que México
7 está situado entre los 4 principales productores de sorgo a nivel mundial, en el año 2011 México logro
8 alcanzar el tercer lugar en cuanto a producción mundial de sorgo, produciendo el 10.97% del total
9 con 6, 429, 000 toneladas, cuyo valor monetario asciende a \$1,727,872, 000 US\$ (Caamal-Cauich *et*
10 *al.*, 2016).

11 Como todo cultivo, es susceptible a distintos factores ambientales y ecológicos, como lo son el clima
12 y las plagas, siendo estas últimas las que más pérdidas causan al sector agrícola a nivel mundial,
13 debido a que son más frecuentes que las sequias y los problemas ambientales (Pérez y Vázquez,
14 2001).

15 La necesidad de reducir el costo de producción y el impacto ecológico causado por los químicos hizo
16 necesario el desarrollo de nuevas técnicas para el control o erradicación de plagas en los cultivos,
17 como lo son el control biológico y trampas de diversos tipos, por ejemplo, de luz, cebos tóxicos y
18 cebos químicos específicos (Feromonas sexuales) ((Witzgall *et al.*, 2010; Aktar *et al.*, 2009).

19 Las trampas con dispositivos con feromona sexual (FS) usadas para el monitoreo de plagas, resultaron
20 ser muy bien aceptadas debido al alto grado de especificidad, sin embargo, las trampas con FS para
21 el monitoreo del insecto plaga *Spodoptera frugiperda* se han capturado especies de insectos benéficos
22 para el ecosistema, estas trampas no deberían capturar otras especies debido a que se usa una FS que
23 es especie-específica (Witzgall *et al.*, 2010; Malo *et al.*, 2018).

24 Debido a esta problemática en las trampas que además supone un alto riesgo ecológico a mediano o
25 largo plazo, se realizó el monitoreo en cultivos de sorgo usando trampas con dispositivos liberadores

26 de FS para capturar insectos vivos de *S. frugiperda* e insectos benéficos, posteriormente se evaluó en
27 un olfatómetro “Y” la respuesta comportamental de los insectos benéficos capturados en las trampas
28 antes mencionadas, finalmente se identificaron los insectos evaluados.

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45 **II Antecedentes**

46

47 1 El cultivo de sorgo en México

48 El sorgo es el segundo cultivo más importante en México pertenece a la familia Poaceae, donde se
49 encuentran algunas de las plantas que se cultivan en mayor volumen por su importancia en la
50 alimentación y su valor económico debido a que anualmente se llegan a obtener \$1,727,872, 000
51 US\$ (Caamal-Cauich *et al.*, 2016).

52 2 Plagas que afectan el cultivo de sorgo

53 Como en cualquier tipo de cultivo, el sorgo es afectado por diversos factores biológicos o ambientales,
54 siendo los primeros los que representan una mayor amenaza debido al impacto que tienen ya que no
55 pueden detectarse con anticipación y por eso pueden provocar la pérdida parcial o total del cultivo
56 sin embargo hay plagas que presentan un mayor riesgo ante condiciones ambientales específicas
57 (CESAVEG, 1928).

58 Entre las plagas más comunes en sorgo, se encuentran *Spodoptera exigua*, *Agrotis ipsilon*,
59 *Elasmopalpus lignosellus* y *S. frugiperda*, sin embargo, el daño potencial que puede generar cada
60 especie difiere según la estacionalidad y la etapa de desarrollo del cultivo, siendo *S. frugiperda* una
61 de las más amenazantes ya que puede afectar al cultivo en prácticamente cualquier etapa, y en una
62 amplia gama de estacionalidades (CESAVEG, 1928; Bowling *et al.*, 2016; Medina, 2005).

63

64 2.1 *Spodoptera frugiperda*

65 *S. frugiperda* también conocida como gusano cogollero o FAW (Fall Army Worm) por sus siglas en
66 inglés, es una de las principales plagas que afectan al sorgo, esta especie es originaria de las regiones
67 tropicales del hemisferio occidental (Luginbill, 1928; Capinera, 2017; Morón y Terrón, 1988).

68 Su ciclo de vida completo dura de 30 a 90 días, dependiendo de las condiciones climáticas que
69 generalmente se asocian a las estaciones del año, 30 días durante el verano, 60 días en primavera y
70 otoño y de 80 a 90 días en invierno, durante este tiempo pasa por 5 estadios generales, los cuales son
71 huevo, larva, pupa o crisálida y el adulto (Capinera, 2017; Luginbill, 1928).

72 El huevo mide unos 0,4 mm de diámetro y 0,3 mm de altura. El número de huevos por masa varía
73 considerablemente, pero generalmente es de 100 a 200, y la producción total de huevos por hembra
74 es cercana a 1500 con un máximo de más de 2000, generalmente estos son depositados en una sola
75 capa que se distribuye en el follaje y tardan entre 2 y 3 días en eclosionar durante los meses de verano
76 (Capinera, 2017).

77 La larva pasa por 6 estadios, mediante los cuales crece, en el estadio 1 el ancho de la capsula de la
78 cabeza es de 0.35 mm y su longitud total es de 1.7 mm, estadio 2 el ancho de la capsula es de 0.45
79 mm y la longitud alcanza los 3.5 mm, para el estadio 3 sus medidas son estadio 3 0.75 mm y 6.4 mm
80 respectivamente, para el estadio número 4 la capsula mide 1.3 mm y su longitud es de 10 mm, para
81 el 5 su capsula llega a 2 mm y su longitud a 17.2, y en el ultimo la capsula mide 2.6 mm y puede
82 alcanzar una longitud de 34.2 mm. Esta etapa puede durar 14 días en verano y 30 en invierno
83 (Capinera, 2017).

84 La pupa es la estructura formada por la larva para llevar a cabo una metamorfosis total, donde llegara
85 a su forma adulta, la pupación normalmente tiene lugar en el suelo, a una profundidad de 2 a 8 cm.

86 La larva construye un capullo suelto, de forma ovalada y de 20 a 30 mm de longitud, al unir partículas
87 de tierra con seda. Si el sustrato posee gran dureza, puede usar otros materiales para formar un capullo
88 en la superficie del suelo, posee un color marrón rojizo y mide de 14 a 18 mm de longitud y unos 4,5
89 mm de ancho. Su duración en el verano es de apenas 8 a 9 días, pero puede prolongarse hasta 20 o 30
90 días en invierno (Capinera, 2017; Luginbill, 1928).

91 En el estado adulto alcanzan de 32 a 40 mm de extremo a extremo de sus alas. En el macho, el ala
92 anterior generalmente está sombreada en gris y marrón, con manchas blancas triangulares en la punta
93 y cerca del centro del ala. Las alas anteriores de las hembras están marcadas de una forma más sutil,

94 desde un marrón grisáceo uniforme hasta un moteado fino de gris y marrón. El alerón trasero es
95 blanco plateado iridiscente con un borde oscuro y estrecho en ambos sexos. Los adultos son nocturnos
96 y son más activos durante las noches cálidas y húmedas. Pueden vivir entre 7 y 21 días (Capinera,
97 2017; Morón y Terrón, 1988).

98 3 Control y monitoreo de plagas de lepidópteros.

99 El control de plagas en los cultivos puede darse de distintas formas, puede ser por distintos medios,
100 como lo son los plaguicidas/insecticidas (Aktar *et al.*, 2009; Elzen y Hardee, 2003), control biológico
101 (Pérez y Vázquez M., 2001), trampas de color (amarillo) con pegamento, trampas de luz y trampas
102 con dispositivos liberadores de FS (CESAVEG, 2019; CESAVEG, 2019).

103

104 3.1 Trampeo con la FS de *S. frugiperda*

105 Las trampas con dispositivos liberadores de FS, cobraron gran relevancia debido a los daños
106 ecológicos y riesgos a la salud que provocaban los insecticidas (Aktar *et al.*, 2009), y el uso de esta
107 técnica para *S. frugiperda* al ser una de las plagas más importantes de los dos cultivos que se producen
108 a mayor escala en México, no tardó en aparecer (CESAVEG, 2019; CESAVEG, 2019; USDA, 2019;
109 FIRA, 2017; Malo *et al.*, 2018).

