



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSGRADO EN FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

## **CALIDAD DE LAS FEROMONAS SINTÉTICAS UTILIZADAS EN EL TRAMPEO DE LEPIDÓPTEROS DE IMPORTANCIA CUARENTENARIA**

JOSE MANUEL MONTIEL CASTELÁN

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

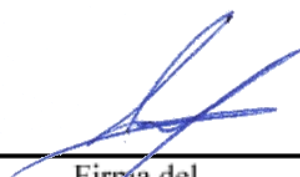
2020

## CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe José Manuel Montiel Castelán, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Juan Cibrían Tovar, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Calidad de las feromonas utilizadas en el trampeo de lepidopteros de importancia cuarentenaria

y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 15 de junio de 2020



Firma del  
Alumno (a)



Dr. Juan Cibrían Tovar

Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada “**CALIDAD DE LAS FEROMONAS SINTÉTICAS UTILIZADAS EN EL TRAMPEO DE LEPIDÓPTEROS DE IMPORTANCIA CUARENTENARIA**”, realizada por el alumno: **JOSE MANUEL MONTIEL CASTELAN**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS  
FITOSANIDAD  
ENTOMOLOGIA Y ACAROLOGIA**

**CONSEJO PARTICULAR**

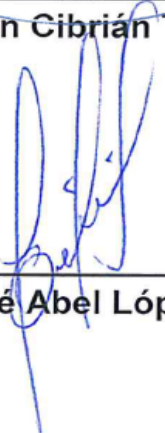
CONSEJERO



---

**Dr. Juan Cibrián Tovar**

ASESOR



---

**Dr. José Abel López Buenfil**

ASESOR



---

**Dr. Néstor Bautista Martínez**

Montecillo, Texcoco, Estado de México, junio de 2020

# CALIDAD DE LAS FEROMONAS SINTÉTICAS UTILIZADAS EN EL TRAMPEO DE LEPIDÓPTEROS DE IMPORTANCIA CUARENTENARIA

José Manuel Montiel Castelán, MC

Colegio de Postgraduados, 2020

## RESUMEN

En México, una gran cantidad de feromonas sexuales se utilizan para la detección de plagas ausentes del país o para el monitoreo de plagas que están presentes causando daños a los cultivos, sin embargo, no existen medidas regulatorias para la producción, comercialización y distribución de estos productos. Por lo tanto, se evaluó la autenticidad y composición porcentual de los atrayentes distribuidos por dos casas comerciales en México para 10 especies de plagas pertenecientes al orden Lepidoptera de importancia cuarentenaria. Mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, se evaluaron la composición cualitativa, proporcional, cuantitativa y las tasas de liberación de campo. Se observó que existe una variabilidad significativa en todos los parámetros evaluados entre las casas comerciales, la feromona de *Cactoblastis cactorum*, *Epiphyas postvittana*, *Lobesia botrana* y *Spodoptera litura* presenta composiciones y proporciones adecuadas, de acuerdo a la literatura; *Argyrotaenia franciscana* hubo diferencias en proporciones entre proveedores, las feromonas de *Grapholita molesta*, *Helicoverpa armigera*, *Thaumatotibia leucotreta* y *Lymantria dispar* en al menos un proveedor solo se encontró un compuesto. Se realizó un análisis de las capturas de especies de lepidópteros no blancos durante ocho años en las trampas cebadas con las 10 feromonas en estudio, lo anterior refleja la diferenciación en la composición de las feromonas, lo que conduce a capturas de especies no blanco. Los resultados de este estudio destacan la necesidad de establecer pautas de calidad química para la aceptabilidad de estos productos. Estas pautas podrían incluir la elaboración de protocolos estándar para la formulación y evaluación de dichos atrayentes.

**Palabras clave:** semioquímicos, calidad química, composición, proporciones, tasa de liberación.

# QUALITY OF THE SYNTHETIC PHEROMONES USED IN THE TRAPPING OF LEPIDOPTERS OF QUARANTINE IMPORTANCE

José Manuel Montiel Castelán, MC  
Colegio de Postgraduados, 2020

## ABSTRACT

In Mexico, a large number of sex pheromones are used for the detection of pests absent in the country or for monitoring pests that are present causing damage to crops, however, there are no regulatory measures for the production, marketing and distribution of these compounds. Therefore, the authenticity and percentage composition of the attractants distributed by two commercial houses in Mexico were evaluated for 10 species of Lepidopteran quarantine pests. Using gas chromatography coupled with mass spectrometry, the qualitative, proportional, quantitative composition and field release rates were evaluated. It was observed that there is a significant variability in all the parameters evaluated between the commercial houses, the pheromone of *Cactoblastis cactorum*, *Epiphyas postvittana*, *Lobesia botrana* and *Spodoptera litura* present adequate compositions and proportions, according to the literature; for *Argyrotaenia franciscana* there were differences in proportions between suppliers, the pheromones for *Grapholita molesta*, *Helicoverpa armigera*, *Thaumatotibia leucotreta* and *Lymantria dispar* in at least one supplier only one compound was found. An analysis of the catches of non-target lepidopteran species was carried out for eight years in the traps baited with the 10 pheromones under study, this reflects the differentiation in the composition of the pheromones, which leads to catches of non-target species. The results of this study highlight the need to establish chemical quality guidelines for the acceptability of these products. These guidelines could include the development of standard protocols for the formulation and evaluation of commercial attractants.

**Key words:** semiochemicals, chemical quality, composition, proportions, release rate.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por permitirme un logro más en mi vida.

Al Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), especialmente al Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria de la Dirección General de Sanidad Vegetal, por la oportunidad y las facilidades brindadas para obtener este grado.

Al Colegio de Postgraduados por haberme brindado la oportunidad de continuar con mi formación profesional.

Al Dr. Juan Cibrián Tovar, por su paciencia, consejos, apoyo y sobre todo por su acertada dirección en la realización de este trabajo.

A los integrantes de mi consejo particular Dr. Juan Cibrián Tovar, al Dr. José Abel López Buenfil y al Dr. Néstor Bautista Martínez, por su valiosa participación y apoyo incondicional en la asesoría de este trabajo de investigación.

Al Dr. Luis Francisco Salomé Abarca por su apoyo y aportaciones en el desarrollo de este trabajo.

A la Dra. Obdulia Segura León, por su participación como sinodal.

A todas las personas que de alguna manera me apoyaron para poder concluir exitosamente este proyecto. Gracias

## DEDICATORIA

A mi esposa Rubí y mis hijos Francisco y Jaqueline, quienes son el eje que le da rumbo y sentido a mi vida. Gracias por su amor y respaldo, son parte del cumplimiento de este objetivo.

A mis padres Francisco y Feliciano, por su confianza, amor, humildad, consejos y sacrificios.

Gracias por darme la dicha de ser su hijo.

## CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>vi</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE CUADROS.....</b>	<b>xiv</b>
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
Plagas cuarentenarias .....	3
Vigilancia de plagas reglamentadas en México .....	3
1. Gusano de la mazorca ( <i>Helicoverpa armigera</i> Hübner, 1808).....	5
2. Palomilla del tomate ( <i>Tuta absoluta</i> Meyrick, 1917) .....	8
3. Gusano oriental de la fruta ( <i>Spodoptera litura</i> Fabricius, 1775.....	10
4. Palomilla del nopal ( <i>Cactoblastis cactorum</i> Berg).....	13
5. Palomilla oriental de la fruta ( <i>Grapholita molesta</i> Busck).....	17
7. Palomilla marrón de la manzana ( <i>Epiphyas postvittana</i> Walker) .....	23
8. Palomilla europea de la vid ( <i>Lobesia botrana</i> Denis & Schiffermüller, 1808).....	27
9. Tortricido anaranjado ( <i>Argyrotaenia franciscana</i> Walsingham) .....	30
10. Falso gusano de la fruta ( <i>Thaumatotibia leucotreta</i> Meyrick, 1913) .....	33
Trampeo para la detección de lepidópteros plaga de importancia cuarentenaria .....	36
Feromonas sexuales en lepidópteros .....	37
Eficiencia de los sistemas de trampeo.....	39



<b>CAPITULO I. EVALUACION DE LA CALIDAD QUÍMICA DE FEROMONAS UTILIZADAS PARA LA DETECCIÓN DE LEPIDOPTEROS CUARENTENARIOS EN MÉXICO .....</b>	<b>42</b>
1.1 RESUMEN .....	42
1.2 ABSTRACT .....	43
1.3 INTRODUCCIÓN .....	44
1.4 MATERIALES Y METODOS .....	45
1.4.1 Composiciones y proporciones de referencia para feromonas comerciales de diez especies de lepidópteros cuarentenados en México.....	45
1.4.2 Extracción de compuestos en mezclas feromonales comerciales.....	47
1.4.3 Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG- EM) 48	48
1.4.4 Cuantificación de compuestos feromonales .....	48
1.4.5 Tasas de liberación de tres feromonas sexuales de tres especies de lepidópteros cuarentenados.....	49
1.4.6 Análisis estadístico.....	50
1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
1.6 CONCLUSIONES .....	63
<b>CAPITULO II. PALOMILLAS ASOCIADAS AL MONITOREO DE DIEZ ESPECIES DE LEPIDOPTEROS DE IMPORTANCIA CUARENTENARIA EN MÉXICO, DE LOS AÑOS 2010 AL 2018.....</b>	<b>64</b>
2.1 RESUMEN .....	64
2.2 ABSTRACT .....	65
2.3 INTRODUCCIÓN .....	66
2.4 MATERIALES Y METODOS .....	67
2.5 RESULTADOS Y DISCUSION.....	68
3.5.1. Capturas con la feromona de <i>Argyrotaenia franciscana</i> .....	68
3.5.2. Capturas con la feromona de <i>Cactoblastis cactorum</i> .....	69
3.5.3. Capturas con la feromona de <i>Epiphyas postvittana</i> .....	70
3.5.4. Capturas con la feromona de <i>Grapholita molesta</i> .....	71
3.5.5. Capturas con la feromona de <i>Helicoverpa armigera</i> .....	72

3.5.6. Capturas con la feromona de Lobesia botrana .....	74
3.5.7. Capturas con la feromona de Lymantria dispar .....	74
3.5.8. Capturas con la feromona de Spodoptera litura .....	75
3.5.9. Capturas con la feromona de Tuta absoluta .....	75
2.6 CONCLUSION .....	76
<b>CONCLUSION GENERAL.....</b>	<b>77</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>78</b>

## LISTA DE FIGURAS

No	Nombre	Pagina
Figura 1	Adulto de <i>Helicoverpa armigera</i> y componentes de su feromona y proporción	8
Figura 2	Adulto de <i>Tuta absoluta</i> y componentes de su feromona y proporción	10
Figura 3	Adulto de <i>Spodoptera litura</i> y componentes de su feromona y proporción	13
Figura 4	Adulto de <i>Cactoblastis cactorum</i> y componentes de su feromona y proporción	17
Figura 5	Adulto de <i>Grapholita molesta</i> y componentes de su feromona y proporción	20
Figura 6	Adulto de <i>Lymantria dispar</i> y componentes de su feromona y proporción	23
Figura 7	Adulto de <i>Epiphyas postvittana</i> y componentes de su feromona y proporción	26
Figura 8	Adulto de <i>Lobesia botrana</i> y componentes de su feromona y proporción	30
Figura 9	Adulto de <i>Argyrotaenia franciscana</i> y componentes de su feromona y proporción	33
Figura 10	Adulto de <i>Thaumatotibia leucotreta</i> y componentes de su feromona y proporción	36
Figura 11	Clasificación de los semioquímicos	37
Figura 12	Cromatógramas de la feromona sexual sintética de <i>Cactoblastis cactorum</i>	51
Figura 13	Cromatógramas de la feromona sexual sintética de <i>Argyrotaenia franciscana</i>	52

No	Nombre de la figura	Pagina
Figura 14	Cromatogramas de la feromona sexual sintética de <i>Grapholita molesta</i>	53
Figura 15	Cromatogramas de la feromona sexual sintética de <i>Helicoverpa armigera</i>	53
Figura 16	Cromatogramas de la feromona sexual sintética de <i>Thaumatotibia leucotreta</i>	53
Figura 17	Cromatogramas de la feromona sexual sintética de <i>Lymantria dispar</i>	54
Figura 18	Cromatogramas de la feromona sexual sintética de <i>Epiphyas postvittana</i>	55
Figura 19	Cromatogramas de la feromona sexual sintética de <i>Lobesia botrana</i>	56
Figura 20	Cromatogramas de la feromona sexual sintética de <i>Spodoptera litura</i>	56
Figura 21	Cromatogramas de la feromona sexual sintética de <i>Tuta absoluta</i>	56
Figura 22	Curvas de calibración, ecuaciones de pendiente e índice de correlación ( $R^2$ ) de los componentes feromonales de <i>Cactoblastis cactorum</i> , <i>Helicoverpa armigera</i> y <i>Tuta absoluta</i> , contenidos en septos expuestos en campo durante 10, 20 y 30 días.	62
Figura 23	Especies capturadas con la feromona sintética de <i>A. franciscana</i> (Z)-11-tetradecenilo (1) y (Z)-11-Tetradecenal (15)	69
Figura 24	Especies capturadas con la feromona sintética de <i>C.cactorum</i> (Z,E)-9,12-tetradecadienilo, (Z,E)-9,12-tetradecadien-1-ol (42).	70
Figura 25	Especies capturadas con la feromona sintética de <i>Epiphyas postvittana</i> (E)-11-tetradecenilo (100), (E,E)-9,11-tetradecadienilo (7.1)	71

No	Nombre de la figura	Pagina
Figura 26	Especies capturadas con la feromona sintética de <i>G. molesta</i> (Z)-8-Dodecenilo (95), (E)-8-dodecenilo (5)	72
Figura 27	Especies capturadas con la feromona sintética de <i>H. armigera</i> (Z)-11-hexadecenal (100 y (Z)-9-hexadecenal (1.37)	73
Figura 28	Especies capturadas con la feromona sintética de <i>L. botrana</i> (E,Z)-7,9-dodecadienilo (100), (Z)-9-dodecenilo (13)	74
Figura 29	Especies capturadas con la feromona sintética de <i>S. litura</i> (Z,E)-9,11-tetradecadienilo (9), (Z,E)-9,12-tetradecadienilo (1).	75
Figura 30	Especies capturadas con la feromona sintética de <i>T. absoluta</i> (E,Z,Z)-3,8,11-tetradecatrienilo (92), (E, Z)-3,8-tetradecadienilo (8),	76

## LISTA DE CUADROS

No	Nombre del cuadro	Página
Cuadro 1	Componentes y proporciones de feromonas sexuales de 10 especies de lepidópteros plaga de importancia cuarentenaria en México.....	46
Cuadro 2	Composiciones y proporciones de compuestos feromonales en diez especies de lepidópteros cuarentenados en México en dos proveedores comerciales.....	57
Cuadro 3	Comparación del área de picos cromatográficos de compuestos feromonales extraídos de septos comerciales de dos proveedores comerciales en México.....	58
Cuadro 4	Componentes y proporciones de feromonas sexuales de 10 especies de lepidópteros plaga bajo vigilancia en México.....	67
Cuadro 5	Numero de muestras ingresadas a laboratorio de diagnóstico del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, sospechosas a las plagas bajo vigilancia epidemiológica fitosanitaria.....	68
Cuadro 6	Especies capturadas con feromona sintética de <i>L. dispar</i> (7R,8S)-cis-7,8-epoxi-2-metiloctadecano (100), (7R,8S)-cis-7,8-epoxi-2-metiloctadec-17-eno (1).....	74

## INTRODUCCIÓN GENERAL

El uso de feromonas sexuales sintéticas es importante para detección y monitoreo de insectos plaga, para lo cual se cargan en septos de caucho en cantidades que oscilan entre 0.1 y 1 mg y se colocan dentro de trampas que capturan a machos atraídos (Daterman *et al.*, 1982). Las trampas con feromonas son lo suficientemente sensibles y específicas para detectar bajas densidades de una especie. Esto posibilita la detección de especies invasoras que puedan considerarse plagas cuarentenarias, el seguimiento de una especie exótica ya establecida (Cossé *et al.*, 2005), o su uso en programas de erradicación (Kean y Suckling, 2005). Las capturas permiten determinar cuándo y dónde está presente la plaga, además de estimar su dinámica poblacional (Daterman, *et al.*, 1982), lo anterior, es esencial para implementar un plan de manejo de manera eficiente (Quigley, 2015).

Actualmente, las feromonas de aproximadamente 600 especies de lepidópteros han sido caracterizadas químicamente (El-Sayed, *et al.*, 2011). Decenas de especies plaga son monitoreadas mediante septos con feromonas comercializados por distintas empresas regionales o internacionales. Aproximadamente 20 millones de septos con feromonas son producidos por año, en su mayoría para lepidópteros (Witzgall *et al.*, 2010). Sin embargo, los sistemas de trampeo con dichos atrayentes pueden ser afectados por factores tales como: la trampa, el clima, la fenología de los cultivos, la biología de la plaga y el atrayente mismo (Barrera *et al.*, 2006), en este último la naturaleza química, volatilidad, solubilidad y vida útil de las moléculas en el ambiente determinan su eficiencia (Heuskin, *et al* 2011).

En México, el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, utiliza feromonas sexuales para la detección de 10 lepidópteros plaga que actualmente están ausentes o son de ubicación restringida, es decir se encuentran en el listado de plagas reglamentadas de México ante la International Plant Protection Convention (IPPC) (SENASICA, 2019a). Sin embargo, aunque existan medidas regulatorias para la comercialización de feromonas, las cuales deben de estar registradas ante la Comisión

Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, no existen parámetros para la evaluación y autorización del registro de las feromonas sexuales, por lo cual es necesaria la verificación de la composición feromonal, las proporciones y tasas de liberación de productos utilizados para la captura de especies plaga ausentes del País. Por tal motivo, es necesario llevar a cabo un estudio en laboratorio y campo que permita evaluar la calidad química de tales atrayentes. Este análisis determinaría las composiciones, proporciones y tasas de liberación de dichos productos para ser usados en conjunto con la información biológica disponible e inferir la efectividad teórica de dichos atrayentes (Heuskin et al, 2011). Esto podría servir como guía en la elección de proveedores con mayor calidad de producto y dar pauta a la realización de estudios a fondo sobre atrayentes específicos.

Con base en lo anterior, se plantearon como objetivos el realizar el análisis de la calidad química de las feromonas sexuales de especies de lepidópteros plaga ausentes o de ubicación restringida, que son de importancia cuarentenaria para México: *Cactoblastis cactorum* (Pyralidae), *Argyrotaenia franciscana* (Tortricidae), *Epiphyas postvittana* (Tortricidae), *Grapholita molesta* (Tortricidae), *Helicoverpa armigera* (Noctuidae), *Lobesia botrana* (Tortricidae), *Lymantria dispar* (Erebidae), *Spodoptera litura* (Noctuidae), *Thaumatotibia leucotreta* (Tortricidae) y *Tuta absoluta* (Gelechiidae), con base en sus composiciones, proporciones y tasas de liberación.

Con el fin de alcanzar los objetivos propuestos, el presente trabajo se dividió en tres secciones. La primera sección constó de revisión de literatura con relación a cada una de las plagas, esto incluyó su importancia, distribución mundial, biología, plantas hospedantes, antecedentes de detecciones en México. En la siguiente sección, capítulo uno, se analizó la calidad de las feromonas comerciales y sus tasas de liberación. El capítulo dos muestra resultados de capturas de especies no blanco con feromonas sexuales de las 10 plagas blanco de la presente investigación.



## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **Plagas cuarentenarias**

Una plaga cuarentenaria es una plaga de importancia económica potencial para un área geográfica, aun cuando no esté presente o, si está presente, no está ampliamente distribuida y se encuentra bajo control oficial (CIPF, 2018).