110 La captura de insectos durante los periodos de monitoreo y control de plagas esta relacionada
111 principalmente con dos factores ambientales, los cuales son la temperatura y la humedad, debido a
112 que el comportamiento de los insectos se ve influenciado por estas variables ambientales (Addo-
113 Bediako *et al.*, 2000; Cruz, 2019).

114 La FS está constituida por los compuestos químicos (Z)-7-dodecenil acetato (Z7-12: Ac) y (Z)-9-
115 dodecenil acetato (Z9-12: Ac) (Malo *et al.*, 2004) y las trampas que poseen dispositivos que liberan
116 FS, son consideradas muy eficientes, debido a que esta feromona es especie-especifica. Este método

117 es muy eficiente, porque conlleva menores costos para la producción, no representa un riesgo para la
118 salud y es muy fácil de utilizar ya que la cantidad de esfuerzo para colocar las trampas es menor que
119 el necesario para realizar las fumigaciones (Malo *et al.*, 2018; Malo *et al.*, 2004).

120 3.2 Problemática de las trampas con dispositivos liberadores de FS

121

122 Los insectos en los cultivos en su mayoría toman papeles importantes para la producción y los
123 servicios ambientales proporcionados por éstos, en los cultivos son fundamentales para tener una
124 buena y sana producción, solo un pequeño porcentaje de insectos son realmente dañinos para las
125 producciones agrícolas (Aizen *et al.*, 2009).

126 Las principales funciones que desempeñan los insectos benéficos en los agroecosistemas son la
127 polinización, el control de plagas y el mantenimiento del suelo con nutrientes, aunque al aumentar la
128 disponibilidad de alimento, la población de insectos plaga aumenta (Aizen *et al.*, 2018).

129 En cultivos de sorgo en el estado de Chiapas y en Morelos, recientemente se ha observado que los
130 insectos capturados en trampas con FS, en su mayoría si son de *S. frugiperda* (Malo *et al.*, 2018), sin
131 embargo, del 100% un 30% de otros insectos están siendo capturados (Datos sin publicar); éstos no
132 son perjudiciales para el cultivo además poseen papeles ecológicos importantes en los ecosistemas
133 locales.

134 Algunos de los organismos capturados con estas trampas son a dípteros, himenópteros, formícidos,
135 hemípteros y coleópteros, siendo estos últimos de los más afectados, con un mayor número de
136 individuos y especies capturadas (Datos sin publicar).

137

138

139

140

141

142 **III Justificación**

143 El uso de las trampas con dispositivos liberadores de FS es muy eficaz, y está ganando terreno sobre
144 los agroquímicos para el control de plagas debido a que reducen los riesgos a la salud, el costo de
145 producción y el impacto ecológico, sin embargo aun con esta disminución en este último, los
146 problemas causados por este tipo de trampeo, son considerables debido a que capturan insectos
147 benéficos al mismo tiempo, siendo estos últimos hasta un 30% de las capturas totales (Witzgall *et al.*,
148 2010; Cruz *et al.*, 2012; Malo *et al.*, 2018; Datos sin publicar).

149 Estas observaciones hicieron que fuese necesario el buscar una respuesta al ¿Por qué estos insectos
150 eran capturados?, cuando se sabe que este tipo de feromonas suelen ser muy específicas y no deberían
151 atraer a otros organismos que no sean de la misma especie (Allison y Carde, 2016; Witzgall *et al.*,
152 2010).

153 Este proyecto busca determinar por qué las trampas con FS de *S. frugiperda* están capturando insectos
154 benéficos, cuando se supone, las trampas deben atraer y capturar únicamente a los machos de dicha
155 especie.

156

157

158

159

160

161 **IV Hipótesis**

162 Los insectos benéficos son atraídos por la FS de *S. frugiperda* colocada en trampas usadas para el
163 control y monitoreo de la misma especie.

164

165 **V Objetivo**

166 Evaluar el comportamiento de atracción de los insectos benéficos capturados en las trampas con FS
167 de *S. frugiperda* e identificar taxonómicamente las especies capturadas.

168

169 **VI Objetivos particulares**

- 170 1. Monitorear y capturar con trampas con FS de *S. frugiperda* a los insectos benéficos.
171 2. Evaluar la respuesta comportamental de los insectos benéficos a la FS de *S. frugiperda*.
172 3. Identificar los insectos benéficos capturados en las trampas con FS de *S. frugiperda*.

173

174

175

176

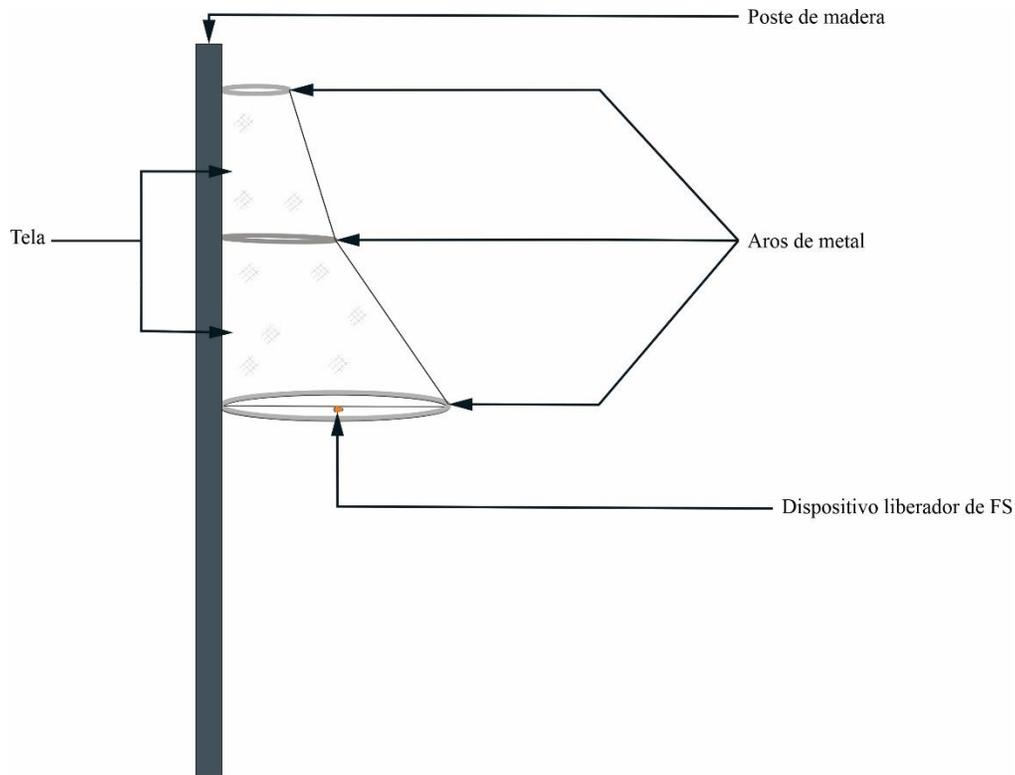
177 **VII Materiales y métodos**

178

179 *I* Monitoreo y captura de insectos en trampas con FS de *S. frugiperda*

180 El periodo de trampeo en el cultivo de sorgo fue del 2 al 30 de julio del año 2019 en la localidad del
181 Higuerón, Jojutla de Juárez, Morelos México. Las coordenadas geográficas del centro del área de
182 muestreo fueron 18°34'34.0"N y 99°10'31.2"W.

183 Se diseñaron trampas caseras de malla blanca para capturar los insectos vivos, con una estructura
184 cónica (Barrera *et al.*, 2006) conformada por tres aros de metal, el primero con un diámetro de 50 cm,
185 el segundo contaba con 25 cm de diámetro y estaba situado 40 cm por encima del primero y por
186 último el tercero contaba con 15 cm de diámetro y estaba dispuesto 30 cm por encima del segundo
187 anillo. El dispositivo con la feromona sexual (Pherocon Cap, Trécé Inc., Adair, Oklahoma, EUA.) de
188 *S. frugiperda* se encontraba colocado en la parte interna del cono, y al centro de éste, en una banda
189 elástica que cruzaba por el diámetro de la primera argolla (Fig. 1). Cada septo de FS se sustituyó a
190 los 15 días del periodo de trampeo, para que no disminuyera la captura de insectos al final de su vida
191 útil de liberación de FS, como se ha reportado en otros estudios de trampeo con FS (Cruz *et al.*, 2012;
192 Cruz, 2019).



193

194 Figura 1. Esquema de la trampa utilizada con dispositivo liberador de FS y control.

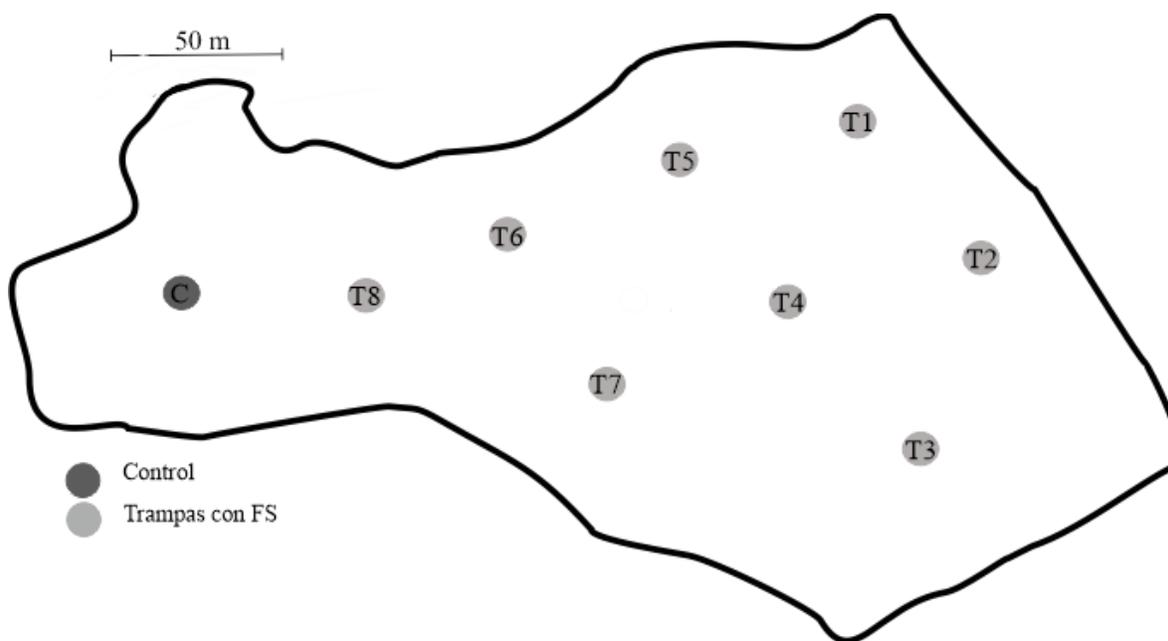
195 Cada trampa fue colocada en una estaca de madera a una altura que dependió del estado fenológico
 196 del cultivo de sorgo (Barrera *et al.*, 2006). Se colocaron un total de 9 trampas, 8 de las cuales poseían
 197 septo de FS y una sin FS como control, las trampas estaban colocadas a 25 m de distancia del
 198 perímetro del terreno y la distancia entre trampas fue de 50 m (Malo et al., 2018) (Fig. 2), el área total
 199 del agroecosistema fue de 31 533.6 m². Durante el trapeo con FS en el cultivo de sorgo, se midió la
 200 temperatura y humedad relativa con un Datalogger (CEM DT-172).

201 La colecta de insectos fue por día/trampa en un horario de 11:00 am a 12:00 pm, y se trasladaron en
 202 jaulas al laboratorio de Ecología Química de la EES Jicarero-UAEM. La identificación de los insectos
 203 capturados en las trampas se realizó a través del empleo de claves taxonómicas basadas en caracteres
 204 morfológicos (Triplehorn et al., 2005).

205

206

207



208

209 Figura 2. Mapa del área de estudio donde se muestra la posición de las trampas y el control.

210

211 2 Confirmación de los compuestos de FS en el dispositivo liberador

212

213 Los compuestos del septo comercial “Pherocon Cap, Trécé Inc., Adair, Oklahoma, EUA, fueron
214 extraídos utilizando metanol como solvente, el septo fue colocado en un frasco color ámbar que
215 contenía 5 mL de metanol y se agito por 2 minutos en un Vortex (Genie II Mixer SI- 0236),
216 posteriormente el septo fue retirado y de esta dilución se tomo una muestra para la confirmación de
217 los compuestos.

218 Se confirmo la presencia de los compuestos de la FS de *S. frugiperda* en el dispositivo de caucho
219 mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. Se inyectaron 2 μ L del extracto
220 del septo que contiene la FS, en el equipo de CG 7890 (Agilent Technologies) acoplado a en EM
221 5975 (Agilent Technologies) (Fig. 3), con una columna capilar DB-5ms (30 m x 0.25 mm x 0.25 μ m).
222 La temperatura inicial del horno fue de 50°C, durante 2 minutos, incrementándose 15°C/min hasta
223 280°C, durante 10 minutos. El gas acarreador fue hidrógeno a un flujo constante de 2mL/min. La

224 temperatura del inyector fue de 250 °C, el inyector se trabajó en modo Splitless durante 0.30 min. La
225 identificación de los compuestos se llevó a cabo considerando su tiempo de retención (TR), el análisis
226 espectral en comparación con los espectros con la biblioteca espectral NIST (NIST/EPA/NIH. 2002)
227 y con los estándares (Z)-7-12: Ac, (Z)-9-14: Ac y (Z)-11-16: Ac (Sigma-Aldrich, Toluca México).



228

229 Figura 3. Cromatógrafo de gases acoplado a espectrómetro de masas para analizar los extractos
230 hexánicos del septo de feromona sexual.

231

232 3 Bioensayos con insectos en olfatómetro “Y”

233

234 La respuesta comportamental de los insectos benéficos a la FS de *S. frugiperda* se evaluó en pruebas
235 de una elección en un olfatómetro de vidrio tipo Y a 25°C (± 5), 60 % (± 6) de HR y luz blanca (40
236 watts), donde se comprobó la atracción de los insectos benéficos por dicha feromona, contra un
237 blanco, el cual fue el aire.

238 En cada cámara del olfatómetro Y, se hizo circular una corriente de aire con un flujo de 200 mL/min,
239 medido por unos flujómetros (Cole Palmer, Ev-03217-06, USA). En una de las cámaras se colocaron
240 como estímulo 5 μ L del extracto del septo de FS sobre un papel filtro Waltman No.1 (Whatman ®
241 2V, England) de 1 cm de largo por 0.5 cm de ancho.

242 Para cada bioensayo, en el tubo principal del olfatómetro, se introdujo un insecto benéfico, y se
243 observó su comportamiento durante 120 s. Durante este tiempo, se consideró una elección del insecto,
244 cuando éste alcanzó alguna de las cámaras, con el estímulo o el control.

245 Todos los bioensayos se realizaron en el periodo de tiempo más corto después de la captura de los
246 insectos, para evitar el cambio de alguna respuesta comportamental por la manipulación de éstos.
247 Después de cada prueba se invirtió el olfatómetro para evitar algún sesgo.

248 Se consideró en todos los insectos, sin importar la fecha de captura, como primera repetición a la
249 primera prueba en el olfatómetro Y. Los insectos se evaluaron hasta tres veces donde A= Primera
250 evaluación (2h), B= Segunda evaluación (24 h) y C= Tercera evaluación (48 h). Los insectos que
251 morían en intervalos de los bioensayos se excluyeron de las evaluaciones posteriores.

252

253 4 Identificación taxonómica de *S. frugiperda* e insectos no objetivo

254

255 Los insectos se agruparon por orden y se preservaron en alcohol al 70% en frascos individuales, para
256 agilizar su posterior identificación. Se utilizó un estereoscopio para observar las estructuras de cada
257 insecto identificado acorde a claves taxonómicas basadas en caracteres morfológicos (Triplehorn et
258 al, 2005; Hodek y Honek, 2013).

259 Para la identificación a nivel especie se agrupó a los insectos por familia y se usaron claves
260 taxonómicas que permitieran identificar a esas especies (Zúñiga-Reinoso, 2011; Garland, 1985)).

261

262 5 Análisis de datos

263

264 Para identificar si la temperatura y la humedad relativa influyeron en la captura de insectos, se
265 implementó una correlación de Pearson.

266 Los datos obtenidos de las capturas de adultos de *S. frugiperda* y otros insectos en campo, se
267 analizaron por medio de un análisis de t-student y para las comparaciones entre grupos se realizó una
268 prueba de Tukey.