Las plagas cuarentenarias pueden ser reglamentadas, es decir, los países que son miembros de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) deberán establecer y actualizar el listado de plagas reglamentadas con sus nombres científicos. Lo anterior como parte fundamental de la protección fitosanitaria de un país. Asimismo, las Organizaciones Nacionales de Protección Fitosanitaria, deberán establecer la vigilancia de plantas en cultivo, tanto de las tierras cultivadas (por ejemplo, campos, plantaciones, viveros, jardines, invernaderos y laboratorios) y la flora silvestre de las plantas y productos vegetales en almacenamiento o transporte, particularmente con el fin de informar de la presencia, el brote y la diseminación de plagas, y de combatirlas (CIPF, 2019).

### **Vigilancia de plagas reglamentadas en México**

En México el Servicio Nacional Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), establece el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria, con la finalidad de implementar esquemas de vigilancia de plagas, considerando factores de riesgo, con las siguientes obligaciones:

- I. Detectar la presencia, transitoriedad, incursión y, en su caso, determinar la ausencia de plagas reglamentadas.
- II. Coadyuvar en la delimitación de plagas reglamentadas o de Riesgos Fitosanitarios y, en su caso, una vez realizada esta delimitación participar en la aplicación de las Medidas Fitosanitarias para el control de las Plagas

Reglamentadas presentes o emergentes, a efecto de evitar la diseminación o dispersión de esta, así como notificar dichas Medidas Fitosanitarias a los productores para su aplicación inmediata.

- III. Capacitar al personal que opere sistemas de vigilancia epidemiológica fitosanitaria, así como en la implementación de simulacros de planes de emergencia.
- IV. Verificar la presencia o transitoriedad e incursión de plagas, mediante la confirmación en sitio y toma de muestras para su diagnóstico en laboratorio
- V. Realizar el mapeo fitosanitario de las principales plagas

(DOF, 2016).

Para cumplir con lo anterior, SENASICA realiza la priorización de plagas para su vigilancia anual, las cuales se obtienen del listado de plagas reglamentadas que México tiene ante la CIPF, considerando criterios de la Etapa II del Análisis de Riesgo de Plagas (ARP), donde se evalúa la probabilidad de ingreso, establecimiento, dispersión de la plaga y la magnitud de las posibles consecuencias económicas en México. Lo anterior de acuerdo con lo establecido en la NIMF N° 11. Adicionalmente, se contemplan variables que utilizan países como Estados Unidos de América y Canadá en apego a los tratados internacionales de la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO) de la que México es integrante con la finalidad de homologar y estandarizar un procedimiento regional internacional (SENASICA, 2019a).

Del listado de plagas a vigilar por el SENASICA en cada año, destacan diez especies de lepidópteros las cuales se han vigilando al menos durante los 5 años posteriores al año en curso. Por el riesgo alto que representan para México, debido a los daños potenciales que pueden causar a la producción agrícola y las restricciones para el comercio internacional, estas especies son:

- Gusano de la mazorca - *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae)
- Palomilla del tomate - *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelichidae)
- Gusano oriental de la fruta - *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae)
- Palomilla del nopal - *Cactoblastis cactorum* Berg (Lepidoptera: Pyralidae)

- Palomilla oriental de la fruta - *Grapholita molesta* Busck (Lepidoptera: Tortricidae)
- Palomilla gitana - *Lymantria dispar* Linnaeus (Lepidoptera: Erebidade)
- Palomilla marrón de la manzana - *Epiphyas postvittana* Walker (Lepidoptera: Tortricidae)
- Palomilla europea de la vid - *Lobesia botrana* Denis&Schifferrmüller (Lepidoptera:Tortricidae)
- Tortricido anaranjado - *Argyrotaenia franciscana* Walsingham (Lepidoptera: Tortricidae)
- Falso gusano de la fruta - *Thaumatotibia leucotreta* Meyrick (Lepidoptera Tortricidae).

(SENASICA, 2019a).

A continuación, se hace una breve descripción de estas plagas:

### **1. Gusano de la mazorca (*Helicoverpa armigera* Hübner, 1808)**

#### **Clasificación taxonómica y descripción morfológica de la plaga**

*Helicoverpa armigera* es un insecto del orden Lepidoptera, de la familia Noctuidae (CABI, 2019a), con características similares a la especie *Helicoverpa zea*, los huevos son de 0.42 a 0.60 mm de longitud y 0.40 a 0.55 mm de ancho, de color blanco amarillento brillante y cambian a una tonalidad café oscuro antes de eclosionar (Alí, *et al.*, 2019). Las larvas son de color variable, presenta 5 estadios larvales, a partir del segundo, se observa una banda blanca bajo los espiráculos oscuros y tres rayas oscuras en la parte dorsal (Alí, *et al.*, 2009), la pupa presenta dos espinas paralelas en el extremo posterior, mide de 14 a 22 mm de largo (Sullivan *et al.*, 2010). El adulto mide de 14 a 18 mm y tiene una envergadura alar entre 3.5 y 4 cm, presenta 7 a 8 manchas pequeñas en el margen de las alas anteriores y un punto redondo oscuro situado en el centro del ala, existe dimorfismo sexual, los machos son de color gris verdoso y las hembras color café (Alí *et al.*, 2009).

## **Importancia de la plaga e impacto económico**

*H. armigera* es una especie importante por ser altamente polífaga, ya que tiene la capacidad de desarrollarse en muchos cultivos tanto convencionales como genéticamente modificados (Liu *et al.* 2006). Se reporta en aproximadamente 180 especies pertenecientes a 45 familias de plantas hospedantes, entre los que se encuentran el algodón, maíz, papa, tabaco, tomate, cebolla, manzana, durazno, okra, cítricos, etc. (Sánchez *et al.*, 2000). Es una especie con alta movilidad, tasa reproductiva rápida y diapausa facultativa, lo que se adapte rápidamente en hábitats estacionales (CABI, 2019a).

En cultivos de alto valor como algodón, tomate, maíz y hortalizas ocasiona daños con altos costos económicos por bajar los rendimientos y por altos costos en monitoreo y control (Vennette *et al.*, 2003). Las pérdidas causadas por esta plaga en algodón en Australia, China e India, van del 50 al 60% de la producción anual (Scalora *et al.*, 2014). En Burkina Faso, India, Nueva Zelanda y España es considerada una plaga devastadora en el cultivo de tomate (Scalora, *et al.*, 2014). En 1995, atacó los viñedos (uva) en el condado de Tolna, Hungría, donde las larvas más desarrolladas al alimentarse originaron orificios profundos en las vides (Lammers y MacLeod, 2007). En 2003 en Italia se observó un grave daño en cultivos a campo abierto e invernadero, en la región Metaponto, en los cultivos de pimiento, siendo el daño del 30% en los frutos y del 70 al 80% en plantas (Sannino *et al.*, 2004). Actualmente afecta varios cultivos en Brasil como soya, algodón, maíz, frijol, garbanzo, linaza, girasol, cereales de invierno, cítricos, trigo, cebada, avena y sorgo (Salamanca y Moraes, 2013).

## **Potencial de impacto económico en México y situación actual**

En México, es muy factible que *H. armigera* ingrese al país debido a que desde el año 2013 se encuentra presente en el Continente Americano, en países como Brasil, Paraguay, Argentina y Puerto Rico (SENASICA, 2019). Además este insecto es una especie de rápida dispersión, puesto que los adultos pueden volar grandes distancias de

hasta hasta 10 km, además de presentar hábitos migratorios, volando de 250 hasta 1,000 Kilómetros (CABI, 2019). De introducirse a nuestro País y establecerse tendría repercusiones económicas inmediatas debido a que podría afectar a más de 15 millones 300 mil hectáreas de 20 cultivos hospedantes, de acuerdo a datos del SIAP, 2019.

Con base en la Norma Internacional de Medidas Fitosanitarias No.8 Determinación de una plaga en un área *H. armigera* es considerada en México como una plaga Ausente: no hay registros de la plaga (SENASICA, 2019b).

### **Biología**

Puede presentar de dos a cinco generaciones por año en climas templados y subtropicales y hasta 11 en regiones tropicales (Venette *et al.*, 2013). La hembra oviposita de 1000 a 1500 huevos de forma aislada o en pequeños grupos, las larvas emergen y su duración depende de la temperatura y disponibilidad del hospedante desde 9 hasta 45 días (RAIF,2011). En estado de pupa puede durar de 6 hasta 30 días (Hackett y Gatehouse, 1982), además puede interrumpir su desarrollo (diapausa) como mecanismo de defensa ante condiciones adversas (Deepak *et al.*,2013). Las hembras adultas pueden vivir más que el macho, ya que viven en promedio de 5 a 28 días y los machos de 1 a 23 días (CABI, 2019a).

### **Daños**

Los daños mayores se reportan en algodón, tomate, maíz, garbanzo, cítricos y algunas leguminosas; (Sullivan *et al.*, 2010) en maíz las larvas invaden las mazorcas y consumen el grano en desarrollo. Las larvas causan daños en inflorescencias, brotes y hojas inmaduras, los frutos inmaduros invadidos pueden caer y los frutos próximos a la cosecha pueden ser atacados severamente. En infestaciones severas pueden provocar defoliación y en botones florales perfora la flor (CABI 2019a).

## Feromona de la plaga

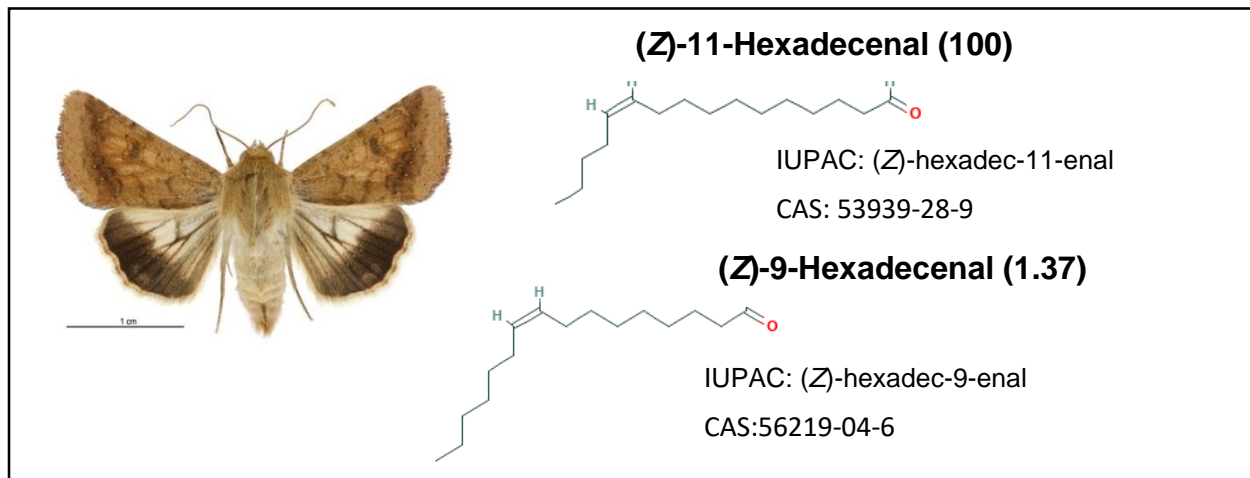


Figura 1. Adulto de *Helicoverpa armigera* (Lancare Research, 2020) y componentes de su feromona y proporción (Zhang *et al.*, 2012), IUPAC: Nombre de la International Union of Pure and Applied chemistry, CAS: registro de la American Chemical Society.

## 2. Palomilla del tomate (*Tuta absoluta* Meyrick, 1917)

### Clasificación taxonómica y descripción de la plaga

La especie *Tuta absoluta* es un microlepidótero, de la familia Gelechidae (CABI, 2019e). Los huevos son de forma ovalada de aproximadamente 0.35 mm de largo por 0.22 mm de ancho (Larrain, 2011), son de color crema y conforme se aproximan a la eclosión, se tornan amarillo a oscuros (Monteserrat, 2009).

La larva pasa por 4 estadios, son de color crema, con la cabeza oscura, pasan de color verdoso y ligeramente rosado a partir del segundo estadio llegan a medir hasta 8 mm de longitud, la pupa es tipo obtecta, color verde olivo, tornándose de color café antes de emerger el adulto (Santos y Perera, 2010).

El adulto mide aproximadamente 10 mm, posee antenas filiformes y alas grises con manchas negras sobre las alas anteriores, con una banda de pelos en el borde posterior (Santos y Perera, 2010).

## **Importancia de la plaga e impacto económico**

*Tuta absoluta* es una plaga originaria de Sudamérica, endémica de la mayoría de zonas productoras de tomate y es considerada el problema fitosanitario más importante de este cultivo (Monserrat, 2009). En la mayoría de los países de Sudamérica es considerada una plaga devastadora del cultivo, ya que las plantas de tomate pueden ser afectadas en cualquier etapa de desarrollo (Estay, 2003). Es una plaga que afecta principalmente al cultivo del tomate, aunque también puede presentarse en otras solanáceas ocasionando daños al fruto, demeritando su calidad y limitando su comercialización. Cuando no se aplican medidas de control, se pueden presentar pérdidas de hasta el 100 % (Ruisánchez, 2011.)

## **Potencial de impacto económico en México y situación actual**

Actualmente, se ha confirmado la presencia de la palomilla del tomate en países de Centroamérica, lo que hace factible su ingreso en pocos años, por factores como movimiento de personas y fenómenos naturales (SENASICA, 2019d), ya que recientemente se ha detectado su presencia en Haití, (Verheggen, *et al.*, 2019), Costa Rica (Gómez y Vargas, 2016) y Panamá (EPPO, 2013). De introducirse a nuestro País, la plaga tendría condiciones favorables para su desarrollo, de acuerdo con el análisis realizado por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, podría afectar a 273 mil hectáreas de cultivos de tomate, chile, papa y berenjena, además de su comercialización por el cierre del mercado con los Estados Unidos de América (SENASICA, 2019d).

Con base en la Norma Internacional de Medidas Fitosanitarias No.8 Determinación de una plaga en un área *Tuta absoluta* es considerada en México como una plaga Ausente: no hay registros de la plaga (SENASICA, 2019d).

## **Biología**

El ciclo de vida de la plaga puede ser de 26 días en promedio a una temperatura de 26°C (Gómez, 2016), con variaciones en función de las condiciones ambientales desde 23 hasta 40 días (Larrain, 2011). Los huevos tardan de 4 a 6 días en eclosionar. Las larvas viven entre 10 y 15 días donde pasan por cuatro estadios para dar lugar a la pupa (a veces cinco), esta etapa dura de 10 a 12 días; posteriormente emerge el adulto (USDA-APHIS, 2011).

### Daños de la plaga

Al emerger del huevo la larva rompe la epidermis de la hoja, consume el mesófilo formando galerías (Quiroz, 1975). Las plantas de tomate pueden ser atacadas en cualquier etapa de desarrollo fenológico, ya sea plántulas o en producción, los síntomas iniciales son galerías en hojas, brotes tiernos, flores o frutos recién formados, cuando hay alta densidad los daños también se presentan en frutos próximos a madurar (Monteserrat, 2008).

### Feromona de la plaga

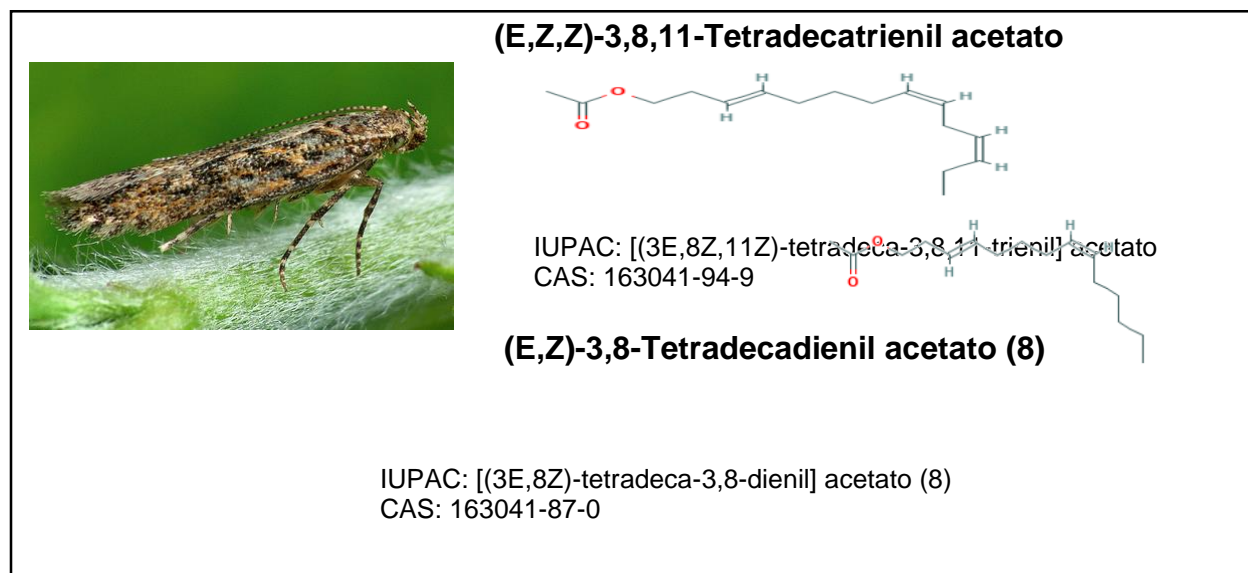


Figura 2. Adulto de *Tuta absoluta* (Monserrat, 2009) y componentes de su feromona y proporción (Grleplnk *et al.* 1996), IUPAC: Nombre de la International Union of Pure and Applied chemistry, CAS: registro de la American Chemical Society.

### 3. Gusano oriental de la fruta (*Spodoptera litura* Fabricius, 1775



## **Clasificación taxonómica y descripción de la plaga**

La especie *Spodoptera litura* es del orden Lepidoptera, de la familia Noctuidae (CABI, 2019b), sus huevos son esféricos y aplanados, miden de 0.4 a 0.7 mm de diámetro, color verde perlado, tornándose negros a medida que maduran, depositados en forma de grupo, generalmente se encuentran cubiertos con escamas (Sullivan, 2007). Las larvas presentan tres líneas dorsales, con una de color amarillo-naranja en el centro y las otras dos de color amarillo claro. Es robusta y lisa con setas cortas (Sullivan, 2007). La pupa es obtecta, mide de 15 a 20 mm de largo, color rojizo, en la punta del abdomen con dos espinas (CABI, 2019b). El adulto es color grisáceo, con una longitud de 15 a 20 mm y envergadura de 30 a 38 mm. Con las alas anteriores de color gris a rojizo con un padrón muy variado y líneas claras en todo lo largo de las venas, las alas posteriores son de color grisáceo con un brillo violeta, el abdomen y tórax color naranja con mechones de cerdas en la superficie dorsal (Sullivan, 2007).

## **Importancia de la plaga e impacto económico**

*Spodoptera litura* es una de las plagas de insectos más importantes de los cultivos agrícolas en las regiones tropicales, subtropicales y templadas de Asia y Australia (Feakin, 1973). Es una especie polífaga, ya que puede afectar a más de 300 especies incluyendo cultivos agrícolas, plantas silvestres y malezas (Shu-Jen *et al.*, 2014). Tiene hábitos defoliadores, pueden causar pérdidas del 25.5 al 100% de producción (Dhir *et al.*, 1992). En Países de Asia se han registrado pérdidas en tomate de 9 a 24 % durante el invierno, en papa del 20 al 100%, el cual depende de las condiciones ambientales como porcentaje de humedad y potencial de establecimiento de la palomilla en campo (Patnaik, 1998). También destacan los costos de control y manejo de la plaga, ya que representa un problema, por los altos costos de los insumos, uso de feromonas, entre otras actividades (Nandagopal *et al.*, 2007).

## **Potencial de impacto económico en México y situación actual**

Esta plaga está clasificada como cuarentenaria por diversas Organizaciones de Protección Fitosanitaria, debido al riesgo de establecimiento en áreas donde la plaga no se encuentra presente. Si esta plaga ingresara a México podría afectar 14 millones de hectáreas de 40 cultivos hospedantes, de los cuales destacan 10 cultivos con alto valor comercial como maíz, caña de azúcar, jitomate, sorgo, frijol, naranja, cebolla, plátano y algodón (SENASICA, 2019c). La plaga puede ser introducida por medio de productos agrícolas importados, a través de huevos y larvas adheridas ya que son factores de dispersión de la plaga de acuerdo Aikenhead *et al.*, 1974.