269 El comportamiento de los insectos benéficos en olfatómetro se analizó por una prueba de G.

270 Se realizó una prueba de Fisher, para demostrar estadísticamente si existe una diferencia significativa
271 entre el número de insectos que respondieron a la FS de *S. frugiperda* y los que prefirieron el control
272 en cada repetición.

273 Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico Sigma Plot 14 (Systat Software Inc.,
274 Chicago, Illinois).

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

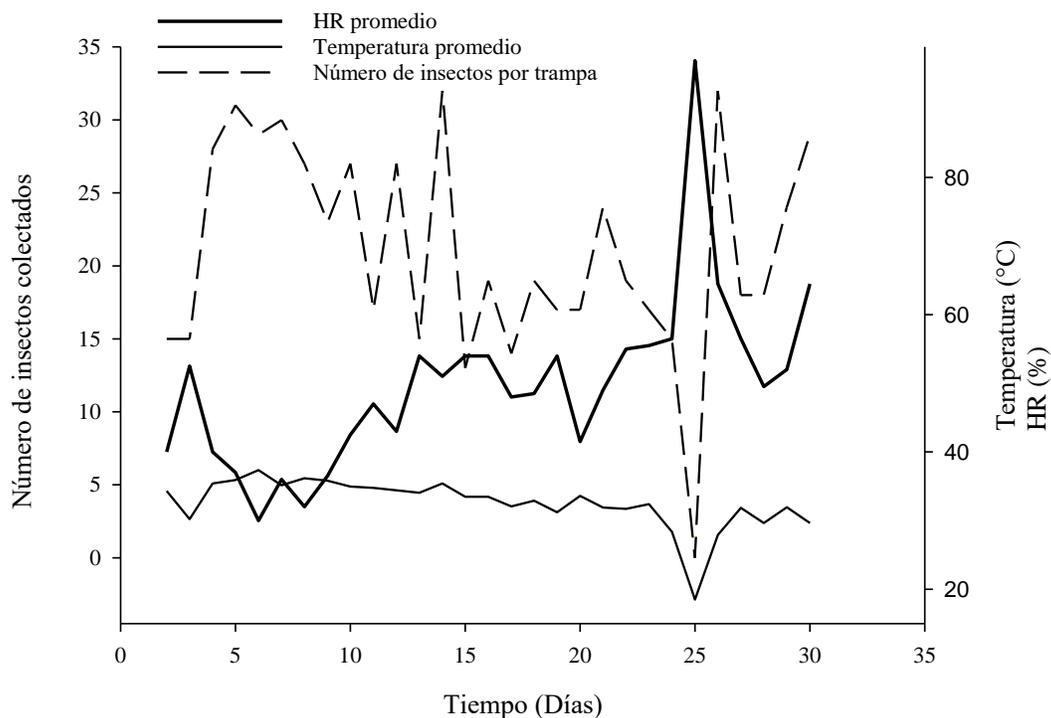
290

291

292 **VIII Resultados y discusión**

293

294 La temperatura y humedad estuvieron relacionados con la captura de insectos, con valores de
295 correlación de Pearson positivo para la temperatura de $r= 0.584$ ($n=30$ y $P=0.000871$) y negativo
296 para la humedad $r= -0.560$ ($n=30$ y $P= 0.00159$), se observó que a una elevada humedad relativa la
297 captura de insectos disminuyó (Fig. 4) esto concuerda con los resultados obtenidos en Rojas *et al.*,
298 2004, posiblemente debido al comportamiento que estos tienen en relación con los factores
299 ambientales que se registraron, especialmente en insectos voladores (Addo-Bediako et al., 2000;
300 Cruz, 2019).



301

302 Figura 4. Variación de los insectos capturados por día durante el periodo de trampeo y efecto de la
303 humedad y temperatura.

304 Durante el periodo de colecta se capturaron 53 insectos plaga de FAW, y 611 insectos no objetivo
305 (Fig. 5), distribuidos en 6 órdenes, 310 Lepidópteros (excluyendo a FAW), 120 coleópteros, 56
306 dípteros, 16 hemípteros, 45 himenópteros y 11 neurópteros (Fig. 6).

307 Las trampas 3 y 8 fueron las que registraron un mayor número de capturas con 93 y 84 insectos
 308 capturados, por tanto un mayor número de captura promedio durante todo el periodo, 3.31 y 3
 309 respectivamente (Fig. 8) y la trampa control (C) fue la que registro el número más bajo de capturas
 310 con un total de 12, en promedio de 0.41 (Fig. 8), además, se realizó un análisis estadístico para
 311 comprobar la diferencia entre el promedio de las trampas con FS y el C, mediante la prueba de Mann-
 312 Whitney, donde el resultado fue que la diferencia entre estas era significativa ($P < 0.001$) (Fig. 9).
 313 Los insectos se identificaron a nivel familia, entre las cuales se encontraban insectos considerados
 314 enemigos naturales de *S. frugiperda*, como son la familia coccinellidae, chrysopidae y Carabidae
 315 (Tabla 1), algunos insectos no fueron identificados debido al deterioro de los morfos.

316 Tabla 1. Número de insectos capturados durante el periodo de trameo.

Orden	Familia	No. de insectos	Orden	Familia	No. de insectos
Coleoptera	N.I.	10	Hemiptera	N.I.	8
	Anthicidae	1		Alididae	2
	Buprestidae	1		Cicadidae	2
	Cantharidae	3		Pentatomidae	2
	Carabidae	6		Reduviidae	2
	Chrysomelidae	15	Hymenoptera	N.I.	6
	Coccinellidae	92		Apidae	3
	Elateridae	1		Halictidae	3
	Melyridae	4		Vespidae	33
	Tenebrionidae	2	Lepidoptera	N.I.	310
N.I.	41	Noctuidae		53	
Diptera	Asilidae	5	Neuroptera	Chrysopidae	11
	Bombilidae	2			
	Tipulidae	8			