Actualmente, de acuerdo con lo establecido en la Norma Internacional de Medidas Fitosanitarias NIMF 8, de la International Plant Protection Convention (IPPC) es considerada en México una plaga ausente (SENASICA, 2019c).

### **Biología**

Su ciclo completo dura en promedio 25 días (Noma y Colunga-García, 2010). Las hembras ovipositan en masa de 50 a 300 huevos en el envés de hojas jóvenes, estos eclosionan a los 3 o 4 días y una sola hembra puede ovipositar de 1,500 a 2,500 huevos en tan solo una semana. Las larvas se alimentan de la epidermis de la hoja, aunque también pueden hacerlo de tallos, brotes, flores y frutos. Si la densidad poblacional es alta o el hospedante no es preferencial, las larvas se cuelgan de hilos de seda para migrar a otras hojas u hospedantes. Inicialmente son de hábitos gregarios, y posteriormente solitarias (Noma y Colunga-García, 2010). Las larvas pasan por seis instares, el periodo larvario dura de 7 a 10 días (CABI, 2019b). En estado adulto las hembras viven de 8.3 días y los machos 10.4 días (Ahmed *et al.*, 1979), la fecundidad es afectada por condiciones de alta temperatura y baja humedad relativa, encontrándose como condiciones óptimas el rango de temperatura de 24 a 35° C y humedad de más del 75% (Parasuraman y Javaraj, 1983).

## Daños de la plaga

El daño ocurre por la alimentación de las larvas, ya que estas son defoliadoras, y trozadoras en plantas pequeñas. Las larvas también pueden alimentarse de flores, frutos, tallos y brotes jóvenes, en estos últimos construyen túneles de alimentación que ocasionan la muerte de la planta (USDA,2005). En algodón son en las bellotas, en maíz el daño es en tallos, en el elote y espigas (CABI, 2019b).

## Feromona de la plaga

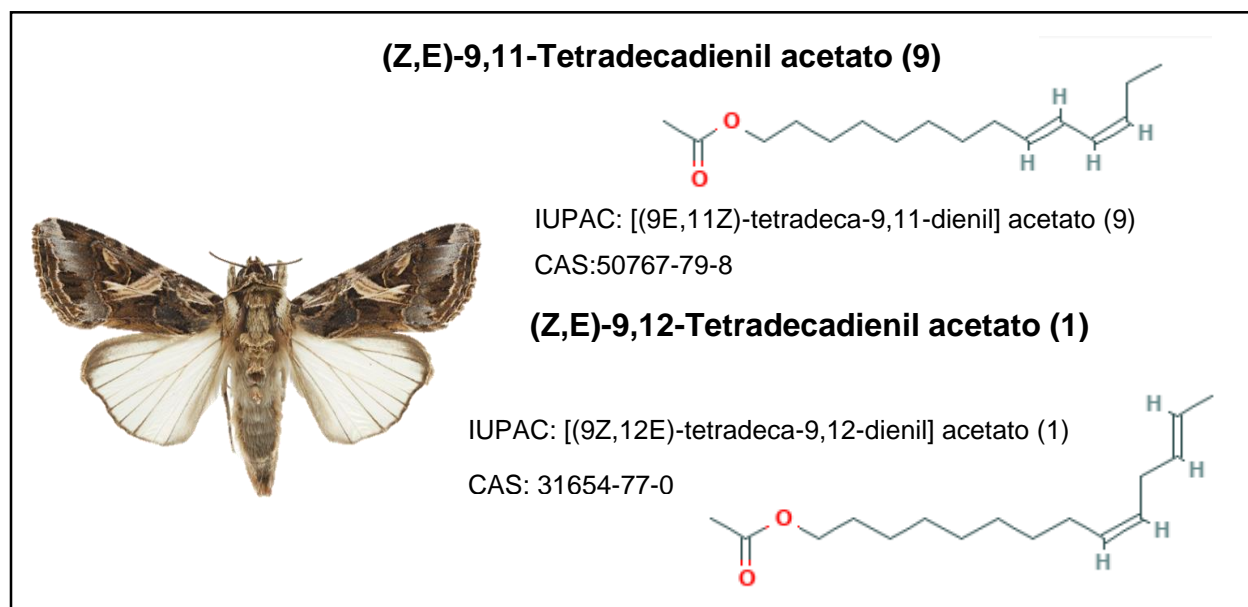


Figura 3. Adulto de *Spodoptera litura* (Landcard research, 2020) y componentes de su feromona y proporción (Sun *et al.*, 2003), IUPAC: Nombre de la International Union of Pure and Applied chemistry, CAS: registro de la American Chemical Society.

## 4. Palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum* Berg)

### Clasificación taxonómica y descripción de la plaga

*Cactoblastis cactorum* es del orden Lepidoptera, de la familia Pyralidae (CABI, 2019d). En cuanto a la morfología de los principales estados de la plaga, se describen a continuación: los huevos son cilíndricos y aplanados de 0.9 mm de ancho por 0.4 mm de largo. Son de color crema y se van tornando café y negro, la hembra coloca sus

huevecillos como monedas para formar un pequeño bastón en la espina del nopal, de 70 a 90 huevos, (Zimmermann, *et al.*, 2007). Las larvas pasan por seis instares de crecimiento antes de pupar, pasando por colores del gris verdoso, a colores nítidos, como salmón naranja o rojo, con manchas negras que forman bandas transversales, las larvas al nacer miden 2.5 mm de largo hasta 33 mm antes de pupar (Zimmermann, *et al.*, 2007). Forman una crisálida blanca que puede estar bajo materia orgánica, cerca de la planta (Zimmermann, *et al.*, 2007). Los adultos tienen las alas anteriores de color café grisáceo con dos franjas transversales curvas. Las alas posteriores son de color gris pálido con una vena oscura a lo largo del margen. Tienen una expansión alar de 27 a 40 mm. Por lo general las hembras son más grandes que los machos y con los palpos más prominentes (Zimmermann, *et al.*, 2007).

### **Importancia de la plaga e impacto económico**

*Cactoblastis cactorum* es un insecto asociado a plantas del género *Opuntia*, se considera una especie con un impacto destructivo, puesto que ha causado la muerte de más de 25 millones de hectáreas de nopales en Australia y un millón de hectáreas en Sudáfrica. (Zimmermann *et al.*, 2007). Esta especie ha sido utilizada como agente de control biológico de nopales introducidos en estos países y en islas del Caribe, donde logró terminar con las nopaleras, siendo un factor de dispersión de Sudamérica a otras regiones del mundo (CONABIO, 2002).

### **Potencial de impacto económico en México y situación actual**

Las condiciones climáticas de México favorecen la invasión de este insecto. La invasión de la palomilla de nopal podría afectar tanto las nopaleras silvestres como las cultivadas con impactos devastadores sobre la biodiversidad y la economía de nuestro país alrededor del aprovechamiento del nopal (CONABIO, 2012).

México alberga la mayor diversidad de especies de opuntias en el mundo, 107 especies del género *Opuntia* sp. (51 especies de *Cylindropuntias* y 56 de *Platinopuntias*) de las

cuales 53 son endémicas (CONABIO, 2012). En México existen 19 especies que tienen potencial de ser dañadas, lo cual tendría una repercusión ecológica alta (CONANP, 2010). Además, el nopal en México tiene importancia agrícola para la población, ya que cuenta con una superficie sembrada de más de 77,800 hectáreas de nopal tunero, forrajero y nopal verdura (SENASICA, 2019e).

Aunque la plaga fue detectada en México en el año 2006 en Isla Mujeres, Quintana Roo y posteriormente en Isla Contoy, las medidas aplicadas lograron su erradicación en el año 2009 (SENASICA, 2019e). Por lo anterior, el estatus actual de la plaga en México de acuerdo con lo establecido en la Norma Internacional de Protección Fitosanitaria NIMF 8, de la International Plant Protection Convention (IPPC) es considerada en México una plaga erradicada (SENASICA, 2019e). Sin embargo, el riesgo de que se pueda presentar nuevamente en el País es alto por la presencia de fenómenos meteorológicos y la cercanía de la plaga, ya que actualmente se encuentra en el estado de Luisiana, Estados Unidos, por lo que las tres zonas de riesgo para la introducción a México son la Vertiente del Golfo de México, Vertiente del Pacífico y Zona Centro (SINAVEF-LANGIF, 2011).

## **Biología**

La duración del ciclo de vida de *C. cactorum* varía entre 64 a 180 días, dependiendo de las condiciones ambientales, requiriendo de 845 a 1388 Grados Día de Desarrollo (GDD) para completarlo. La temperatura óptima se encuentra en el intervalo de 25 a 30 °C (Legaspi y Legaspi, 2007).

*C. cactorum*, tiene alta capacidad reproductiva, en climas tropicales y subtropicales la plaga puede completar hasta cinco generaciones al año, que son las condiciones de las regiones de mayor riesgo en México. Las hembras atraen a los machos, estos responden y copulan antes de que salga el sol. Los adultos, viven en promedio 9 días y no se alimentan, descansan durante el día en las partes bajas de las plantas. Las palomillas son de actividad nocturna (Hight *et al.*, 2003; Zimmermann *et al.*, 2007). La oviposición

ocurre en los cladodios suculentos de las partes terminales, los huevos son ovipositados en forma de bastón o espina, similares a las que presenta la planta (Zimmermann *et al.*, 2007).

Los huevos eclosionan durante el día, o en noches calurosas. Las larvas del mismo bastón son gregarias y después de eclosionar conjuntamente abren una entrada en el cladodio del nopal (Zimmermann *et al.*, 2007). Una vez consumido el contenido de un cladodio, las larvas excavan un túnel en otro cladodio adyacente o bien, la colonia entera abandona la penca y se traslada en grupo para infestar otra planta. Cuando las larvas maduran, abandonan los cladodios individualmente, caen al suelo y tejen capullos de seda blanca bajo los tallos podridos, pupan dentro de las crisálidas y eventualmente emergen como palomillas adultas y el ciclo se repite (Zimmermann *et al.*, 2007).

### **Daños de la plaga**

Las larvas causan daño físico al perforar y destruir los cladodios jóvenes que aún no se han vuelto leñosos. El daño de la larva permite la entrada de patógenos microbianos a la planta, provocando infecciones secundarias, las cuales pueden ocasionar la muerte de todo el nopal. Las especies pequeñas de nopales, o los individuos pequeños de las especies más grandes, pueden morir en caso de ataque severo. La palomilla del nopal tiene una gran habilidad para localizar plantas hospederas pequeñas y aisladas. Cuando la densidad de plantas hospederas es alta, las palomillas se dispersan muy poco, pero al escasear su alimento vuelan más lejos para poner sus huevecillos (Zimmermann *et al.*, 2007).

## Feromona de la plaga

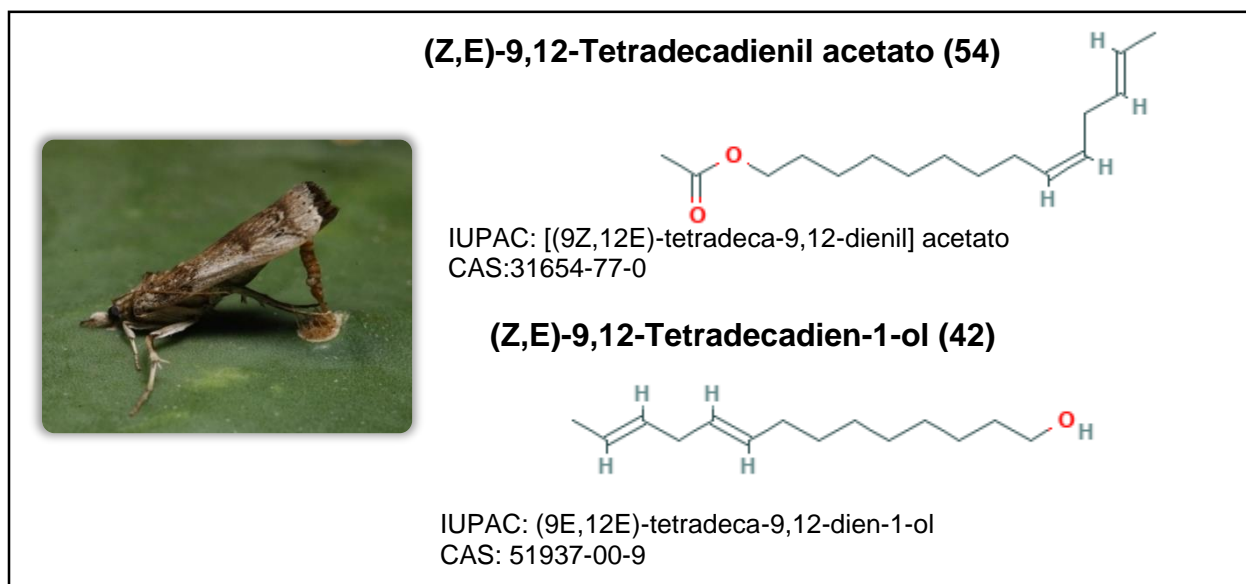


Figura 4. Adulto de *Cactoblastis cactorum* (Zimmermann, et al., 2007)) y componentes de su feromona y proporción (Heath, et al.,2006), IUPAC: Nombre de la International Union of Pure and Applied chemistry, CAS: registro de la American Chemical Society

## 5. Palomilla oriental de la fruta (*Grapholita molesta* Busck)

### Clasificación taxonómica y descripción de la plaga

La especie *Grapholita molesta* es del orden Lepidoptera, de la familia Tortricidae (CABI, 2019c). En cuanto a la morfología de los principales estados biológicos de la plaga se describen a continuación: los huevos son de color hialino, los cuales se tornan de color amarillo, de forma redondeada, mide de 0.7 a 1 mm de diámetro (Cheraghian, 2015). Las larvas pasan por cinco instares, que se desarrollan en el interior de los brotes y frutos, en el último instar la larva abandona el órgano atacado y cae al suelo. Las larvas buscan un lugar para protegerse y pupar (Lanati, 2003). Las larvas de los primeros tres instares son de color amarillo claro con la cabeza de color negro, los últimos dos estadios son de color rosa con la cápsula cefálica, protórax con la presencia de un peine anal con 4 o 7 dientes, la larva en su último instar mide de 10 a 12 mm de longitud (Gilligan y Epstein, 2014). La pupa es obtecta de color pardo oscuro, con una longitud máxima de 5 mm. (CABI, 2019). El adulto, mide de 10 a 16 mm de expansión alar y 6.5 mm de largo, alas con coloraciones grisáceas y café en la cara interior (CABI, 2019c).

## **Importancia de la plaga e impacto económico**

*Grapholita molesta* es considerada una de las plagas más destructivas y de importancia económica en frutales de hueso y pepita a nivel mundial (CABI, 2019). Afecta principalmente a los frutales de hueso, como melocotonero, nectarina y durazno, además de hospedantes secundarios como almendro, cerezo, níspero, manzano y peral (Natale, 1991). Timm *et al.*, 2018 mencionan que en Sudáfrica se cumple con esta condición, asimismo, Llanos, 2004 menciona que en Argentina es considerada la plaga más importante en la producción de Durazno.

## **Potencial de impacto económico en México y situación actual**

En México esta plaga se detectó en el año 2002 en los municipios de Casas Grandes y Nuevo Casas Grandes en el estado de Chihuahua afectando a la producción de durazno y manzana, se aplicó el Dispositivo Nacional de Emergencia (DNE), con lo cual se logró la erradicación del brote (DOF, 2015).

En el año 2013, se detectó la presencia de esta plaga en árboles de traspatio de áreas urbanas de Tijuana y Ensenada, Baja California, en donde actualmente se mantiene confinada, mediante acciones de control (SENASICA, 2019f).

La dispersión de la plaga a zonas productoras en México tendría un gran impacto económico, ya que de acuerdo con el SIAP, 2019, existen más de 115 mil hectáreas de cultivos hospedantes, además de los daños directos causados por *G. molesta* en los frutos, esta plaga representa restricciones comerciales impuestas por los países importadores de frutos, lo que ocasionaría significativas pérdidas económicas (SENASICA, 2019f).

El estatus actual de la plaga en México de acuerdo con lo establecido en la Norma Internacional de Protección Fitosanitaria NIMF 8, de la International Plant Protection



Convention (IPPC) es considerada en México presente, solo en el estado de Baja California, sujeta a control oficial (SENASICA, 2019f).

### **Biología**

La oviposición de *G. molesta* ocurre a los 2 o 5 días después de la emergencia de adultos y dura entre 7 a 10 días. Los huevos son ovipositados individualmente y cada hembra oviposita de 50 a 200 huevos (E nukidze, 1981). El desarrollo del estadio larval es de 6 a 22 días, dependiendo de la temperatura, humedad y tipo de alimentación. En primavera, las larvas infestan los brotes jóvenes de árboles frutales, y en verano se alimentan de los frutos (SENASICA, 2019f). A principios de primavera y temperaturas superiores a 10 °C, ocurre la fase de pupa, con una duración de en promedio es de 16 días, mientras que en verano es de siete días (E nukidze, 1981), hiberna como larva en diapausa protegida en estructuras con hilos de seda, en las grietas de la corteza y en los orificios de los árboles (SENASICA, 2019f).

Las palomillas son mayormente activas a temperaturas superiores a los 15°C., la mayor actividad coincide con la etapa final de floración del fruto. El período de vida promedio de las palomillas es de 7 días en verano y 25 días en otoño. Toleran una temperatura superior a los 36 °C. la temperatura umbral es de 13.1 a 16.5 °C. Con estas condiciones, según análisis realizado por la Dirección General de Sanidad Vegetal, en diferentes áreas de México la plaga puede tener hasta 15 generaciones al año (SENASICA, 2019f).

### **Daños de la plaga**

Las larvas causan daño al perforar los brotes y frutos (Lanati, 2003); en plantas de durazno, nectarinas y chabacano las larvas de primera generación dañan botones y ramas jóvenes, cuando se afecta el punto de crecimiento apical, estas ramas presentan crecimientos rápidos y marchitez de las hojas y muerte progresiva de tallos y brotes, y

exudados gomosos en los frutos. Las afectaciones en frutos reducen la calidad y por lo tanto su valor comercial (CABI, 2019c).