317 N.I.= No identificado.

318

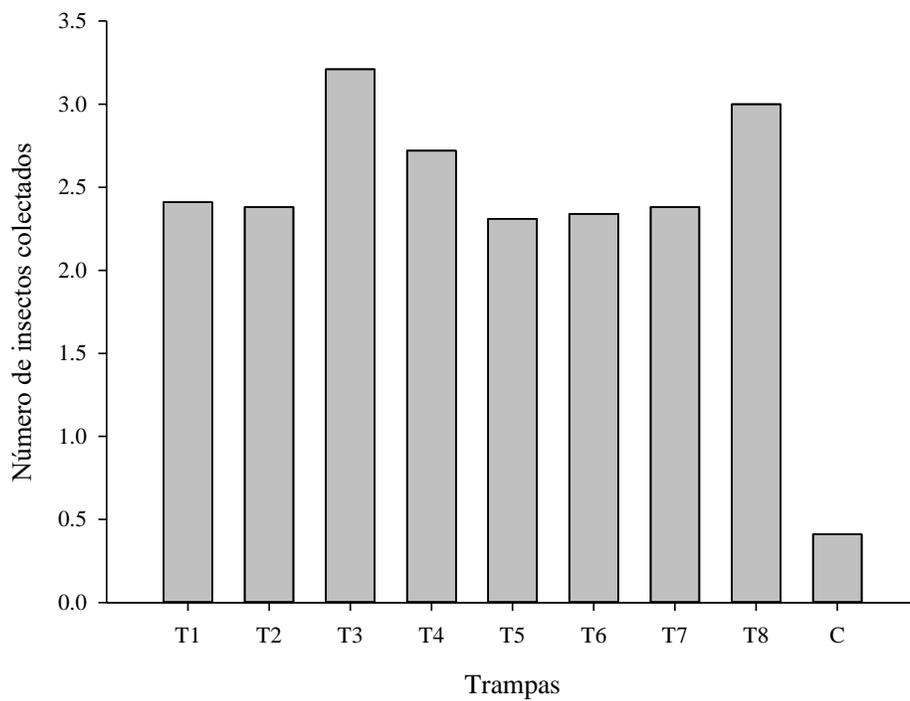
319

320

321

322

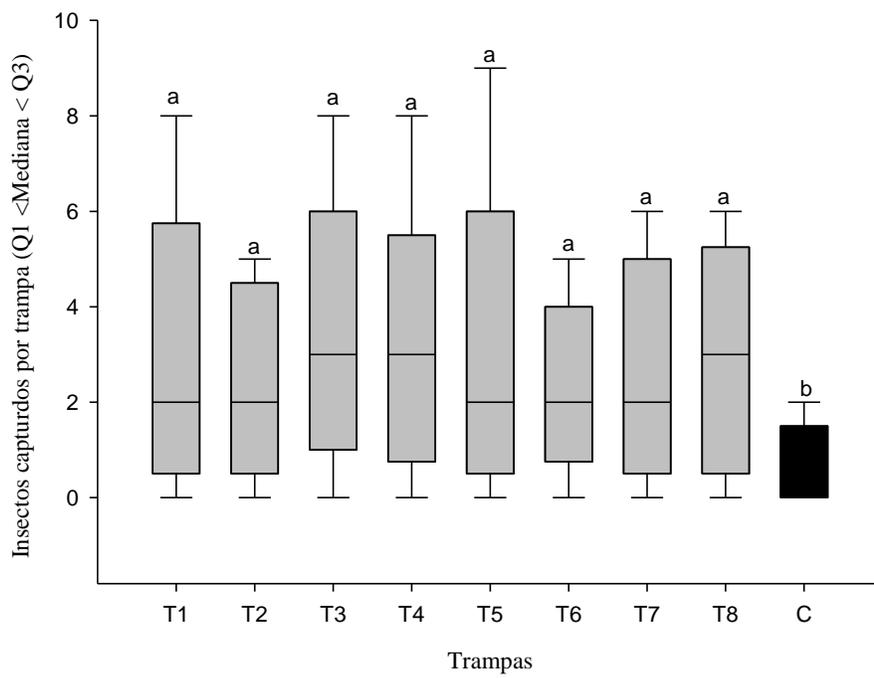
323
324
325
326
327
328



329
330
331
332
333
334
335
336
337

Figura 5. Promedio de insectos capturados por trampa con FS y el control, durante el periodo de muestreo.

338
339
340
341
342
343



344
345
346
347
348
349
350
351
352

Figura 6. Insectos capturados por trampa y por el control (Q1 < Mediana < Q3), la prueba de Mann-Whitney demuestra que hay una diferencia significativa ($P < 0.001$) entre las trampas y el control.

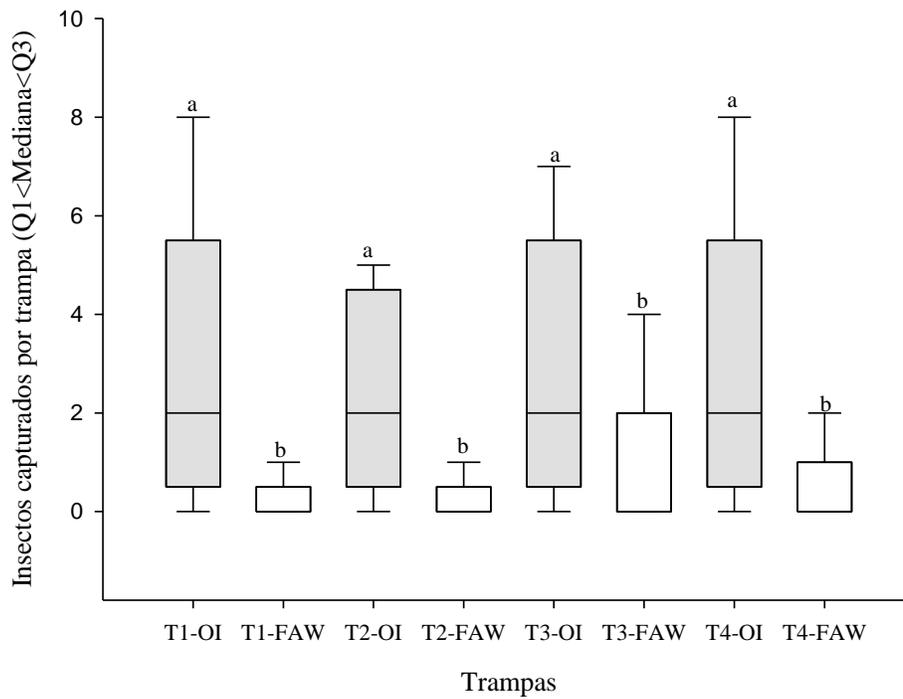
353

354

355

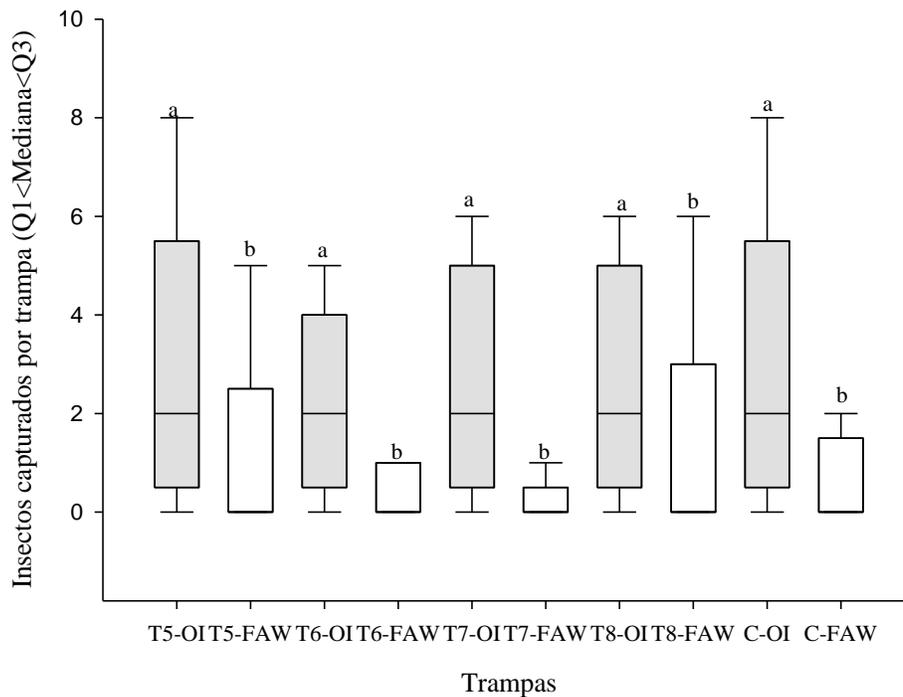
356

357



358

359 Figura 7: Insectos de *S. frugiperda* (FAW) y otros insectos (OI) (Q1 < Mediana < Q3) capturados
360 por trampa (T1-T4). Letras distintas en la misma trampa demuestran diferencia significativa en
361 cuanto al número de insectos capturados de acuerdo con la prueba de Mann-Whitney (P < 0.001).