### Feromona de la plaga

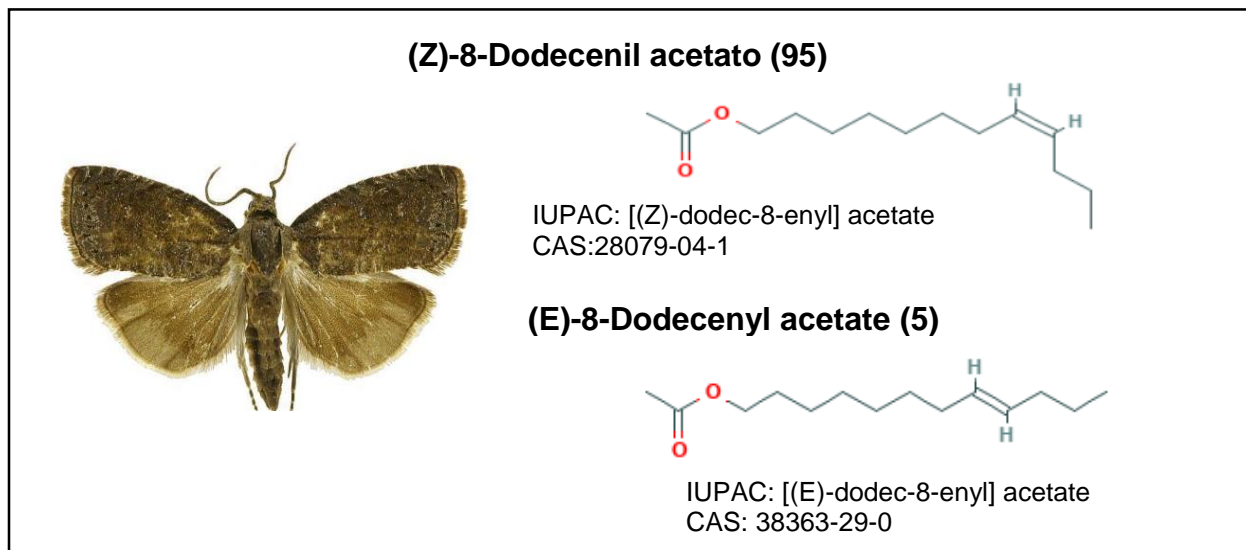


Figura 5. Adulto de *Grapholita molesta* (Gilligan y Epstein, 2019) y componentes de su feromona y proporción (Jung *et al.*, 2013), IUPAC: Nombre de la International Union of Pure and Applied chemistry, CAS: registro de la American Chemical Society

### 6. Palomilla gitana (*Lymantria dispar* Linnaeus, 1758)

#### Clasificación taxonómica y descripción de la plaga

La especie *Lymantria dispar* es del orden Lepidoptera, de la familia Erebidae (CABI, 2019f). Su morfología se describe a continuación: los huevos son de color gris en forma de gránulos de aproximadamente un milímetro de diámetro, los ponen en masas de 80 hasta 1,200 huevos, las masas se encuentran en troncos o ramas inferiores, en paredes o rocas cercanas (CABI, 2019f). Las larvas de los machos pasan por cinco estadios y las hembras por seis. Los instares pueden diferenciarse por el ancho de la cabeza (Von Wellenstein y Schwenke, 1978). Las larvas de los machos alcanzan de 40 a 50 mm y las de las hembras de 60 a 70 mm. Todos los estadios presentan setas las cuales varían en color conforme a su crecimiento, el dorso con dos filas de tubérculos azules en los primeros cinco segmentos y dos filas de color rojo en los siguientes seis segmentos. (Von

Wellenstein y Schwenke, 1978). Las pupas son de 2 a 4 cm de largo, siendo más grandes las de las hembras. Los adultos presentan dimorfismo sexual, el macho es de cuerpo delgado y es de color gris-marrón con marcas oscuras en las alas. La envergadura de las alas es de 3 a 4 cm, las antenas son plumosas y más largas que en la de las hembras, la hembra tiene una envergadura de mayor (4 a 7 cm) longitud, las alas son de color blanco con bandas onduladas y negras en la parte delantera, abdomen blanco con pelos amarillentos (Sharov *et al.*, 1995).

*L. dispar* presenta tres subespecies, las cuales se diferencian por su distribución geográfica y capacidad de dispersión: palomilla gitana europea (*L. dispar dispar* Linnaeus), palomilla gitana asiática (*L. dispar asiatica* Vnukovskii) y Palomilla gitana japónica (*L. dispar japónica* Motschulsky). De estas especies la de mayor importancia es la palomilla gitana asiática, ya que las hembras son capaces de volar varios kilómetros (Chen *et al.*, 2015).

### **Importancia de la plaga e impacto económico**

La palomilla gitana asiática es altamente polífaga, es capaz de infestar especies forestales y agrícolas, y presenta una elevada tasa de reproducción. Las infestaciones severas de este lepidóptero pueden ocasionar la defoliación completa del hospedante, facilitando que otras enfermedades lo afecten (Keena *et al.*, 2008). La palomilla gitana europea está presente en Estados Unidos, lo cual ha provocado que en este País desde 1980 se hayan invertido más de 35 millones de dólares anuales, en donde la plaga ha afectado más de 30 millones de hectáreas de bosque desde el año 1970 (Wallner, 2000).

### **Potencial de impacto económico en México y situación actual**

De ingresar a México, *L. dispar asiatica* podría causar severos daños ecológicos en áreas forestales de bosque de pino y encino, además de afectar la producción de cereza, chabacano, durazno, manzana, nuez, pera, litchi, arándano, piñón, pistache, cultivos de importancia económica para el país, los cuales durante el ciclo agrícola 2017 registraron

un valor de producción superior a 21,768 millones de pesos y una superficie sembrada de 226,618 hectáreas (SENASICA, 2019g).

El estatus actual de la plaga en México de acuerdo con lo establecido en la Norma Internacional de Protección Fitosanitaria NIMF 8, de la International Plant Protection Convention (IPPC) es considerada en México ausente (SENASICA, 2019g).

### **Biología de la plaga**

*L. dispar* tiene un ciclo de vida univoltino, es decir, presenta solo una generación al año, pasa por cuatro etapas: huevo, larva, pupa y adulto. Los huevos son depositados de julio a agosto, sobre los troncos o ramas de los árboles y permanecen en diapausa durante el invierno. Las larvas eclosionan durante la primavera del año siguiente, coincidiendo con el ciclo de florecimiento de las especies forestales en las que se establecen (Toimil, 1988). Las larvas presentan de 5 a 6 estadios, en los cuales aumentan de tamaño y posteriormente se convierten en pupa, los machos emergen de 1 a 2 días antes que las hembras y una vez que estas emergen inicia el apareamiento y posteriormente la oviposición. Ambos padres mueren después de que las hembras ovipositan (McManus *et al*, 1989). Las larvas del primer instar no se alimentan después de emerger y pueden ser dispersadas por el viento. Las larvas de los siguientes instares se alimentan de follaje y permanecen en el hospedante durante todo el día. A finales de mayo, cuando las larvas se encuentran en la mitad de su desarrollo, cambian su comportamiento, alimentándose de los árboles durante la noche, y descendiendo de ellos en busca de refugio durante el día. A mediados de junio y principios de Julio, las larvas alcanzan su madurez. La etapa de pupa ocurre a finales de junio o a mediados de Julio. Las pupas se pueden observar adheridas a la superficie de la corteza de los árboles, rocas, edificios u otros lugares similares. Los adultos emergen a finales de junio, observándose los picos más altos de emergencia a mediados de Julio (Hoover, 2000).

### **Daños de la plaga**

Las larvas causan daño al defoliar los árboles, cuando la infestación es reincidente provocan la muerte del árbol. Infestaciones altas de la plaga, ocasionan la defoliación total de la planta hospedante (SENASICA, 2019g). Como consecuencia de estos daños, se produce la pérdida de cosecha debido a que el crecimiento es nulo, en ataques fuertes y repetitivos pueden producir la muerte del árbol, tanto frutales como forestales (SENASICA, 2019g).

### Feromona de la plaga

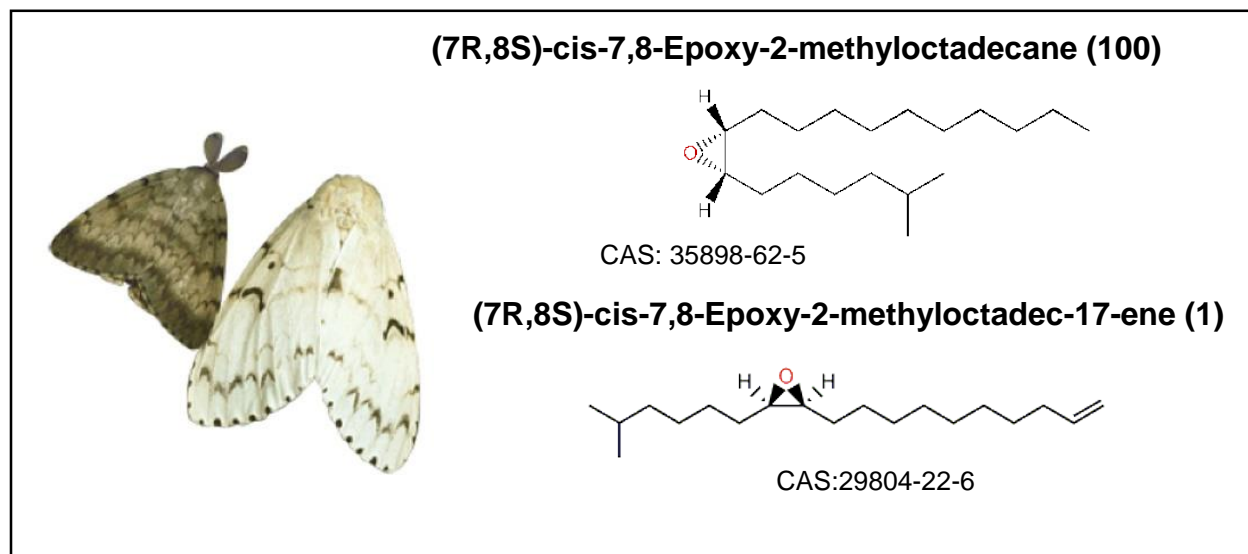


Figura 6. Adulto de *Lymantria dispar* (Lilly Calderón, Kelly Estes) y componentes de su feromona y proporción (Park *et al.*, 2018), CAS: registro de la American Chemical Society.

## 7. Palomilla marrón de la manzana (*Epiphyas postvittana* Walker)

### Clasificación taxonómica y descripción de la plaga

*E. postvittana* pertenece al orden Lepidoptera, de la familia Tortricidae (CABI, 2019g). La morfología de sus estados biológicos se describe a continuación: Los huevos son de color amarillo pálido a verde claro, son ovales y planos. La hembra los deposita en conjunto y superpuestos ligeramente, que son parecidos a escamas de pescado. Una masa de huevos puede contener desde 2 hasta 170 huevos (Danthanarayana, 1983). La larva es color verde amarillento con una línea central de color verde oscuro; a veces presentan líneas más oscuras longitudinales en ambos lados; el escudo protorácico es

de color café verdoso sin manchas oscuras, mide 1.5 a 2 mm de largo y tiene una cápsula cefálica de color marrón claro. La larva presenta un peine anal de 7 u 8 dientes en el último segmento abdominal. Las larvas maduras miden de 10 a 18 mm, el cuerpo es de color verdoso y presenta setas blanquecinas (Danthanarayana, 1983). La pupa es de color verde a marrón, cambiando de color a medida que se desarrolla a marrón oscuro mide de 10 a 15 mm de largo (Danthanarayana, 1975). El adulto es de color marrón claro. Las hembras con una envergadura alar de 16 a 25 mm, estas se distinguen por presentar una mancha oscura en el centro del frente de las alas plegadas, los machos son más pequeños, al mantener las alas plegadas, presentan una banda oscura (Mo, 2006).

### **Importancia de la plaga e impacto económico**

*E. postvittana* es una plaga polífaga, la cual ha sido registrada en más de 250 especies de plantas en por lo menos 50 familias y 120 géneros de especies herbáceas y gran cantidad de árboles. Los hospedantes reportados incluyen ornamentales, frutales, plantas silvestres, hortalizas, berries entre otras (Gilligan y Epstein, 2013). En países donde se encuentra presente se reportan pérdidas económicas a causa de esta plaga, por ejemplo, Australia estima pérdidas de 21 millones de dólares australianos (CABI, 2019). En Estados Unidos las pérdidas por esta plaga son superiores a los 118 millones de dólares, además de afectaciones al mercado de exportación por 0.5 millones de dólares anuales (Mo *et al.*, 2006).

### **Potencial de impacto económico en México y situación actual**

La presencia de esta plaga en California y Hawái, EE. UU. (NAPPO, 2016), representa un riesgo potencial para México, debido a la cercanía que existe con zonas productoras de vid y manzana en los estados de Baja California y Sonora (SENASICA, 2019h). De ingresar a México, *E. postvittana* podría causar severos daños a la producción de frutales y algunos otros cultivos como fresa, los cuales en conjunto por su importancia económica impactaría en más de 95 mil millones de pesos, afectando la producción en más de 900

mil hectáreas, según las cifras de los hospedantes que refiere el SIAP, 2019 (SENASICA, 2019h).

El estatus actual de la plaga en México de acuerdo con lo establecido en la Norma Internacional de Protección Fitosanitaria NIMF 8, de la International Plant Protection Convention (IPPC) es considerada en México ausente (SENASICA, 2019h).

## **Biología**

*E. postvittana* generalmente tiene de 2 a 4 generaciones por año; el número de generaciones depende de la latitud. En el norte de Nueva Zelanda, se presentan 4 generaciones traslapadas, en California se completan al menos cuatro generaciones, con adultos presentes desde marzo hasta noviembre (Gilligan y Epstein., 2009).

La temperatura también es un factor para el número de generaciones por año, con una temperatura base de 7.5 °C y máxima de 31° C, y una óptima de 20° (Gilligan y Epstein, 2009). En este sentido Varela et al., 2008, menciona la plaga se desarrolla mejor en condiciones frías, condiciones calientes y secas pueden reducir las poblaciones de manera significativa.

Una hembra ovípara varias veces, prefieren superficies lisas en hojas y en ocasiones tallos y frutos, deposita de 120 a 500 huevos en total (Danthanarayana, 1983). Las larvas emergen después de una a dos semanas, presenta de cinco a seis estadios (Danthanarayana, 1983). El desarrollo larvario puede llevar de tres a ocho semanas, dependiendo de la temperatura (Varela *et al.*, 2008). Las larvas de todos los instares construyen refugios de seda y cuando se les molesta se retuercen vigorosamente hacia atrás (Mo, 2006). El desarrollo de la larva es más lento en invierno y pueden llegar a invernar en este estado de desarrollo (Thomas, 1975). La pupa se encuentra dentro de un capullo de seda de paredes finas, a menudo entre hojas palmeadas. La fase de pupa dura de una a tres semanas (Varela *et al.*, 2008). El adulto vive de dos a tres semanas de acuerdo con el ciclo del hospedero y de la temperatura (Varela *et al.*, 2008).

## Daños de la plaga

Ocasiona daños en los tres primeros instares larvarios, actuando como enrollador de hojas, alimentándose de estas afectando la nervadura central, puede atacar brotes jóvenes, los cuales se deforman, este tipo de daños no es significativo en frutales, pero si lo es en viveros, plantas ornamentales y plantas pequeñas (Varela *et al.*, 2008)

En el fruto, los primeros estadios larvales se alimentan de las capas externas, ocasionando lesiones superficiales, ocasionan daños internos que llegan a la semilla (Varela *et al.*, 2008). En cítricos causa la caída de los frutos o halo oscuro alrededor de la cicatriz del pedúnculo (Varela *et al.* 2008). En manzano, los daños en frutos son más severos, presentan un aspecto corchoso, cuyo grosor varía en función del estadio larval y tiempo de alimentación (Varela *et al.*, 2008).

## Feromona de la plaga

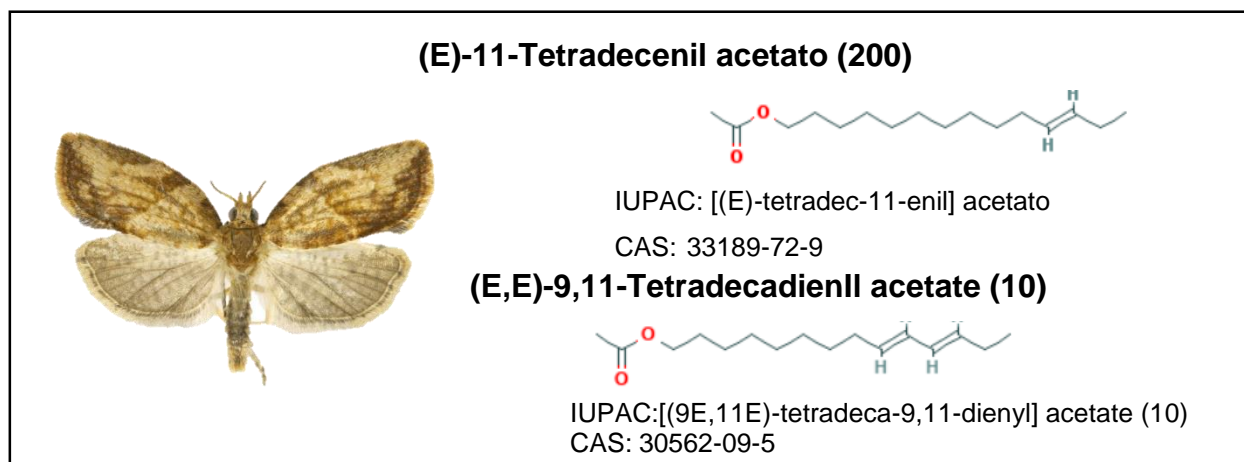


Figura 7. Adulto de *Epiphyas postvittana* (Guilligan y Epstein, 2013) y componentes de su feromona y proporción (El-Sayed *et al.*, 2011), IUPAC: Nombre de la International Union of Pure and Applied chemistry, CAS: registro de la American Chemical Society



## **8. Palomilla europea de la vid (*Lobesia botrana* Denis & Schiffermüller, 1808)**

### **Clasificación taxonómica y descripción de la plaga**

*Lobesia botrana* es un lepidóptero de la familia tortricidae (CABI, 2019h). Su morfología se describe a continuación: Los huevos son planos, con el eje largo horizontal y el micrópilo en un extremo de este, son de forma lenticular y ligeramente elipsoidal (0.65 a 0.90 mm de longitud por 0.45 a 0.75 mm de ancho), color blanco a amarillento pálido recién puesto, después se torna de un tinte gris claro translúcido, con reflejos irisados (Torres-Vila, 1995). La larva pasa por cinco estadios, mide alrededor de 0.95 a 1.0 mm de longitud. La cápsula cefálica y el escudo protorácico son pardo-oscuros, casi negros, y el cuerpo amarillo claro (CABI, 2019). La pupa es de color blanquecino, azul o verde recién formada, posteriormente se torna de color pardo o pardo oscuro (Torres-Vila, 1995). El adulto es de 10 a 13 mm de envergadura alar y 6 a 8 mm de longitud en reposo, su tamaño, no obstante, depende mucho de la calidad del substrato nutritivo a lo largo del estado larvario (Torres-Vila *et al.*, 1995). En el anverso presenta ornamentaciones en mosaico de las alas anteriores (pardo-rojo-azul), las cuales contrastan con color grisáceo de las alas posteriores, ocultas en posición de reposo. En el reverso predomina también una coloración grisácea. A lo largo del tegmen de ambos pares de alas se dispone una fila de fimbrias del mismo color que cada ala respectiva (Torres-Vila *et al.*, 1995).

### **Importancia de la plaga e impacto económico**

*L. botrana* es la principal plaga para el cultivo de uva (*Vitis vinifera* L.) en la cuenca del mediterráneo (Bovey, 1966, Bournier 19777, Thie'ry 2005). Actualmente se ha dispersado a otras áreas del continente americano como Argentina, Chile y Estados Unidos, en este último erradicada en 2006 (NAPPO, 2016). Se reporta que *L. botrana* es clasificada como una plaga de importancia económica en las regiones vitícolas del mundo y representa una grave amenaza en estas zonas. En países como Siria, Croacia, Eslovenia, Serbia y Rusia, se reportan pérdidas causadas por este insecto de más de un tercio de la producción. En Israel se registran pérdidas del 40 al 50% en uvas de mesa y

del 80% en uvas destinadas para la producción de vino. Además de lo anterior, se menciona que los costos derivados para el control de esta plaga han sido demasiado altos debido a que esta especie es difícil de controlar y erradicar (Burgart *et al.*, 2011). Esta plaga es regulada por varios países para la importación de productos como uva, aceituna, frutos de hueso, kiwis y granadas. En Estados Unidos, en 2008 las pérdidas en las exportaciones de estos frutos se estimaron en 2.7 mil millones de dólares en estados bajo cuarentena y de 5.7 mil millones de dólares en California (APHIS-USDA, 2010).

### **Potencial de impacto económico en México y situación actual**

El posible ingreso de la plaga a México se puede dar mediante la comercialización de productos que pueden estar infestados (Torres-Vila *et al.*, 1997). A México se importa uva fresca y uva pasa provenientes de Chile, lugar donde la plaga está presente, (SENASICA, 2019i). El eventual establecimiento y dispersión de esta plaga en México, pondría en riesgo la producción vitivinícola nacional, la cual, de acuerdo con los datos del SIAP (2019), la superficie de vid para vino y uva de mesa es de más de 33 mil hectáreas, además *L. botrana* también puede afectar otras especies de plantas silvestres y cultivadas (Moleas, 1988).

La presencia de esta plaga en México ocasionaría un gran impacto económico, ya que además de afectar la producción de uva, afectaría gravemente las exportaciones de este producto y sus derivados de acuerdo con el valor de las exportaciones, según el SIAVI, 2017. El estatus actual de la plaga en México de acuerdo con lo establecido en la Norma Internacional de Protección Fitosanitaria NIMF 8, de la International Plant Protection Convention (IPPC) es considerada en México como ausente (SENASICA, 2019i).