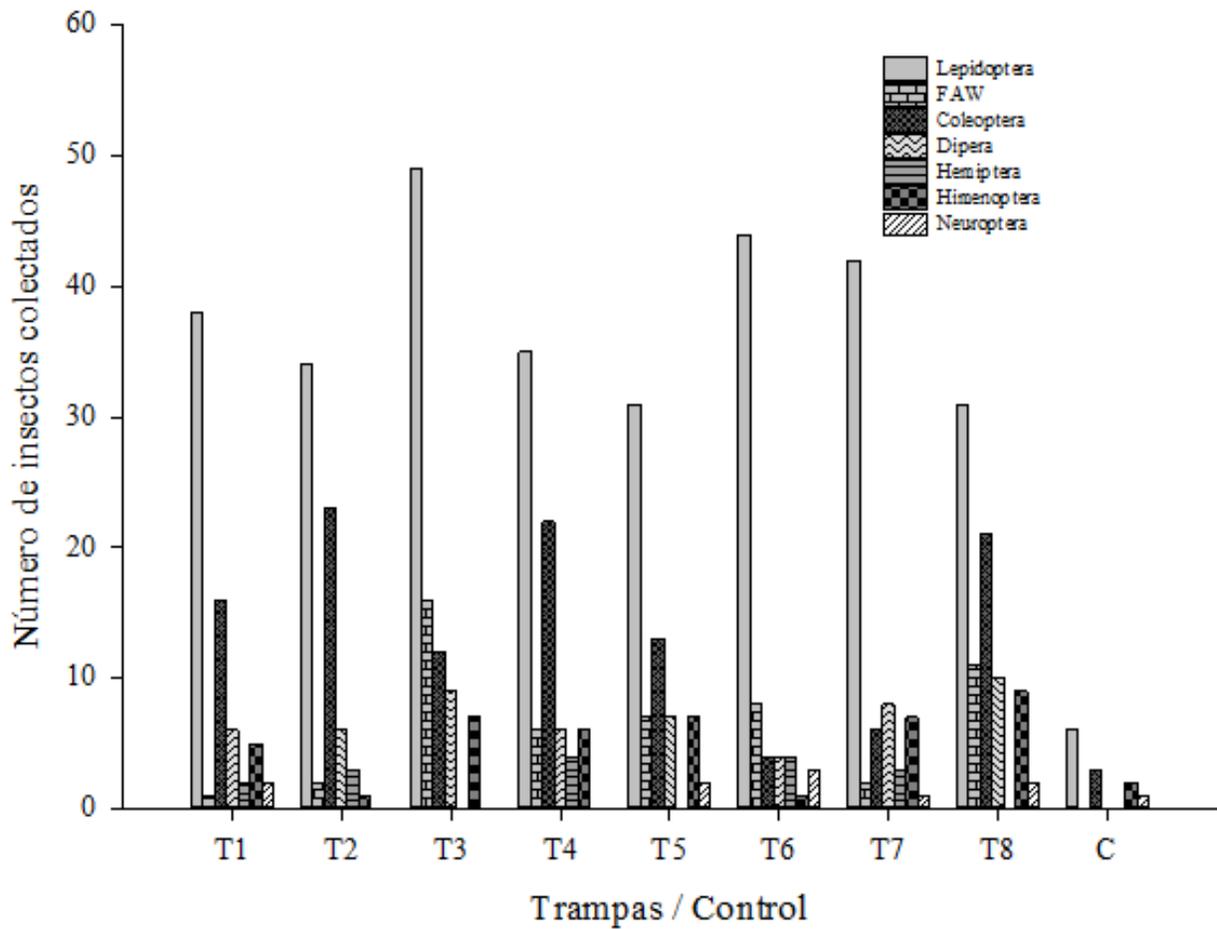


362

363 Figura 8: Insectos de *S. frugiperda* (FAW) y otros insectos (OI) (Q1 < Mediana < Q3) capturados
 364 por trampa (T5-T8 y C). Letras distintas en la misma trampa demuestran diferencia significativa en
 365 cuanto al número de insectos capturados de acuerdo con la prueba de Mann- Whitney (P<0.001).

366

367 El C no capturo a *S. frugiperda* y además registro el menor número de capturas (Fig. 10). El alto
 368 número de captura de otros órdenes y otros lepidópteros que no pertenecían a FAW, puede estar
 369 relacionado con el color de las trampas, ya que todas incluyendo el C, fueron hechas de color blanco,
 370 debido a que en estudios previos se ha demostrado que el color blanco captura por igual insectos
 371 plaga pertenecientes a FAW que trampas de otro color (Malo et al., 2018).



372

373 Figura 9. Insectos capturados por orden/trampa en el periodo de trampeo con FS.

374

375 Los insectos diurnos se vieron mas afectados, debido a que los colores son estímulos efectivos en
 376 éstos, sin embargo, el color puede llegar a influir en la captura de machos de *S. frugiperda* (Malo *et*
 377 *al.* 2018), el C no capturo ningun ejemplar de FAW debido a la falta del estímulo químico.

378 El control tambien tuvo un bajo numero de capturas de insectos no objetivo, por lo cual la FS de *S.*

379 *frugiperda*, si debe tomar relevancia en la captura de otros insectos ajenos a FAW, tal y como se

380 menciona en Malo *et al.* (2018), los compuestos de la feromona pueden resultar atractivos para los
381 insectos beneficios de este cultivo.

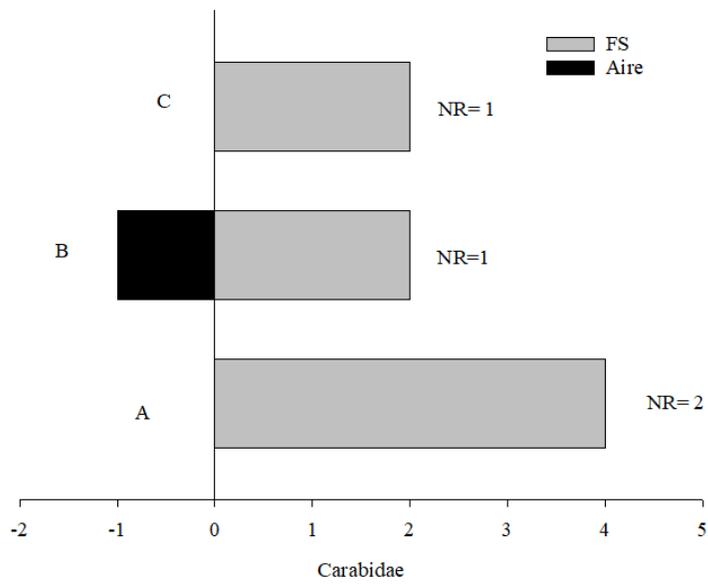
382 El alto número de capturas de la trampa 3 puede estar relacionado a que estaba situada en la zona más
383 alejada de la zona más perturbada, cerca de una escorrentía de agua de temporal, y en el caso de la
384 trampa 8, a pesar de ser la trampa con septo liberador de FS más cercana a la zona con alta
385 perturbación e influencia humana, logro obtener ese alto número de capturas, debido a la gran
386 diversidad de flora que está situada en esta zona, en las casas de los alrededores y a la gran diversidad
387 de nichos disponibles en esta área, ya que se ha comprobado que las zonas conservadas y con mediana
388 perturbación, pueden ser las que poseen una mayor diversidad (Yanes-Gómez *et al.*, 2015).

389 Los insectos identificados como enemigos naturales de plagas pertenecen a tres familias (Carabidae,
390 Chrysopidae y Coccinellidae) (Penagos *et al.*, 2003; Wyckhuys y O'Neil, 2003; Medeiros *et al.*,
391 2010)), por lo que la identificación taxonómica de los insectos pertenecientes a estas familias se
392 llevaron a un nivel taxonómico inferior, procurando llegar a especie, para Chrysopidae solo se
393 encontró el género *Chrysoperla*, en Coccinellidae se identificó el género *Zagloba* y las especies
394 *Hippodamia convergens*, *Cycloneda sanguinea* y *Olla v-nigrum* (Tabla 2).

395 La respuesta comportamental de los insectos a nivel familia fue visible en Carabidae donde se
396 encontraron diferencias significativas en la evaluación A ($P=0.029$) (Fig. 11), en la familia
397 Chrysopidae se observó una diferencia en cuanto a las respuestas de los insectos, pero en este caso
398 no se encontró una diferencia significativa en la prueba estadística (Fig. 12), en la familia
399 Coccinellidae no se encontró una diferencia significativa (Fig. 13), pero se tenía un alto número de
400 ejemplares, con lo cual se logró separar a menor nivel taxonómico a los insectos debido a que en esta
401 familia se encuentran insectos beneficios para el cultivo, siendo depredadores de distintas plagas como
402 el pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) y larvas de *S. frugiperda*, la identificación se hizo a nivel
403 de especie, donde se encontró a *H. convergens*, *C. sanguinea* y *O. v-nigrum*, además del género
404 *Zagloba*.