### **Biología**

*L. botrana* es una especie que puede tener de 2 a 4 generaciones por año, dependiendo de la latitud y condiciones climáticas predominantes, quienes determinan la duración del

ciclo biológico (INIA-SAG, 2008). El periodo de incubación del huevo dura en promedio de 7 a 10 días, la larva de 20 a 30 días y la pupa de 10 a 12 días (Gilligan, et al., 2008)

El comportamiento de la plaga dependerá de la etapa fenológica del cultivo, en la primera generación la hembra oviposita en las brácteas, y botones florales, las larvas emergidas forman una envoltura sedosa y posteriormente penetran en los botones florales, al concluir los cinco instares larvales se forma la pupa fuera de la inflorescencia, específicamente en hojas (González, 2010).

En la segunda generación, las hembras ovipositan en los frutos verdes, por lo general en las zonas más sombreadas de los racimos o en los puntos de contacto entre dos bayas, las larvas perforan otros frutos que unen mediante hilos de seda como refugio (González, 2010). La tercera generación ocurre a fines de verano o principios del otoño, en esta generación los huevos son ovipositados sobre frutos maduros o próximos a la maduración (SENASICA, 2019i).

### **Daños de la plaga**

El daño es diferente dependiendo de la época del año, puede causar daños en las inflorescencias y botones florales si se trata de la primera generación de la plaga, pero si los daños ocurren cuando las bayas están en formación y maduración, se observan perforaciones, hilos de seda y heces de la plaga, demeritando la calidad (SAG, 2013).

El daño que dejan las larvas al alimentarse de las uvas hace que sean más susceptibles a hongos como *Botrytis cinerea* (Gilligan, et al., 2009) y otras pertenecientes a los géneros *Aspergillus*, *Alternaria*, *Rhizopus*, *Cladosporium* y *Penicillium*. Los racimos de uva de mesa se deprecian de manera importante y pueden llegar a perder todo su valor, si los ataques son severos (Torres-Vila et al., 1995).

## Feromona de la plaga

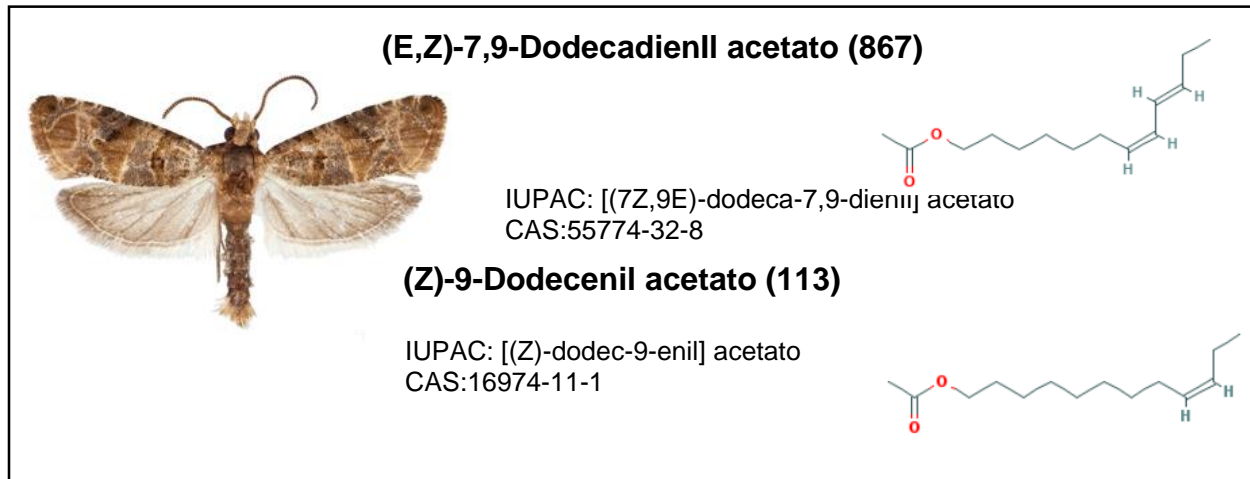


Figura 8. Adulto de *Lobesia botrana* (Guilligan y Epstein, 2013) y componentes de su feromona y proporción (Witzgall *et al.*, 2005), IUPAC: Nombre de la International Union of Pure and Applied chemistry, CAS: registro de la American Chemical Society

## 9. Tortricido anaranjado (*Argyrotaenia franciscana* Walsingham)

### Clasificación taxonómica y descripción de la plaga

*Argyrotaenia franciscana* es del orden Lepidoptera, de la familia Tortricidae (CABI, 2019i). Su morfología se describe a continuación: los huevos son aplanados, traslucidos, de forma ovalada, miden de 0.91 a 0.7 mm de diámetro (Gilligan, *et al.*, 2009). Las larvas recién emergidas miden aproximadamente 1.5 mm de largo, cuando completan el desarrollo llegan a medir hasta 16 mm. La cabeza y el escudo protorácico son de color café claro y no se diferencia uno de otro; el color del cuerpo varía de acuerdo con el hospedante del que se alimente, pero generalmente es de color pálido a verde oscuro (Basinger, 1938). La pupa mide 8 mm de largo, es de color café claro a café oscuro, se localizan en un capullo en hojas o en el suelo (SENASICA, 2019j). El adulto tiene una envergadura de 9.9 a 10 mm de longitud. Las alas anteriores son de color anaranjado, café anaranjado o amarillo claro con una banda transversal de color oscuro y una mancha en la vena costal, las alas posteriores son de color blanco-amarillento. Los machos son más pequeños que las hembras (SENASICA, 2019j)

## **Importancia de la plaga e impacto económico**

*A. franciscana* es una plaga de importancia económica de frutas pequeñas, árboles y uvas en áreas con temperaturas templadas en el este de los Estados Unidos, específicamente, el valle de Willamette en Oregón y las zonas costeras de California (Breakey y Batchelor 1948, Kido et al. 1981). También según lo indicado por Gilligan et al., 2011, el tortricido anaranjado es una plaga de importancia económica en manzano, cítricos, vid, fresa, mora, cerezo y aguacate (Gilligan et al., 2011).

En infestaciones severas el rendimiento se reduce hasta en un 40% y cuando el fructificación es abundante pueden presentarse poblaciones de 50 a 100 larvas por árbol, las cuales son suficientes para ocasionar daños severos (SENASICA, 2019j).

## **Potencial de impacto económico en México y situación actual**

En México se detectó esta plaga en el estado de Baja California en el año 2014, afectando árboles de traspatio en Tijuana, Rosarito y Ensenada, (SENASICA, 2019j)., sin embargo, su probable dispersión a otras áreas representa una amenaza para los cultivos de manzano, vid, aguacate, fresa, cítricos y cereza. La superficie de estos cultivos de acuerdo al SIAP, 2019 es de más 600 mil hectáreas (SENASICA,2019).

El estatus actual de la plaga en México de acuerdo con lo establecido en la Norma Internacional de Protección Fitosanitaria NIMF 8, de la International Plant Protection Convention (IPPC) es considerada en México presente, solo en el estado de Baja California, sujeta a control oficial (SENASICA, 2019j).

## **Biología**

*A. franciscana* es una especie que puede tener de 2 a 4 generaciones por año, dependiendo de las temperaturas. La hembra oviposita sus huevecillos principalmente sobre hojas y tallos, el periodo de incubación de los huevos dura desde 8 hasta 44 días

(Powell, 1964). El comportamiento de la plaga dependerá de la etapa fenológica del cultivo, en la primera generación la hembra ovípara en las brácteas, y botones florales, las larvas emergidas forman una envoltura sedosa y posteriormente penetran en los botones florales, al concluir los cinco instares larvales se forma la pupa fuera de la inflorescencia, en las hojas. Los primeros estadios de la larva enrollan las hojas y construyen una red de seda, pasa por cinco estadios larvales completando esta etapa en 20 a 30 días (Gilligan, *et al.*, 2009). Esta plaga puede pasar el invierno como larva o pupa (Powell, 1964). La pupa se forma en el sitio de alimentación, en donde la larva construye un cocón de seda, la duración de este periodo dependerá de las estaciones del año y esta se puede dar durante 25 días en invierno y primavera, y hasta 10 días en verano (Basinger, 1938). Las palomillas no son fototrópicas, ya que permanecen en las plantas durante el día (Knight y Croft, 1986a).

### **Daños de la plaga**

Los daños más importantes causados por *A. franciscana* son producidos por las larvas de los últimos instares. Al inicio son imperceptibles, posteriormente se observan frutos perforados que caen prematuramente o permanecen momificados en las ramas (Basinger, 1938). En cítricos y manzano las larvas se alimentan de frutos en desarrollo, esto origina cicatrices y galerías; en vid, las larvas se alimentan de los tallos y frutos. Las heridas ocasionadas durante la alimentación favorecen la entrada de hongos saprófitos y otros patógenos causantes de pudriciones (CABI, 2019i). En arándanos y moras, los primeros instares larvales originan la deformación de la hoja, la cual tiende a formar un triángulo (Gilligan y Epstein, 2009). Las larvas generan una red de telarañas blanquecinas en las inflorescencias (Bentley *et al.*, 2009).

## Feromona de la plaga

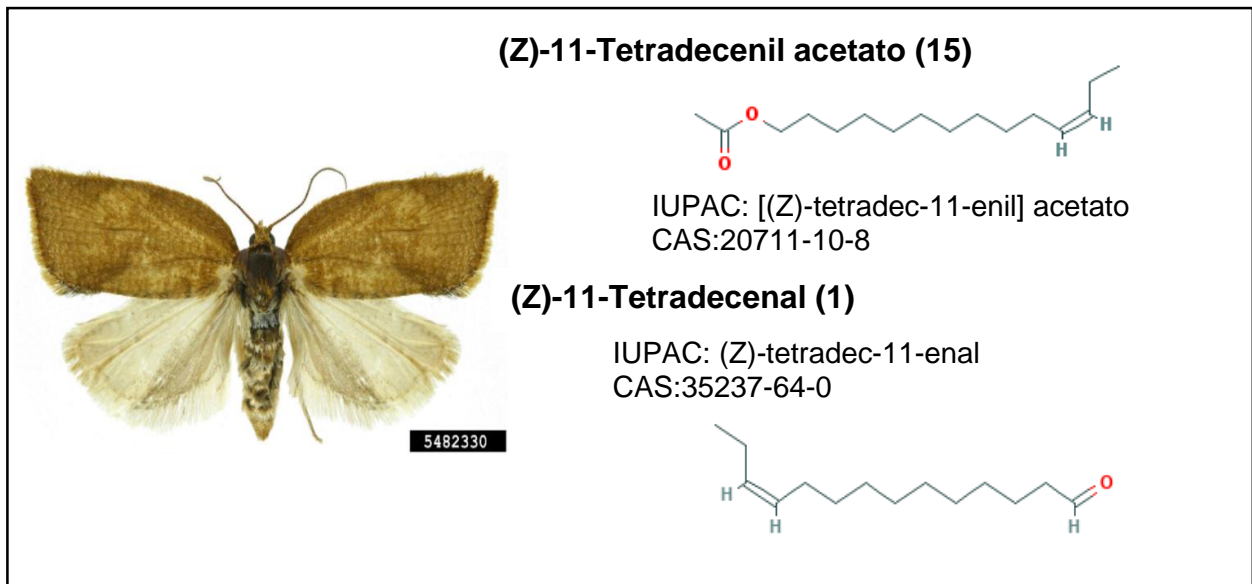


Figura 9. Adulto de *Argyrotaenia franciscana* (Guilligan y Epstein, 2014) y componentes de su feromona y proporción (Hill *et al.* 1975), IUPAC: Nombre de la International Union of Pure and Applied chemistry, CAS: registro de la American Chemical Society.

## 10. Falso gusano de la fruta (*Thaumatotibia leucotreta* Meyrick, 1913)

### Clasificación taxonómica y descripción de la plaga

*Thaumatotibia leucotreta* pertenece al Orden Lepidoptera de la familia Tortricidae (CABI, 2019j). La morfología de sus estadios biológicos se describe a continuación: los huevos tienen un tamaño de 0.9 mm, son de forma ovalada y aplanada con superficie granulosa, de color blanco al inicio, tornándose de color rojizo conforme avanza su desarrollo (Ostojá y Duncan, 2017). Una vez que las larvas emergen penetran el fruto y se alimentan del interior, pasan por cinco estadios, los primeros son de color blanco amarillento con manchas oscuras (Ostojá y Duncan, 2017); las de cuarto y quinto instar son de color rosado tendiendo a rojizo con tonalidades claras en la parte ventral (Venette *et al.*, 2003). Las larvas miden en el primer instar 1 mm y las del último instar pueden llegar a medir hasta 20 mm (Daiber, 1979). La larva ya completamente desarrollada sale de la fruta y cae al suelo donde se oculta fabricando un capullo sedoso con restos de tierra cuyo interior permanece en forma de crisálida (Ostojá y Duncan, 2017). El adulto tiene mezcla de manchas grises, marrones y negras; las marcas más notables son de

forma triangular, en la parte exterior del ala y una forma de media luna que la cubre. La hembra posee una envergadura alar de 19 a 20 mm, el macho tiene una envergadura de 15 a 16 mm, el ala posterior del macho es reducida y el ángulo anal tiene una agrupación circular de escamas negras similares a pelos finos superpuestos (Ostojá y Duncan, 2017).

### **Importancia de la plaga e impacto económico**

*T. leucotreta* es una plaga polífaga que ocasiona graves daños a diversos cultivos, ya que se tienen registros de su presencia en más de 70 especies de plantas, de 40 familias diferentes. Entre estas plantas se encuentran el aguacate, cacao, carambolo, cítricos, café, guayaba, litchi, macadamia, melocotón, pimienta caqui, granada algodón y maíz. EPPO cita también como hospedantes al mango, nectarina, uva y berenjena (Brown *et al.*, 2014). En África es la plaga más destructiva en cítricos y ocasiona pérdidas económicas en cultivos como aguacate, algodón, maíz guayaba, macadamia, mango durazno y otros de interés agrícola y hortícola (Venette *et al.*, 2003). Es considerada una plaga cuarentenaria de importancia internacional, principalmente para países exportadores de cítricos, incluido los Estados Unidos. La detección de una sola larva en frutos de exportación puede ocasionar en el rechazo de todo el envío (Venette *et al.*, 2003).

### **Potencial de impacto económico en México y situación actual**

En México, *T. leucotreta* representa una seria amenaza, principalmente para los cultivos de maíz, aguacate, cítricos, café, plátano, caco, mango y durazno, los cuales son los de mayor ingreso y superficie sembrada en el País. De ingresar a México tendría repercusiones económicas inmediatas en estos y otros cultivos, en más de 11 millones de hectáreas, de acuerdo al SIAP, 2019, (SENASICA, 2019k). El estatus actual de la plaga en México de acuerdo con lo establecido en la Norma Internacional de Protección Fitosanitaria NIMF 8, de la International Plant Protection Convention (IPPC) es considerada en México como ausente, no hay registros de la plaga (SENASICA, 2019k).



## **Biología**

El ciclo biológico de *T. leucotreta* dura aproximadamente 30 días, se reporta que pueden ocurrir de dos a diez generaciones al año (Venette *et al.*, 2003). El adulto oviposita de tres a ocho huevos por postura sobre la epidermis, una sola hembra puede depositar hasta 800 huevos durante toda su vida, la etapa de huevo dura de 14.5 a 15.1 días a temperaturas de 15 y 25 °C respectivamente (Daiber, 1979).

Las larvas del primer instar rasgan la corteza del fruto para penetrar en él y alimentarse de la epidermis, los instares más avanzados lo hacen de la parte central del fruto (Stibick *et al.*, 2010). Una vez que las larvas alcanzan la madurez, el fruto puede caer al suelo o permanecer en la rama, en este caso, la larva construye un hilo de seda para dejarse caer en el suelo y pupar (Stibick *et al.*, 2010). El periodo de larva dura de 12 a 33 días en climas cálidos y de 35 a 67 días en climas fríos (Bloem *et al.*, 2007). El desarrollo completo de la pupa es de 13 a 60 días en función de la temperatura. La pupa del macho requiere un periodo más largo (13 a 47 días) para desarrollarse que el la hembra (11 a 39 días). La emergencia de adultos generalmente ocurre durante las primeras horas del día (Couilloud, 1994), estos son más activos durante la noche, en el día reposan sobre áreas sombreadas de la planta hospedante (Couilloud 1994). Los adultos pueden aparearse varias veces durante el día (Couilloud 1994).

## **Daños de la plaga**

Puede ocasionar caída temprana de la fruta y puede favorecer la aparición de infecciones secundarias por hongos y bacterias, lo cual puede causar graves pérdidas económicas. El daño lo ocasionan las larvas que penetran el fruto y se alimentan justo debajo de la superficie de la fruta. La corteza alrededor del punto de infestación se vuelve de color marrón amarillento a medida que el tejido se descompone y colapsa. Las infestaciones provocan una caída prematura de fruta (Ostojá y Duncan, 2017). Las larvas se desplazan

hacia zonas más profundas del fruto. Por otro lado, si el hospedante es de epidermis dura, como la nuez, la entrada se realiza cerca del pedúnculo (Bloem *et al.*, 2007).

### Feromona de la plaga

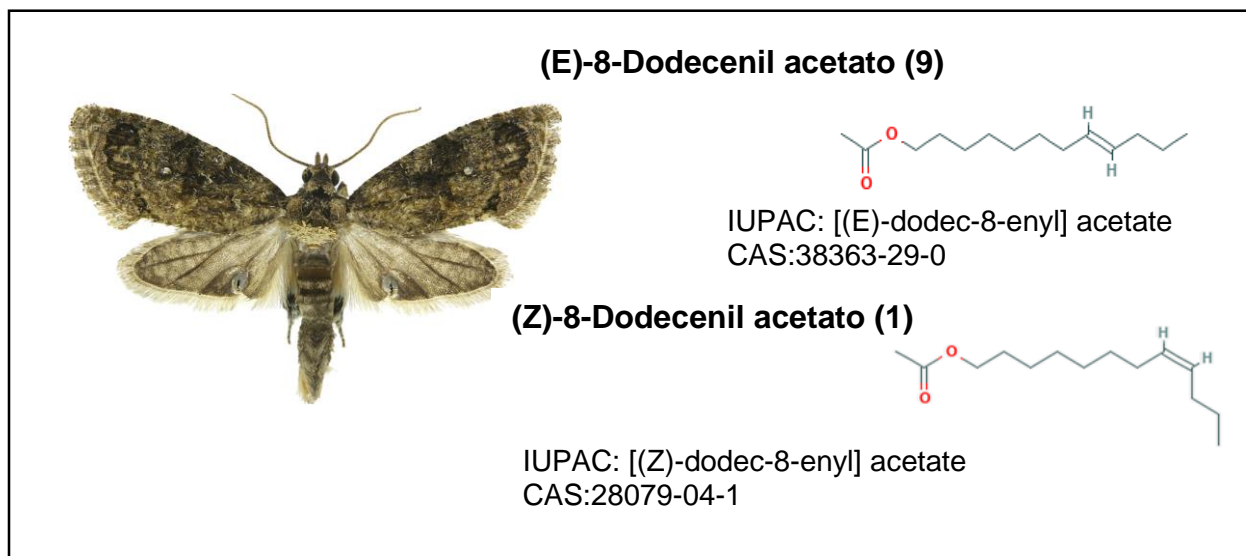


Figura 10. Adulto de *Thaumatotibia leucotreta* (Guilligan y Epstein, 2014) y componentes de su feromona y proporción (Newton *et al.*, 1993). IUPAC: Nombre de la International Union of Pure and Applied chemistry, CAS: registro de la American Chemical Society.