405

406
407
408
409
410
411



412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423

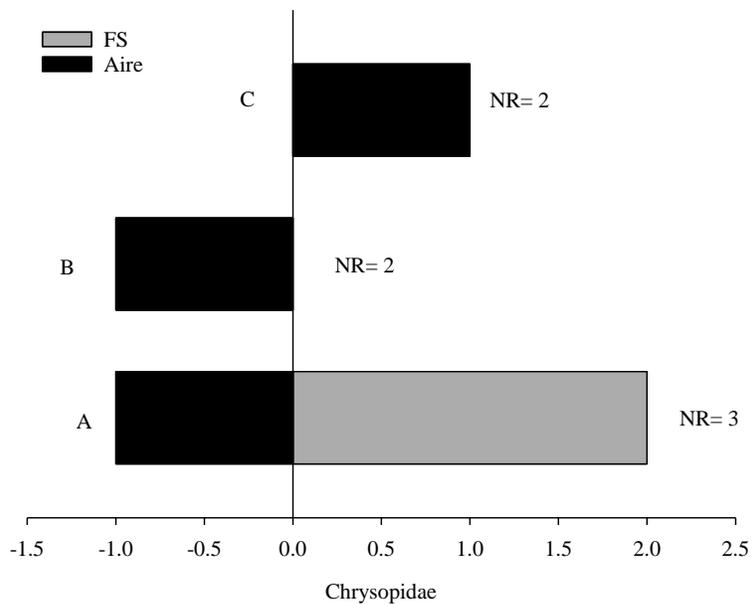
Figura 10. Respuesta de la familia Carabidae a la FS de *S. frugiperda*, donde A, B y C representan las tres evaluaciones realizadas a los insectos y el eje x el número de insectos evaluados, el 89% de los insectos en las tres repeticiones respondió a la FS, la prueba de Fisher demuestra que hay una diferencia significativa en su respuesta ($P < 0.05$).

424

425

426

427

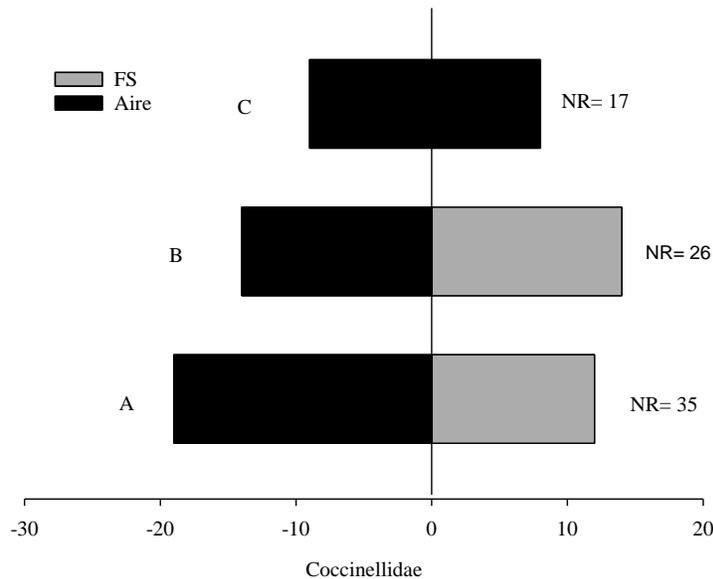


428

429 Figura 11. Respuesta de la familia Chrysopidae a la FS de *S. frugiperda*, donde A, B y C representan
430 las tres evaluaciones realizadas a los insectos y el eje x el número de insectos evaluados, el 60% de
431 los insectos respondieron en las tres evaluaciones, sin diferencia significativa en la prueba de Fisher
432 ($P>0.05$).

433

434



435

436 Figura 12. Respuesta de la familia Coccinellidae a la FS de *S. frugiperda*, donde A, B y C representan
 437 las tres evaluaciones realizadas a los insectos y el eje x el número de insectos evaluados, el 45% de
 438 los insectos respondieron en las tres evaluaciones, sin diferencia significativa en la prueba de Fisher
 439 ($P > 0.05$).

440

441

442 Tabla 2. Especies identificadas en la familia coccinellidae, y numero de insectos capturados para
 443 cada especie y el género *Zagloba*.

Orden	Familia	Género/Especie	No. de insectos
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Cycloneda sanguinea</i>	36
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Hippodamia convergens</i>	33
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Olla v-nigrum</i>	4
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Zagloba</i>	4

444

445

446 Los insectos conocidos por brindar algunos servicios ecológicos directos al cultivo fueron tomados
 447 como primordiales debido a que su captura puede estar relacionada a una respuesta generada por
 448 algún compuesto de la mezcla sintética de la FS, como en el caso de la familia Carabidae donde se
 449 observó una respuesta constante (Fig. 11), sin embargo el número de repeticiones fue reducido. La

450 familia Chrysopidae, que es de importancia economica por ser depredadora de diversas plagas (Gamboa
451 *et al.*, 2016) no presento una respuesta significativa según la prueba de Fisher.

452 La familia Coccinellidae agrupa a diversas especies depredadoras de distintas plagas, por lo que
453 para saber si alguna en particular tenía preferencia por la FS de *S. frugiperda*, se separó a los
454 insectos a nivel especie (León, 2005; Zúñiga-Reinoso, 2011).

455 El numero de otros insectos capturados es mayor al de los insectos pertenecientes a *S. frugiperda*
456 especialmente en Coleoptera, donde la familia mas afectada fue Coccinellidae, por lo cual en este
457 proyecto se propone estudiar la metodologia del trampeo con FS de FAW y comprobar que la
458 proporcion de los compuestos de la feromona sintetica asi como la estructura quimica de la misma
459 este acorde a la feromona natural producida por las hebras de esta especie.

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475 **IX Conclusion**

476

477 Solo el 9% de los insectos capturados pertenecían a *S. frugiperda*, el resto fueron insectos no objetivo.

478 Los principales insectos benéficos afectados detectados en este estudio pertenecen al orden

479 Coleoptera y la principal familia afectada fue Coccinellidae.

480 La respuesta de la familia Carabidae y Chrysopidae a los compuestos de la FS de FAW, resulto

481 atrayente para estos insectos.

482 Se identificaron 21 familias distribuidas en 6 órdenes (Lepidoptera, Coleoptera, Diptera, Hemiptera,

483 Himenoptera y Neuroptera).

484 La familia coccinellidae incluía tres especies (*C. sanguinea*, *H. convergens* y *O. v-nigrum*) además

485 de un género de micro-coccinélido (*Zagloba*), la familia chrysopidae incluyó a un solo género

486 (*chrysoperla*).

487

488

489

490

491

492

493

494

495 X **Referencias citadas**

496

497 Addo-Bediako, A., Chown, S., y Gaston, K. (2000). Thermal tolerance, climatic variability and latitude.

498 *Biological sciences / The Royal Society*, 267 (1445), 739-745.

499 Aizen, M. A., Garibaldi, L. A., Cunningham, S. A., y Klein, A. M. (2009). How much does agriculture

500 depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of Botany*, 103

501 (9), 1579-1588.

502 Aktar, M., Sengupta, D., y Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits

503 and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1), 1-12.

504 Allison, J. D., y Carde, R. T. (2016). Pheromone Communication in Moths: Evolution, Behavior, and

505 Application. University of California Press, USA, 416 pp.

506 Barrera JF, Montoya P, Rojas JC. 2006, Bases para la aplicación de trampas y atrayentes Simposio sobre

507 Trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica.

508 J.F Barrera y P. Montoya (eds.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera

509 Sur. Manzanillo, Colima, México. 1: 1-16.

510 Bowling, R. D., Brewer, M. J., Kerns, D. L., Gordy, J., Seiter, N., Elliott, N. E., Buntin G. D., Way M.

511 O., Royer T. A., Biles S. y Maxson, E. (2016). Sugarcane Aphid (Hemiptera: Aphididae): A

512 New Pest on Sorghum in North America. *Journal of Integrated Pest Management*, 7(1), 1-13.

513 Caamal-Cauich, I., Pat-Fernández, V. G., y D., M.-L. (2016). Análisis de la producción del cultivo de

514 sorgo en México y estado de Oaxaca. En F. Pérez-Soto, E. Figueroa-Hernández, y L. Godínez-

515 Montoya, Producción, Comercialización y Medio Ambiente (págs. 119-130). México, Chiapas,

516 México: ©ECORFAN. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/64946>; fecha de consulta 16-

517 III-2019.

518 Capinera, J. L. (2017). *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). University
519 of Florida. Entomology and nematology department.
520 http://entnemdept.ufl.edu/creatures/field/Fall_armyworm.htm#top; fecha de consulta 30-III-
521 2019.

522 CESAPEG. Manual de plagas y enfermedades en Maíz. Comité Estatal de Sanidad Vegetal de
523 Guanajuato.
524 http://www.cesaveg.org.mx/html/folleto/folleto_11/folleto_maiz_11.pdf; fecha de consulta 29-
525 III-2019.