### Trampeo para la detección de lepidópteros plaga de importancia cuarentenaria

Para la vigilancia de estas plagas, el SENASICA implementa actividades de control y monitoreo, entre las que se puede destacar la colocación de trampas con feromonas sexuales sintéticas, estas están ubicadas en áreas en peligro, áreas protegidas, áreas reglamentadas y áreas controladas según sus definiciones descritas en la Norma Internacional de Medidas Fitosanitarias No. 5. Esto incluye áreas agrícolas, silvestres, marginales, urbanas, puertos, aeropuertos, fronteras, centros turísticos, centros de acopio y comercialización, carreteras de tránsito internacional, basureros, terminales de ferrocarril, centrales de autobuses, viveros, centros de investigación, jardines botánicos, entre otros (SENASICA, 2019a).

Las trampas que se colocan son tipo delta y únicamente para *C. cactorum* se utiliza la trampa tipo ala, en donde se colocan los dispositivos liberadores de la feromona sintética (cuadro 1) para la detección de lepidópteros plaga bajo vigilancia (SENASICA, 2019a). Por el alto costo de inversión que implicaría para el SENASICA evaluar la eficiencia de las feromonas de estas plagas en los sitios donde están presentes, es importante identificar los factores que pueden estar involucrados en una ineffectividad de las trampas, por tanto se hace una revisión bibliográfica del trampeo con feromonas sexuales:

**Semioquímicos**, se pueden definir como productos químicos emitidos por organismos vivos (plantas, insectos, etc.) que inducen un comportamiento o respuesta fisiológica en otros individuos. Estos compuestos se pueden clasificar en dos grupos considerando si actúan como intraespecíficos (feromonas) o mediadores interespecíficos (aleloquímicos) (Heuskin *et al.*, 2011).

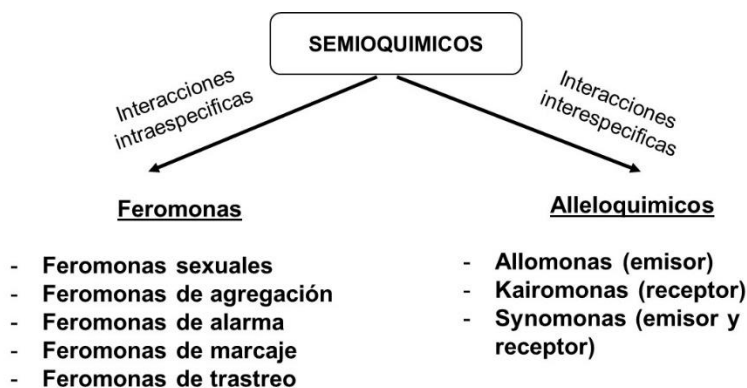


Figura 11. Clasificación de los semioquímicos (Heuskin *et al.*, 2011)

Las feromonas sexuales generalmente son producidas por hembras de una especie para atraer machos de la misma especie para el apareamiento. Las feromonas sexuales consisten en moléculas individuales o mezcla específica de compuestos en una proporción específica. Las más estudiadas y utilizadas son las que emiten los lepidópteros (Heuskin *et al.*, 2011).

### Feromonas sexuales en lepidópteros

Al ser los lepidópteros insectos de vida corta, el objetivo principal de estos al emerger es buscar una pareja con el fin de procrear por lo que las feromonas sexuales son aplicadas con cierto éxito en este orden (Ramírez, 1996). Este tipo de semioquímico es un factor de comunicación en palomillas, especies generalmente activas durante la noche, las feromonas sexuales de este grupo son emitidas por las hembras en el orden de nanogramos por hora a partir de glándulas formadas por la modificación de membranas intersegmentales en el extremo del abdomen, generalmente en los segmentos 8 o 9 (Ma & Ramaswamy, 2003). La feromona emitida por la hembra, o desde un liberador cargado con feromona sintética, se difunde en el aire y adquiere una estructura tridimensional de forma característica, conocida como “estela de olor”. En los centímetros próximos a la fuente, la estructura de la estela de olor es únicamente afectada por la difusión de las moléculas (Howse *et al.*, 1998). Las feromonas de lepidópteros se utilizan para detección y monitoreo poblacional de plagas, como para el control de las mismas (Witzgall *et al.*, 2010).

**Detección y monitoreo:** La más amplia aplicación de feromonas sexuales consiste en su uso para detección y monitoreo de insectos plaga (Witzgall *et al.*, 2010); consiste en atraer la especie plaga hacia trampas con feromona, su utilización permite determinar en función de las capturas, la fecha de aparición de los adultos, y el periodo óptimo para aplicaciones de control. Así pues, los sistemas de trampeo con feromonas constituyen la principal herramienta de detección de plagas (Ramírez, 1996). Las feromonas sintéticas se cargan en septos de caucho en cantidades que oscilan entre 0.1. y 1 mg y se colocan dentro de trampas que capturan a los machos atraídos. Las trampas de feromonas son lo suficientemente sensibles y específicas para detectar bajas densidades de una especie. Esto posibilita la detección de especies invasoras que puedan considerarse plagas cuarentenarias, el seguimiento de una especie exótica ya establecida, así como el éxito en la introducción de una especie benéfica (Cossé *et al.*, 2005) o el establecimiento de un programa de erradicación (Kean & Suckling, 2005; El-Sayed *et al.* 2006).

Los programas diseñados para detectar plagas tienen los objetivos de prevenir la dispersión de una especie indeseable hacia nuevas áreas geográficas y monitorear la dispersión de especies exóticas cuando se establecen en áreas nuevas (Barrera *et al*, 2014; Buntin, 1994). Las trampas con feromonas son herramientas muy importantes en detectar plagas recién introducidas; su alta sensibilidad y especificidad permite detectar estas plagas cuando sus poblaciones se encuentran en niveles muy bajos, dando mayor oportunidad de eliminarlas, minimizar el daño o retrasar su dispersión (Barrera *et al*, 2014; Daterman, 1982).

### **Trampeo sexual masivo**

Esta práctica está dirigida al control directo de los insectos, consiste en atraer el mayor número posible de adultos hacia trampas con capacidad de captura amplia y que cuyo factor de atracción es la feromona sexual (Ramírez, 1996).

### **Confusión sexual**

Consiste en liberar grandes cantidades de las feromonas destinadas a estimular a los machos. Estos no logran diferenciar entre las señales emitidas por las hembras vivas y los difusores de la feromona sintética, por tanto, son incapaces de localizar a su pareja para fecundarla, así este evento se ve traducido en una disminución de la población (Ramírez, 1996).

### **Eficiencia de los sistemas de trampeo**

La eficiencia de un sistema de trampeo se determina principalmente por la calidad de la información que proporciona, y ésta puede depender de varios factores entre los que se señalan:

- I. Limitaciones inherentes al diseño de la trampa
- II. Limitaciones del atrayente empleado
- III. Factores ambientales que prevalezcan en la región

- IV. Estado fisiológico y/o sexo del insecto que se desea capturar
- V. Condiciones fenológicas del cultivo en donde se requiere establecer el trapeo.

(Barrera, *et al.*, 2014)

### **Diseño de la trampa**

Una trampa se puede definir como una estructura física que posee características que le permiten atraer y capturar algún organismo en particular (Flores, 2003). En el caso de insectos existen formas muy variadas en el diseño de las trampas, el cual depende del tipo de insecto que se desea capturar, así como de los objetivos (detección, monitoreo, control) para los que se establece el sistema de trapeo (Barrera *et al.*, 2014).

### **Atrayente**

El atrayente es un factor fundamental en un sistema de trapeo, algunos investigadores consideran que si el atrayente es lo suficientemente poderoso y específico, el diseño de la trampa puede llegar a ser un aspecto secundario (Barrera *et al.*, 2014). Además de la especificidad del atrayente, también la eficiencia de un sistema de trapeo está influenciada por la naturaleza del dispensador o liberador en el cual va contenido el atrayente, pues juega un papel muy importante en la tasa de liberación y el tiempo en el que este puede durar en campo (Barrera *et al.*, 2014).

### **Tasa de liberación**

Esta depende de las propiedades físicas y químicas del liberador, y de las condiciones ambientales tales como la temperatura y la velocidad del viento. Algunos ejemplos de dispensadores/liberadores lo constituyen diferentes dispositivos a base de polímeros (pastillas, láminas), membranas, septos de hule, piezas de plástico, etc. Lo ideal es que

estos materiales liberen el atrayente homogéneamente a través del tiempo (Barrera *et al.*,2014).

### **Factores ambientales**

Los factores ambientales afectan las capturas de insectos, factores como temperatura, lluvia y velocidad del viento. Estos ejercen influencia en la dirección de la liberación del atrayente sintético. La temperatura provoca que la liberación de la feromona sea más rápida por la evaporación, la velocidad del viento determina el alcance del movimiento de insectos desde áreas circundantes a trampas dentro de un campo (Weinzierl, 2005).

# CAPITULO I. EVALUACION DE LA CALIDAD QUÍMICA DE FEROMONAS UTILIZADAS PARA LA DETECCIÓN DE LEPIDOPTEROS CUARENTENARIOS EN MÉXICO

## 1.1 RESUMEN

En México no existen medidas regulatorias para la producción y distribución de atrayentes para plagas de importancia cuarentenaria y no cuarentenaria. En el presente estudio se llevó a cabo la evaluación de la calidad química de atrayentes distribuidos por dos casas comerciales en México para 10 plagas de lepidópteros de importancia cuarentenaria en este país. La evaluación de los atrayentes se llevó a cabo mediante el análisis cromatográfico de gases acoplado a espectrometría de masas, considerando su composición cualitativa, proporcional, cuantitativa y tasas de liberación en campo. Se observó variabilidad significativa en todos los parámetros evaluados entre casas comerciales. Además, algunos de los atrayentes no reunieron las características deseadas para ser considerados como productos de calidad para llevar a cabo su función en campo. Los resultados de este estudio resaltan la necesidad de establecer lineamientos de calidad química para la aceptabilidad de dichos productos. Estos lineamientos podrían incluir la elaboración de protocolos estándar para la formulación y evaluación de dichos atrayentes.

**Palabras clave:** calidad química, lepidópteros plaga, feromonas, composición, proporciones, tasa de liberación.



# EVALUATION OF THE CHEMICAL QUALITY OF PHEROMONES USED FOR THE DETECTION OF QUARANTINE LEPIDOPTERS IN MEXICO

## 1.2 ABSTRACT

In Mexico, there are no official norms for the production and distribution of semiochemicals used for the detection and monitoring of quarantined and non-quarantined pests. The aim of this research was to evaluate the chemical quality of the sex pheromones of ten lepidopteran pests, which are quarantined in Mexico and distributed by two commercial providers. The test included the determination of the qualitative, quantitative, and ratio compositions, and the release rate of the pheromones under field conditions. The analysis was performed by gas-chromatography coupled to mass spectrometry. There was significant variability of all the tested parameters among commercial distributors. Moreover, many of the pheromones did not possess the quality requirements to be considered as acceptable products. These results highlight the need of establishing quality parameters and limits for the approval of such substances.

**Key words:** chemical quality, lepidopterans, pheromones, chemical composition, ratios, release rate.

### 1.3 INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de informar sobre la presencia, brote y diseminación de plagas, y de combatirlas, los países miembros de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (IPPC, por sus siglas en inglés) realizan vigilancia de plagas, tanto en las tierras cultivadas (por ejemplo, campos, plantaciones, viveros, jardines, invernaderos) y la flora silvestre, de las plantas y productos vegetales en almacenamiento o en transporte (IPPC, 2006). Esto hace a un sistema de vigilancia parte integral del sistema de sanidad vegetal de un país (IPPC, 2019). En México, esta actividad es realizada por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Esta dependencia reportó que, dentro de las especies prioritarias de plagas para este país, diez pertenecen a la orden Lepidóptera (SENASICA, 2019a).

Los programas de detección y monitoreo de estas plagas, se basa principalmente en el uso de feromonas sexuales. Estas feromonas son producidas principalmente por las hembras y se utilizan para atraer específicamente a machos. Para ello, las feromonas sintéticas se cargan en septos de caucho en cantidades que oscilan entre 0.1 y 1 mg. Posteriormente, los septos se colocan en trampas que capturan a los machos atraídos. Las capturas permiten determinar cuándo y dónde la plaga está presente, además de estimar su dinámica poblacional (Daterman 1982). La especificidad y sensibilidad de las feromonas y su uso con trampas son suficientes para detectar densidades bajas de una especie, lo cual posibilita la detección de especies invasoras consideradas plagas cuarentenadas (Cossé *et al.*, 2005).

Actualmente, las feromonas de aproximadamente 600 especies de lepidópteros han sido caracterizadas químicamente (El-Sayed, 2011). Decenas de especies plaga son monitoreadas mediante septos con feromonas comercializados por distintas empresas regionales o internacionales. Aproximadamente 20 millones de septos con feromonas son producidos por año, en su mayoría para lepidópteros (Witzgall *et al.*, 2010). Sin embargo, los sistemas de trampeo con dichos atrayentes pueden ser afectados por

factores tales como: la trampa, el clima, la fenología de los cultivos, la biología de la plaga y el atrayente mismo (Barrera *et al.*, 2006).

En el caso de México, no existen medidas regulatorias para la comercialización de feromonas, por lo cual es necesaria la verificación de la composición feromonal, las proporciones y tasas de liberación de productos utilizados para la captura de especies plaga presentes en el país, y detección de plagas cuarentenadas. Sin embargo, para corroborar la atracción de dichas feromonas para especies cuarentenadas, es necesario hacer tal evaluación en los países en donde las plagas se encuentren presentes, lo cual requeriría de un presupuesto económico cuantioso. Por tal motivo, es importante llevar a cabo un estudio en laboratorio y campo que permita evaluar la calidad química de tales atrayentes. Este análisis determinaría las composiciones, proporciones y tasas de liberación de dichos productos para ser usados en conjunto con la información biológica disponible e inferir la efectividad teórica de dichos atrayentes (Heuskin *et al.*, 2011). Esto podría servir como guía en la elección de proveedores con mayor calidad de producto y dar pauta a la realización de estudios a fondo sobre algún atrayente en específico.

Por lo anterior, en este estudio se plantearon como objetivos el monitorear la calidad química de las feromonas sexuales de especies lepidópteras cuarentenadas en México: *Cactoblastis cactorum*, *Argyrotaenia franciscana*, *Epiphyas postvittana*, *Grapholita molesta*, *Helicoverpa armigera*, *Lobesia botrana*, *Lymantria dispar*, *Spodoptera litura*, *Thaumatotibia leucotreta* y *Tuta absoluta*, con base en sus composiciones, proporciones y tasas de liberación.

## **1.4 MATERIALES Y METODOS**

### **1.4.1 Composiciones y proporciones de referencia para feromonas comerciales de diez especies de lepidópteros cuarentenados en México**

Se analizaron las substancias de septos con feromonas sexuales comerciales para diez lepidópteros cuarentenados en México: *Cactoblastis cactorum*, *Argyrotaenia franciscana*,

*Epiphyas postvittana*, *Grapholita molesta*, *Helicoverpa armigera*, *Lobesia botrana*, *Lymantria dispar*, *Spodoptera litura*, *Thaumatotibia leucotreta* y *Tuta absoluta*, con base en sus composiciones, proporciones y tasas de liberación. La evaluación se hizo mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas para confirmar la presencia de compuestos específicos tanto en tipo como en las proporciones requeridas. Para esto se hizo la compra de feromonas con proveedores comerciales en México, a través de los Comités Estatales de Sanidad Vegetal. A estos proveedores se les denominó prov1 y prov2. El transporte de los materiales y su almacenamiento fueron bajo condiciones de refrigeración y congelación a 4 °C y -20 °C respectivamente. Se tomó como referencia la ficha técnica de cada proveedor y el registro del número de lote.

Para la obtención de las composiciones y proporciones de referencia en este estudio, se llevó a cabo una revisión de la literatura reportada para cada feromona en la base de datos de feromonas: “Pherobase” (<http://www.pherobase.com/database/>). Dichas composiciones y proporciones se encuentran enlistadas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Componentes y proporciones de feromonas sexuales de 10 especies de lepidópteros plaga de importancia cuarentenaria en México.

<b>Especie</b>	<b>Compuesto 1</b>	<b>Compuesto 2</b>	<b>Referencia</b>
<i>Argyrotaenia franciscana</i>	Acetato de (Z)-11-tetradecenilo (1) <sup>a</sup>	(Z)-11-tetradecenal (15)	Hill et al. 1975
<i>Cactoblastis cactorum</i>	Acetato de (Z,E)-9,12-tetradecadienilo (54)	(Z,E)-9,12-tetradecadien-1-ol (42)	Heath et al., 2006
<i>Epiphyas postvittana</i>	Acetato de (E)-11-tetradecenilo (200)	Acetato de (E,E)-9,11-tetradecadienilo (10)	El-Sayed et al., 2011
<i>Grapholita molesta</i>	Acetato de (Z)-8-dodecenilo (95)	Acetato de (E)-8-dodecenilo (5)	Jung et al., 2013
<i>Helicoverpa armigera</i>	(Z)-11-hexadecenal (100)	(Z)-9-hexadecenal (1.37)	Zhang et al., 2012

<i>Lobesia botrana</i>	Acetato de ( <i>E,Z</i> )-7,9-dodecadienilo (100)	Acetato de ( <i>Z</i> )-9-dodecenilo (13)	Witzgall et al., 2005
<i>Lymantria dispar</i>	( <i>7R,8S</i> )- <i>cis</i> -7,8-epoxi-2-metiloctadecano (100)	( <i>7R,8S</i> )- <i>cis</i> -7,8-epoxi-2-metiloctadec-17-eno (1)	Park et al., 2018
<i>Spodoptera litura</i>	Acetato de ( <i>Z,E</i> )-9,11-tetradecadienilo (9)	Acetato de ( <i>Z,E</i> )-9,12-tetradecadienilo (1)	Sun et al., 2003
<i>Thaumatotibia leucotreta</i>	Acetato de ( <i>E</i> )-8-dodecenilo (9)	Acetato de ( <i>Z</i> )-8-dodecenilo (1)	Newton et al., 1993
<i>Tuta absoluta</i>	Acetato de ( <i>E,Z,Z</i> )-3,8,11-tetradecatrienilo (92)	Acetato de ( <i>E, Z</i> )-3,8-tetradecadienilo (8)	Grieplnk et al. 1996

<sup>a</sup>El valor entre paréntesis al final del nombre del compuesto indica la proporción de éste dentro de la mezcla feromonal reportada en la literatura.

#### 1.4.2 Extracción de compuestos en mezclas feromonales comerciales

Los septos que contenían las diferentes feromonas comerciales fueron extraídos mediante inmersión en disolvente orgánico. Para ello se colocó un septo con feromona dentro de un vial de 10 ml, y posteriormente se añadieron siete ml de acetato de etilo. Subsecuentemente el vial fue sellado y el septo fue extraído durante siete minutos con agitación manual durante los primeros dos minutos, posteriormente tres minutos en forma estática y finalmente agitación manual durante los últimos dos minutos. Al finalizar la extracción el septo fue retirado del disolvente. El vial con el disolvente fue sellado y almacenado a -20°C hasta su análisis. Para cada una de las feromonas se realizaron cuatro repeticiones donde un septo correspondió a una repetición.

### 1.4.3 Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM)

Las feromonas extraídas se analizaron mediante cromatografía de gases en un cromatógrafo Agilent 7890A (Agilent Technologies®, USA), acoplado a un detector selectivo de masas (DSM) Agilent 5975C. La columna fue una HP 5-MS (30 m × 0.250 mm y 0.25 µm de grosor de fase estacionaria). El gas acarreador fue helio con grado de pureza 99.9 % con flujo en columna de 1 mL/min. La temperatura del puerto de inyección en modo “splitless” fue de 250 °C. La temperatura del horno comenzó en 50 °C y se incrementó a 20 °C/min hasta 150 °C y se mantuvo durante 1 min para incrementar nuevamente a 10 °C/min hasta alcanzar 270 °C y mantenerse nuevamente por 9 min. El volumen de inyección fue de un microlitro. La adquisición de datos por el DSM en modo impacto electrónico (70 eV), fue en modo scan, en un rango de 30 *m/z* a 550 *m/z*. La temperatura de la línea de transferencia se mantuvo a 280 °C, el detector y cuadrupolo a 150 y 230 °C respectivamente.