526 CESAPEG. Manual de Plagas y Enfermedades en Sorgo. Comité Estatal de Sanidad Vegetal de
527 Guanajuato. http://www.cesaveg.org.mx/html/folleto/folleto_11/folleto_sorgo_11.pdf; fecha
528 de consulta 30-III-2019.

529 Cruz D. M. (2019). Autodetección de las hembras de *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA:
530 NOCTUIDAE) a su feromona sexual (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional - Centro
531 de Desarrollo de Productos Bióticos. Yautepec, Morelos, Mexico, 60 pp.

532 Cruz, I., Figueiredo, M., Silva, I., Silva, I., Paula, C., y Foster, J. (2012). Using sex pheromone traps in
533 the decision-making process for pesticide application against fall armyworm (*Spodoptera*
534 *frugiperda* [Smith] [Lepidoptera: Noctuidae]) larvae in maize. 58, 83-90.

535 Elzen, G., y Hardee, D. (2003). United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service
536 Research on managing insect resistance to insecticides. *Pest management science*, 59, 770-776.

537 FIRA. (2017). Panorama Agroalimentario. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura.
538 https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200640/Panorama_Agroalimentario_Sorgo_2
539 [016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200640/Panorama_Agroalimentario_Sorgo_2); fecha de consulta 22-IV-2020.

540 Gamboa, S., Souza, B., y Morales, R. (2016). Predatory activity of *Chrysoperla externa* (Neuroptera:
541 Chrysopidae) on *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae) in *Rosa* sp. crop. *Revista*
542 *Colombiana de Entomología*, 42(1), 54-58.

543 Gaona Hernández, M. (2015). Caracterización de la feromona sexual de *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith
544 (Lepidoptera: Noctuidae) de una población del estado de Morelos. Yautepec, Morelos, México
545 (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional. <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/16130>;
546 fecha de consulta 22-IV-2020.

547 Herrera Arrieta, Y., y Cortés Ortiz, A. (2009). Diversidad de las gramíneas de Durango, México.
548 *Polibotánica*, (28), 49-68.

549 Juarez, B., y Harrison, T. (2017). Average Production Expected as Consumption Growth Slows. Grain
550 and feed annual. U.S.A. United states department of agriculture.
551 [https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Grain%20and%20Feed%20Annual](https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Grain%20and%20Feed%20Annual_Mexico%20City_Mexico_3-14-2017.pdf)
552 [_Mexico%20City_Mexico_3-14-2017.pdf](https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Grain%20and%20Feed%20Annual_Mexico%20City_Mexico_3-14-2017.pdf); fecha de consulta 22-IV-2020.

553 Kuypers, K. (2019). Modest Growth Expected for Grain Production and Imports. Grain and Feed Annual.
554 U.S.A. United states departamento of agricultura.
555 [https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Grain%20and%20Feed%20Annual](https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Grain%20and%20Feed%20Annual_Mexico%20City_Mexico_3-12-2019.pdf)
556 [_Mexico%20City_Mexico_3-12-2019.pdf](https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Grain%20and%20Feed%20Annual_Mexico%20City_Mexico_3-12-2019.pdf); fecha de consulta 22-IV-2020.

557 León M, G. (2005). La Diversidad de Insectos de Citricos y su Importancia en los Programas de Manejo
558 Integrado de Plagas. *Revista Manejo integrado de Plagas y Agroecología*, 74, 85-93.

559 Luginbill, P. (1928). THE FALL ARMY WORM. Recuperado el 30 de marzo de 2019, United states
560 department of agriculture: <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT90913266/PDF>; fecha de
561 consulta 22-IV-2020.

562Malo, E. A., Castrejón-Gómez, V. R., Cruz-López, L., y Rojas, J. C. (2004). Antennal sensilla and
563 electrophysiological response of male and female *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:
564 Noctuidae) to conspecific sex pheromone and plant odors. *Annals of the Entomological Society*
565 *of America*, 97(6), 1273-1284.

566Malo, E. A., Cruz, E. S., González, F. J., y Rojas, J. C. (2018). A Home-Made Trap Baited With Sex
567 Pheromone for Monitoring *Spodoptera frugiperda* Males (Lepidoptera: Noctuidae) in Corn crops
568 in Mexico. *Journal of economic entomology*, 1674-1681.

569 Medina Castillo, Arely del Carmen (2005) Manejo de las tres principales plagas del sorgo (*Sorghum*
570 *bicolor* L. Moench), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith), mosquita del sorgo
571 (*Stenodiplosis sorghicola* Coquillet) y chinche pata de hoja (*Leptoglossus zonatus dallas*), en
572 época de postrera del 2003 en la zona de Tisma, Masaya. Ingeniería, Universidad Nacional
573 Agraria, UNA.

574Mondragón P., J. (2009). Malezas de México: *Sorghum bicolor* (L.) Moench. (H. Vibrans, Editor).
575 Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
576 <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/sorghum-bicolor/fichas/ficha.htm>; fecha
577 de consulta 22-IV-2020.

578Morón R., M. A., y Terrón, R. (1988). Entomología práctica: una guía para el estudio de los insectos con
579 importancia agropecuaria, médica, forestal y ecológica de México (Vol. 22). (I. d. Ecología, Ed.)
580 Mexico.

581Penagos, D. I., Magallanes, R., Valle, J., Cisneros, J., Martínez, A. M., Goulson, D., W. Chapman, P.
582 Caballero, Cave R. D., y Williams, T. (2003). Effect of weeds on insect pests of maize and their
583 natural enemies in Southern Mexico. *International Journal of Pest Management*, 49(2), 155-161.

584Pérez, N., y Vázquez Moreno, L. L. (2001). Pérez, N. Y L. L. Vázquez. Manejo ecológico de plagas. En:
585 Transformando el campo cubano. Avances de la Agricultura Sostenible. Ed. ACTAF. La Habana.
586 Pp. 191-223. 2001. In (pp. 191-223).

587Rojas , J., Virgen, A., y Malo , E. (2004). Seasonal and nocturnal flight activity of spodoptera frugiperda
588 males (Lepidoptera: Noctuidae) monitored by pheromone traps in the coast of chiapas, mexico.
589 *Florida Entomologist*, 87(4), 496-503.

590Triplehorn, C. A., Johnson, N. F., y Borror, D. J. (2005). Borror and DeLong's Introduction to the Study
591 of Insects: Thompson Brooks/Cole, USA, 864 pp.

592USDA. (2019). World Agricultural Production. U.S.A. United States Department of Agriculture
593 [.https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf](https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf): fecha de consulta 22-IV-2020.

594Witzgall, P., Kirsch, P., y Cork, A. (2010). Sex Pheromones and Their Impact on Pest Management.
595 *Journal of Chemical Ecology*, 36, 80–100.

596Wyckhuys, K. A. G., y O'Neil, R. J. (2006). Population dynamics of Spodoptera frugiperda Smith
597 (Lepidoptera: Noctuidae) and associated arthropod natural enemies in Honduran subsistence
598 maize. *Crop Protection*, 25(11), 1180-1190.

599Yanes-Gómez, G., Pérez-Méndez, M., Ramírez-González, O., Morón, M., Carrillo-Ruiz, H., y Romero-
600 López, A. (2015). Diversidad de coleópteros copro-necrófagos en el "Rancho Canaletas", Paso
601 del Macho, Veracruz, México. *Acta zoológica mexicana*. (n.s.), 31(2), 283-290.

602Zúñiga-Reinoso, Á. (2011). Los Coccinélidos (Coleoptera: Coccinellidae) de la región de Magallanes:
603 Nuevos registros y distribución regional. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 39, 59-71.

604Hodek, I., y Honek, A. (2013). Ecology of Coccinellidae: Springer Netherlands.

605Medeiros, M., Ribeiro, P., Morais, H., Castelo Branco, M., Sujii, E., y Salgado-Laboriau, M. (2010).
606 Identification of plant families associated with the predators *Chrysoperla externa* (Hagen)
607 (Neuroptera: Chrysopidae) and *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville (Coleoptera:
608 Coccinelidae) using pollen grain as a natural marker. *Brazilian Journal of Biology*. 70, 293-300.

609Garland, J. J. T. C. E. (1985). Identification of Chrysopidae in Canada, with bionomic notes (Neuroptera).
610 117(6), 737-762.