La identificación de los compuestos se hizo mediante la comparación de los espectros de masas de los componentes de las muestras y los de la biblioteca NIST (2014) y/o con la comparación de sus tiempos de retención y espectros con los de estándares comerciales. Los compuestos estándares incluyeron: Acetato de (*E,Z,Z*)-3,8,11-tetradecatrienilo, Acetato de (*Z,E*)-9,11-tetradecadienilo, (*Z*)-11-hexadecenal, (*Z*)-9-hexadecenal, Acetato de (*Z,E*)-9,12-tetradecadienilo, y (*Z,E*)-9,12-tetradecadien-1-ol. En todos los casos se estimó el error estándar del área de los picos de interés en los cromatogramas (n = 4).

### 1.4.4 Cuantificación de compuestos feromonales

Para la cuantificación de los compuestos: acetato de (*E,Z,Z*)-3,8,11-tetradecatrienilo, (*Z*)-11-hexadecenal, (*Z*)-9-hexadecenal, acetato de (*Z,E*)-9,12-tetradecadienilo, y (*Z,E*)-9,12-tetradecadien-1-ol, utilizados para la detección de *T. absoluta*, *H. armigera* y *C. cactorum*, los compuestos se prepararon en las mezclas y proporciones reportadas en el cuadro 1. Las mezclas se agregaron en septos de caucho rojo de 8 mm de diámetro (SIGMA-

ALDRICH) en cantidades de 0.25, 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 mg todas contenidas en 200  $\mu$ L de hexano. Los septos con feromonas se dejaron evaporar por una noche antes de su procesamiento. Posteriormente los septos fueron extraídos de la misma manera que los septos comerciales y analizados por CG-EM. Para construir una curva de calibración para cada componente, las áreas de los picos de interés fueron utilizados para modelar una regresión lineal graficando los datos de área del pico en el eje Y como función de la concentración en el septo en el eje X. Para cuantificar los compuestos blancos, se utilizó la ecuación de la pendiente ( $y = mx \pm b$ ) obtenida de la curva de calibración de cada compuesto despejando x ( $x = (y \pm b) / m$ ).

Las ecuaciones obtenidas para el (*E,Z,Z*)-3,8,11-tetradecatrienilo, (*Z*)-11-hexadecenal, (*Z*)-9-hexadecenal, acetato de (*Z,E*)-9,12-tetradecadienilo, y (*Z,E*)-9,12-tetradecadien-1-ol fueron:  $y = 9E+06x - 196890$ ,  $y = 9E+06x + 314238$ ,  $y = 1E+07x - 13595$ ,  $y = 2E+07x - 1E+06$ ,  $y = 2E+07x - 1E+06$ , respectivamente. Todas las curvas obtenidas mostraron un  $R^2 > 0.99$ , con excepción del (*Z,E*)-9,12-tetradecadien-1-ol que mostró un  $R^2 = 0.989$ . De esta forma las cantidades totales de mezclas feromonales obtenidas de los septos comerciales fueron comparadas con aquellas reportadas en la literatura ( $n = 4$ ).

#### **1.4.5 Tasas de liberación de tres feromonas sexuales de tres especies de lepidópteros cuarentenados.**

Para determinar el rango de liberación de los compuestos feromonales desde su liberador en campo, se utilizaron las feromonas de *C. cactorum*, *H. armigera* y *T. absoluta*. Los experimentos incluyeron cuatro repeticiones del prov1 para cada feromona. Cada repetición fue un septo colocado en trampas tipo delta a 1.5 m sobre el nivel del suelo en campo en el Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo, Estado de México. Las mediciones se hicieron a los 0, 10, 20 y 30 días de haber colocado las trampas durante el mes de abril de 2020. La extracción de los componentes feromonales se hizo como fue previamente descrita por inmersión en disolvente orgánico. Los extractos también fueron analizados por CG-EM en las condiciones anteriormente descritas. Los valores cuantitativos obtenidos de cada componente feromonal se graficaron en el eje Y

contra el número de días de exposición del septo en campo en el eje X. Para este caso, los datos se ajustaron a una regresión no lineal de tipo exponencial:  $Y = ae^{-bx}$ , en donde Y = tasa de liberación en el tiempo, a = tasa de liberación en el tiempo cero, e = constante de Napier (2.71828), b = tasa de descenso de la curva, x = tiempo de exposición en días. Posteriormente el modelo fue linealizado utilizando logaritmos naturales ( $\ln(Y) = \ln(a) \pm b x$ ), el cual también se utilizó para calcular la tasa de liberación promedio en el periodo evaluado.

#### **1.4.6 Análisis estadístico**

Para la comparación del contenido del mismo tipo de compuesto de diferente proveedor, las áreas debajo de los picos de interés fueron utilizadas para dicho análisis. La distribución y homogeneidad de varianzas de los datos fueron analizados mediante una prueba de ANOVA en el programa estadístico SAS V 9.0. Posteriormente las medias fueron comparadas mediante una prueba de T-student de dos colas para dos tratamientos suponiendo la misma varianza ( $p < 0.05$ ). Solo para el Z8-12Ac en *G. molesta* y E8-12Ac en *T. leucotreta* se utilizó una prueba de T-student de dos colas para dos tratamientos con varianza distinta ( $p < 0.05$ ).

### **1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El análisis cromatográfico de las diferentes feromonas comerciales evidenció que la composición y proporción de dichos semioquímicos varía dependiendo de la casa comercial de procedencia. En el caso de la feromona de *C. cactorum*, para la cual las proporciones fueron originalmente calculadas con base a las áreas de los picos cromatográficos (figura 12), ambos proveedores presentaron los dos componentes utilizados como atrayentes y en ambos casos el acetato fue el componente en mayor proporción. Aunque el prov2 mostró una proporción (58:41) más similar a la proporción encontrada en hembras (54:42), cabe mencionar que según la reinvestigación de esta feromona hecha por Cibrián y colaboradores (2017), la proporción más atractiva es 60:40 (acetato: alcohol), y es la que se utiliza actualmente para sistemas de detección y



monitoreo. Por tanto, ambos proveedores presentan composiciones y proporciones adecuadas para este semioquímico (Cuadro 2). Aun así, el prov2 coloca mayor contenido de ambos componentes en sus septos (Cuadro 3).

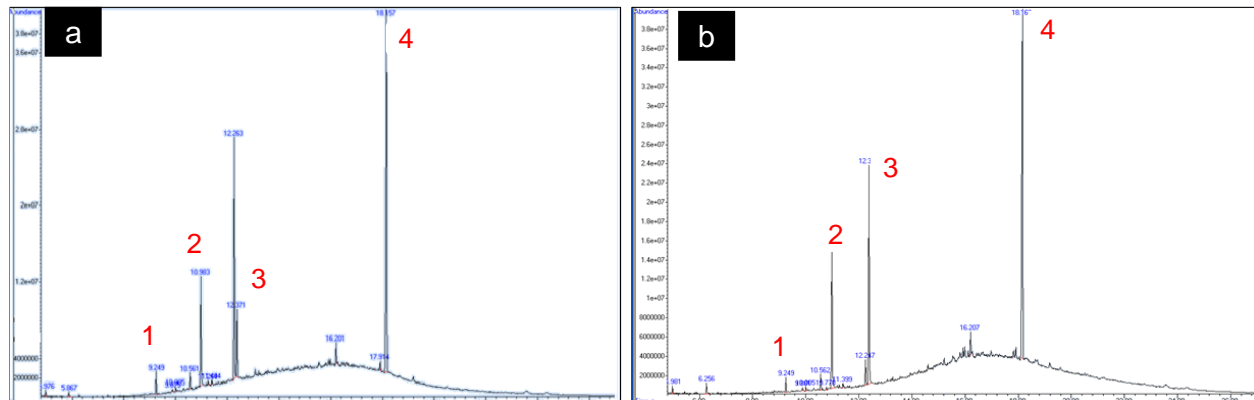


Figura 12. Cromatogramas de la feromona sexual sintética de *Cactoblastis cactorum* de a) Prov 1 y b) Prov 2, con los compuestos 1) antioxidante butilhidroxitolueno, 2) (Z,E)-9,12-tetradecadien-1-ol, 3) (Z,E)-9,12-tetradecadienil acetato y 4) Antioxidante BFK.

Para el caso de *A. franciscana*, incluso cuando ambos proveedores poseen los componentes feromonales reportados para esta plaga, el proveedor 1 mostró una proporción menor de (Z)-11-tetradecenal (Z11-14Ald) el cual debería ser el componente mayoritario dentro de la mezcla (Cuadro 2). Sin embargo, por falta de estándares, en este estudio las proporciones fueron calculadas con base en las áreas de sus picos cromatográficos y no con base en datos cuantitativos como se hizo en la literatura. Por tanto, sería necesaria la cuantificación de estos compuestos para la confirmación de las proporciones. Por otro lado, al comparar el área del pico cromatográfico correspondiente al Z11-14Ald en ambos proveedores, el prov2 mostró un mayor contenido de este compuesto en sus septos ( $p < 0.05$ ) (figura 13 y Cuadro 3).

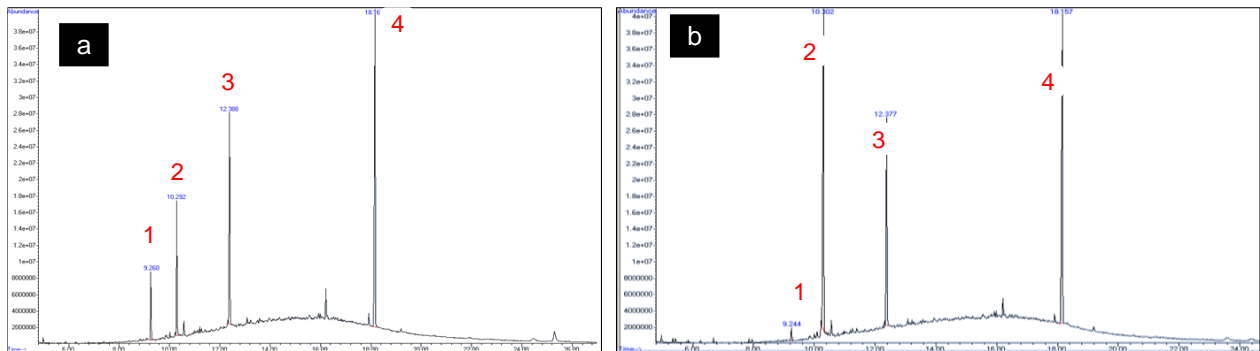


Figura 13. Cromatogramas de la feromona sexual sintética de *Argyrotaenia franciscana* de a) Prov 1 y b) Prov 2, con los compuestos 1) antioxidante butilhidroxitolueno, 2) Z-11-tetradecenal, 3) Z-11-tetradecen-1-il acetato y 4) Antioxidante BFK.

En la mezcla feromonal de *G. molesta*, el proveedor 1 sólo mostró la presencia del acetato de (Z)-8-dodecenilo (Z8-12Ac) el cual es reportado como componente mayoritario en la mezcla atrayente utilizada para la detección de esta plaga (Jung et al., 2013). El prov2 (figura 14b) mostró la presencia tanto de Z8-12Ac como de acetato de (E)-8-dodecenilo (E8-12Ac) en las proporciones esperadas (Cuadro 2). De igual manera que en el prov1 de *G. molesta* (figura 14b), ambos proveedores de las mezclas usadas para detección de *Helicoverpa armigera* (figura 15), *T. leucotreta* (figura 16) y *Lymantria dispar* (figura 17), únicamente se encontró un solo componente. Sin embargo, cabe mencionar que el compuesto minoritario de la feromona de *L. dispar* fue recientemente reportado como agente sinérgico al componente principal disparlure (Park et al., 2018), y el componente mayoritario de esta feromona (disparlure) puede capturar por si solo de forma eficiente a este insecto plaga (Sarmiento et al., 1972), por lo que es el compuesto que se usa como atrayente único en campañas de detección y monitoreo; disparlure fue el único compuesto feromonal detectado en los septos de los dos proveedores comerciales (Cuadro 2). Si bien los septos comerciales de ambos proveedores poseen el semioquímico indicado y necesario para llevar a cabo la detección de *L. dispar*, Park et al., 2028 ofrece la posibilidad de reformular el atrayente comercial añadiendo 7R8S-epo-2me-17-18Hy y ofrecer de esta forma una mezcla más efectiva para la detección de esta plaga cuarentenada.

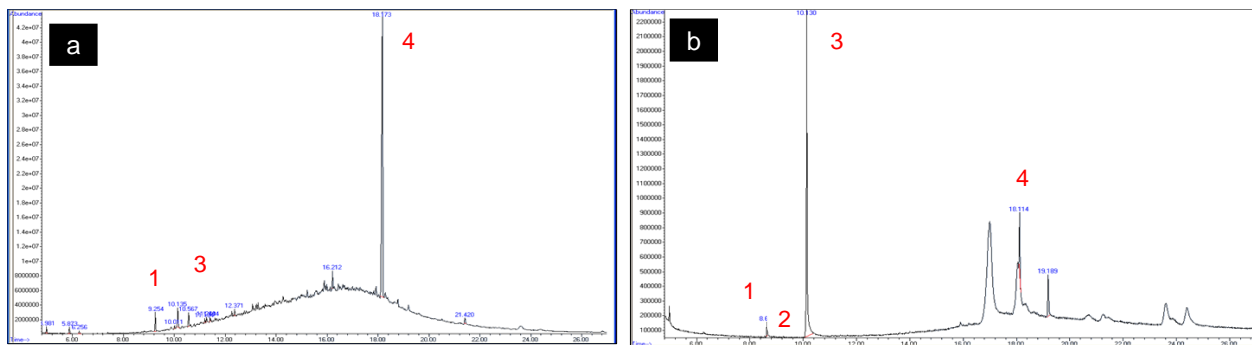


Figura 14. Cromatógramas de la feromona sexual sintética de *Grapholita molesta* de a) Prov 1 y b) Prov 2, con los compuestos 1) antioxidante butilhidroxitolueno, 2) E)-8-dodecenil acetato, 3) (Z)-8-dodecenil acetato y 4) Antioxidante BFK.

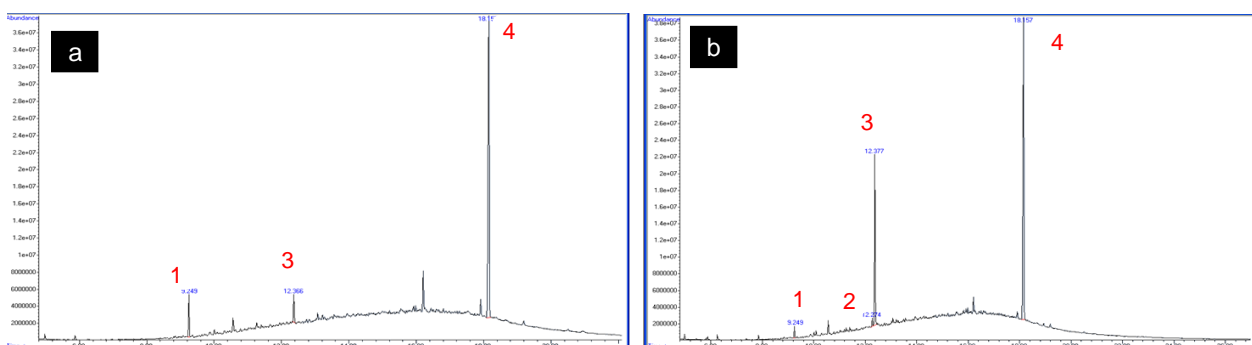


Figura 15. Cromatógramas de la feromona sexual sintética de *Helicoverpa armigera* de a) Prov 1 y b) Prov 2, con los compuestos 1) antioxidante butilhidroxitolueno, 2) Z-9-hexadecenal, 3) Z-11-hexadecenal y 4) Antioxidante BFK.

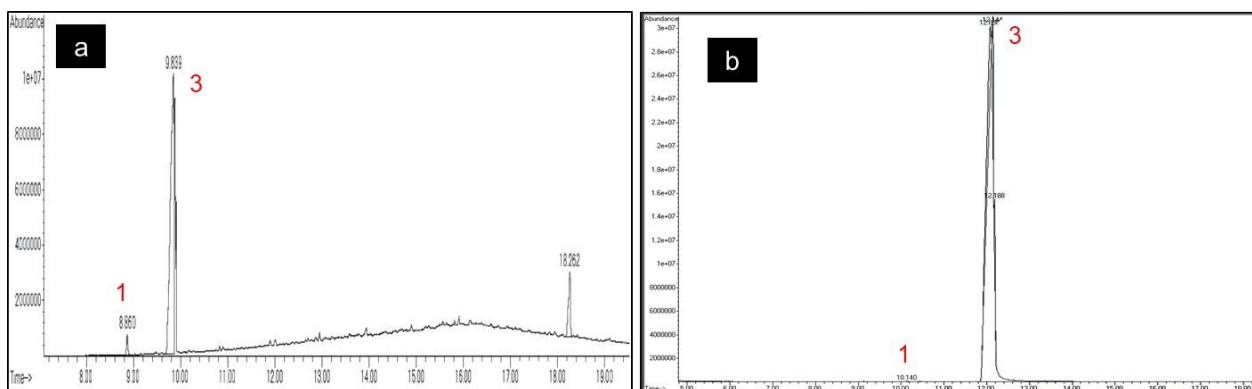


Figura 16. Cromatogramas de la feromona sexual sintética de *Thaumatotibia leucotreta* de a) Prov 1 y b) Prov 2, con los compuestos 1) antioxidante butilhidroxitolueno, 2) Z-8-dodecenil acetato (no se identificó), 3) E-8-dodecenil acetato y 4) Antioxidante BFK

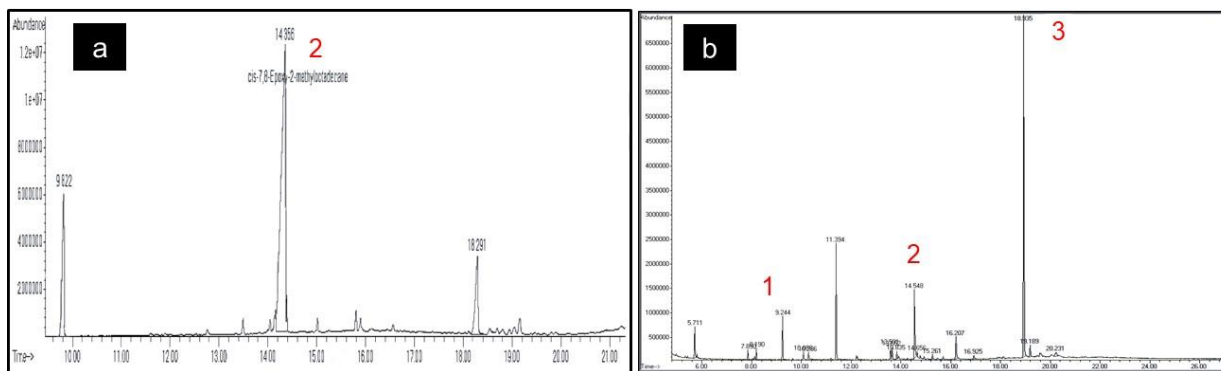


Figura 17. Cromatogramas de la feromona sexual sintética de *Lymantria dispar* de a) Prov 1 y b) Prov 2, con los compuestos, 2) (7R,8S)-cis-7,8- Epoxy-2-ethyloctadecane, 3) Antioxidante BFK

En los septos comerciales con atrayentes para *Epiphyas postvittana* (figura 18), *Lobesia botrana* (figura 19) y *Spodoptera litura* (figura 20), las composiciones y proporciones determinadas para ambos proveedores coincidieron con las reportadas en la literatura. No obstante, los septos del prov2 mostraron contener mayor cantidad de sus componentes al ser comparados con los contenidos del prov1 para estas tres plagas (Cuadro 3). Por lo contrario, en el caso de los septos comerciales usados para la detección de *Tuta absoluta* (figura 21), ninguno de los proveedores mostró la proporción reportada en la literatura. Sin embargo, en los septos de ambos proveedores el (*E,Z,Z*)-3,8,11-tetradecatrienilo (E3Z8Z11-14Ac) fue el componente mayoritario de la mezcla al igual que en la mezcla reportada por Grlepink *et al.*, 1996 (Cuadro 2). En estos septos, únicamente el contenido de E3Z8Z11-14Ac fue estadísticamente diferente entre los dos proveedores, siendo el prov2 el que mostró un mayor contenido de este compuesto (Cuadro 3). Referente a esto, se observó tanto en laboratorio como en campo que los machos de esta especie son mucho menos sensibles que otros lepidópteros a la variación o ausencia del compuesto minoritario de la mezcla feromonal respondiendo incluso si sólo el compuesto mayoritario está presente acorde a Svatoš *et al.* 1996; Michereff-Filho *et al.* 2000; Ferrara *et al.* 2001. Pese a ello, estas diferencias podrían provocar al mismo tiempo diferencias en la durabilidad de los septos en campo entre casas comerciales.

Adicionalmente, en todos los extractos analizados se detectó la presencia de 2,2'-metileno-bis(4-metil-6-tert-butilfenol) y butilhidroxitolueno de forma individual y/o combinada. Estos compuestos funcionan como antioxidantes para estabilizar y alargar la vida de anaquel de estas feromonas y sus liberadores.

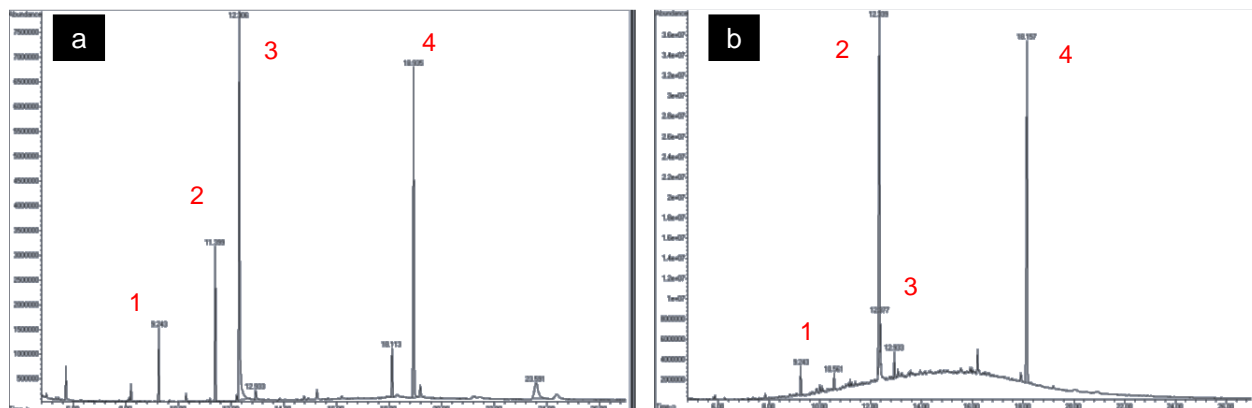


Figura 18. Cromatogramas de la feromona sexual sintética de *Epiphyas postvittana* de a) Prov 1 y b) Prov 2, con los compuestos, 1) butilhidroxitolueno, 2) (E)-11-tetradecenilo, 3) (E,E)-9,11-Tetradecadienilo, 4) Antioxidante BFK

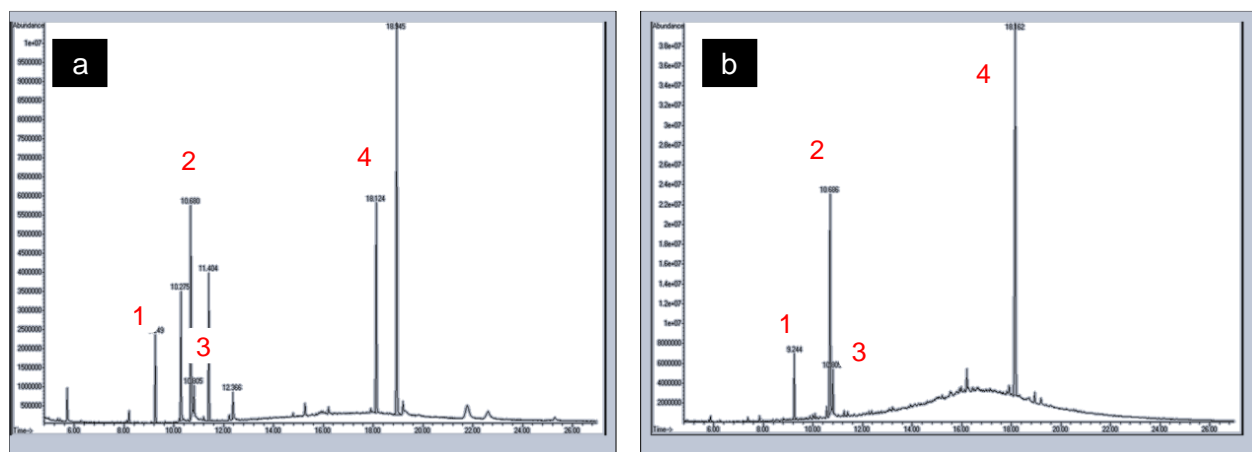


Figura 19. Cromatogramas de la feromona sexual sintética de *Lobesia botrana* de a) Prov 1 y b) Prov 2, con los compuestos, 1) butilhidroxitolueno, 2) (E,Z)-7-9-dodecadienil acetato, 3) (Z)-9-dodecenil acetato, 4) Antioxidante BFK

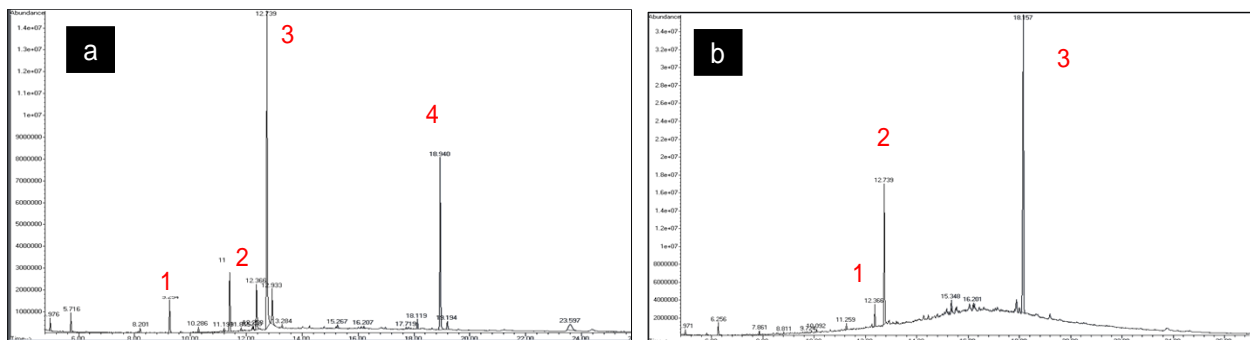


Figura 20. Cromatogramas de la feromona sexual sintética de *Spodoptera litura* de a) Prov 1 y b) Prov 2, con los compuestos, 1) butilhidroxitolueno, 2) (Z,E)-9-12-tetradecadienil acetato, 3) (Z,E)-9,11-tetradecadienil acetato, 4) Antioxidante BFK

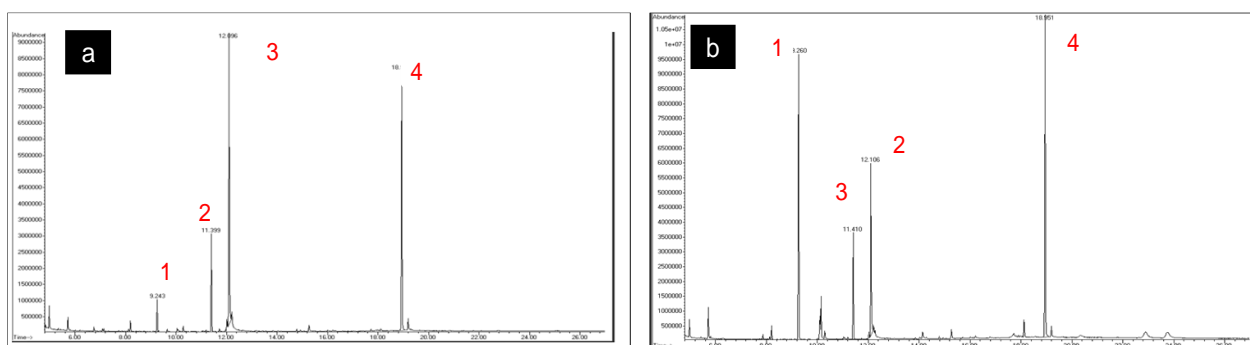


Figura 21. Cromatogramas de la feromona sexual sintética de *Tuta absoluta* de a) Prov 1 y b) Prov 2, con los compuestos, 1) butilhidroxitolueno, 2) (E,Z)-3,8-tetradecadienil acetato, 3) (E,Z,Z)-3-8-11-tetradecatrienil acetato, 4) Antioxidante BFK

Cuadro 2. Composiciones y proporciones de compuestos feromonales en diez especies de lepidópteros cuarentenados en México en dos proveedores comerciales.

Especie	Compuesto 1	Compuesto 2	Pror <sup>f</sup>	Prob <sup>s</sup>
<i>C. cactorum</i>	Z9E12-14Ac <sup>b</sup>	Z9E12-14OH <sup>l</sup>		
Prov1	X	X	54:42	64:36 ± 0.15
Prov2	X	X		58:41 ± 0.40
<i>A. franciscana</i>	Z11-14Ald <sup>a</sup>	Z11-14Ac <sup>k</sup>		
Prov1	X	X	15:1	4:6 ± 0.14
Prov2	X	X		7:3 ± 0.36
<i>E. postvittana</i>	E11-14Ac <sup>c</sup>	E9E11-14Ac <sup>m</sup>		
Prov1	X	X	100:7.1	100:4.9 ± 0.14
Prov2	X	X		100:2.2 ± 0.10
<i>G. molesta</i>	Z8-12Ac <sup>d</sup>	E8-12Ac <sup>i</sup>		
Prov1	X	ND	95:5	100:0 ± 0
Prov2	X	X		95:3 ± 0.14
<i>H. armígera</i>	Z11-16Ald <sup>e</sup>	Z9-16Ald <sup>n</sup>		
Prov1	X	ND	100:1.37	100:0 ± 0
Prov2	X	X		100:4 ± 0.05
<i>L. botrana</i>	E7Z9-12Ac <sup>f</sup>	Z9-12Ac <sup>o</sup>		
Prov1	X	X	100:13	100:12 ± 0.55
Prov2	X	X		100:16 ± 0.23
<i>L. dispar</i>	7R8S-disparlure <sup>g</sup>	7R8S-epo-2me-17-18Hy <sup>p</sup>		
Prov1	X	ND	100:1	100:0 ± 0
Prov2	X	ND		100:0 ± 0
<i>S. litura</i>	Z9E11-14Ac <sup>h</sup>	Z9E12-14Ac <sup>b</sup>		
Prov1	X	X	9:1	8.9:1.1 ± 0.23
Prov2	X	X		8.8:1.2 ± 0.33
<i>T. leucotreta</i>	E8-12Ac <sup>i</sup>	Z8-12Ac <sup>d</sup>		
Prov1	X	ND	9:1	10:0 ± 0
Prov2	X	ND		10:0 ± 0
<i>T. absoluta</i>	E3Z8Z11-14Ac <sup>j</sup>	E3Z8-14Ac <sup>q</sup>		
Prov1	X	X	92:8	66:34 ± 0.07
Prov2	X	X		77:23 ± 0.26

<sup>a</sup>(Z)-11-tetradecenal, <sup>b</sup>acetato de (Z,E)-9,12-tetradecadienilo, <sup>c</sup>acetato de (E)-11-tetradecenal, <sup>d</sup>acetato de (Z)-8-dodecenilo, <sup>e</sup> (Z)-11-hexadecenal, <sup>f</sup> Acetato de (E,Z)-7,9-dodecadienilo, <sup>g</sup>(7R,8S)-cis-7,8-epoxi-2-metiloctadecano, <sup>h</sup>acetato de (Z,E)-9,11-tetradecadienilo, <sup>i</sup>acetato de (E)-8-dodecenilo, <sup>j</sup>acetato de (E,Z,Z)-3,8,11-tetradecatrienilo, <sup>k</sup>Acetato de (Z)-11-tetradecenal, <sup>l</sup>(Z,E)-9,12-tetradecadien-1-ol, <sup>m</sup>acetato de (E,E)-9,11-tetradecadienilo, <sup>n</sup>(Z)-9-hexadecenal, <sup>o</sup>acetato de (Z)-9-dodecenilo, <sup>p</sup>(7R,8S)-cis-7,8-epoxi-2-metiloctadec-17-eno, <sup>q</sup>acetato de (E, Z)-3,8-tetradecadienilo. <sup>f</sup>Proporción reportada, <sup>s</sup>proporción observada. Los valores representan medias ± error estándar (n = 4). El símbolo "X" significa compuesto detectado, y "ND" significa compuesto no detectado. Las proporciones fueron calculadas utilizando el área de los compuestos respecto al total del área de ambos compuestos o normalizando el área del compuesto minoritario al área del compuesto mayoritario, dependiendo del método utilizado en la literatura reportada en el cuadro 1.

Cuadro 3. Comparación del área de picos cromatográficos de compuestos feromonales extraídos de septos comerciales de dos proveedores comerciales en México.

Plaga	Compuesto	Prov1 <sup>r</sup>	Prov2 <sup>s</sup>
<i>Cactoblastis cactorum</i>	Z9E12-14OH <sup>c</sup>	18771224 ± 371196	39898868 ± 660988*
	Z9E12-14Ac <sup>d</sup>	10782798 ± 163086	28426244 ± 922726*
<i>Argyrotaenia franciscana</i>	Z11-14Ald <sup>a</sup>	27923368 ± 342804	91766816 ± 2609329*
	Z11-14Ac <sup>b</sup>	46199918 ± 594512*	46591425 ± 738796
<i>Epiphyas postvittana</i>	E11-14Ac <sup>e</sup>	16578270 ± 529026	719692612 ± 3389597*
	E9E11-14Ac <sup>f</sup>	375070 ± 27155	3528153 ± 267033*
<i>Grapholita molesta</i>	E8-12Ac <sup>g</sup>	0 ± 0	125643 ± 3997*
	Z8-12Ac <sup>h</sup>	2798007 ± 16344	3688615 ± 63554*
<i>Helicoverpa armígera</i>	Z9-16Ald <sup>i</sup>	0 ± 0	1473934 ± 67414*
	Z11-16Ald <sup>j</sup>	6711663 ± 716148	37311421 ± 1429332*
<i>Lobesia botrana</i>	E7Z9-12Ac <sup>k</sup>	8483023 ± 174227	41208704 ± 713767*
	Z9-12Ac <sup>l</sup>	1053934 ± 25888	6437632 ± 150619*
<i>Lymantria dispar</i>	7R8S-disparlure <sup>m</sup>	2771785 ± 173365	2817299 ± 41972
	7R8S-epo-2me-17-18Hy <sup>n</sup>	0 ± 0	0 ± 0
<i>Spodoptera litura</i>	Z9E12-14Ac <sup>d</sup>	3874607 ± 52842	4289941 ± 85951*
	Z9E11-14Ac <sup>o</sup>	30834422 ± 732636	32540557 ± 836370
<i>Thaumatotibia leucotreta</i>	Z8-12Ac <sup>h</sup>	0 ± 0	0 ± 0
	E8-12Ac <sup>g</sup>	307556446 ± 2508116	420399264 ± 34262150*
<i>Tuta absoluta</i>	E3Z8Z11-14Ac <sup>p</sup>	10431744 ± 206208	16658759 ± 690636*
	E3Z8-14Ac <sup>q</sup>	5433894 ± 99689	4939112 ± 151763

\*Representa diferencias significativas en una prueba de t-student de dos colas para dos tratamientos suponiendo varianzas iguales ( $p < 0.05$ ). Y varianzas desiguales para Z8-12Ac en *Grapholita molesta* y E8-12Ac en *T. leucotreta*. <sup>a</sup>(Z)-11-tetradecenal, <sup>b</sup>acetato de (Z)-11-tetradecenilo, <sup>c</sup>(Z,E)-9,12-tetradecadien-1-ol, <sup>d</sup>acetato de (Z,E)-9,12-tetradecadienilo, <sup>e</sup>acetato de (E)-11-tetradecenilo, <sup>f</sup>acetato de (E,E)-9,11-tetradecadienilo, <sup>g</sup>acetato de (E)-8-dodecenilo, <sup>h</sup>acetato de (Z)-8-dodecenilo, <sup>i</sup>(Z)-9-hexadecenal, <sup>j</sup>(Z)-11-hexadecenal, <sup>k</sup>acetato de (E,Z)-7,9-dodecadienilo, <sup>l</sup>acetato de (Z)-9-dodecenilo, <sup>m</sup>(7R,8S)-cis-7,8-epoxi-2-metiloctadecano, <sup>n</sup>(7R,8S)-cis-7,8-epoxi-2-metiloctadec-17-eno, <sup>o</sup>acetato de (Z,E)-9,11-tetradecadienilo, <sup>p</sup>acetato de (E,Z,Z)-3,8,11-tetradecatrienilo, <sup>q</sup>acetato de (E,Z)-3,8-tetradecadienilo. <sup>r</sup>Proveedor 1, <sup>s</sup>proveedor 2. Los valores representan promedios ± error estándar (n = 4).

La variación cualitativa y proporcional detectada en las feromonas comerciales demuestra la falta de homogeneidad en protocolos de formulación y producción de dichos atrayentes. De esta forma, si bien sólo la evaluación en campo de estas feromonas



proporcionaría la prueba final de la funcionalidad de estas feromonas, los datos obtenidos muestran gran variación en la formulación y posiblemente *per se* de la funcionalidad biológica de estos semioquímicos. La variación composicional o de las proporciones de formulaciones feromonales pueden resultar no sólo en la ineffectividad de dichos semioquímicos, sino también en la atracción de especies no blanco (Kong *et al.* 2014; Renou 2014). Fue demostrado que los machos de lepidópteros son capaces de distinguir cambios incluso a nivel estereoquímico, quiral y proporcional de dos o unos cuantos componentes como señales específicas para su especie (Renou, 2014). Por ejemplo, la mezcla binaria de acetato de (*Z*)-8-dodecenilo (Z8-12Ac) y acetato de (*E*)-8-dodecenilo (E8-12Ac) es capaz de atraer tanto machos de *G. molesta* como de *G. dimorpha*, pero al variar las proporciones de ambos compuestos en la mezcla, la especificidad de atracción se ve modificada, la mezcla en proporción 95:5 de estos compuestos respectivamente, atrae a más machos de *G. molesta*, y la mezcla en proporción 85:15 atrae más machos de *G. dimorpha* (Jung *et al.*, 2013). Sin embargo, también algunas otras especies de lepidópteros poseen cierto grado de tolerancia a la variación de las proporciones de los compuestos feromonales. Esta tolerancia les permite seguir decodificando volátiles como señales específicas cuando se encuentran mezclados en un ambiente con alta interferencia química. Por ejemplo, los machos de *H. armigera* fueron capaces de responder positivamente a mezclas de sus componentes feromonales (*Z*)-11-hexadecenal/Z11-16Ald y (*Z*)-9-hexadecenal/Z9-16Ald que variaron proporcionalmente de 1:99 a 10:90 respectivamente (Kehat and Dunkelblom, 1990; Liu *et al.*, 2013). Pese a esto, la tolerancia a dicha variación, al menos en esta especie no es muy amplia, lo cual da pauta al establecimiento de límites de variación de las proporciones de los atrayentes feromonales, el cual evidentemente tiene un impacto sobre el comportamiento de la especie blanco que se trata de detectar o monitorear. Esto se torna aún de mayor importancia cuando existe evidencia de que tales rangos son dependientes de cada especie.

Otro factor considerado como índice de calidad en este estudio fue la cantidad de mezcla feromonal con la cual los septos son cargados por el proveedor. Los septos con feromonas comerciales para *C. cactorum*, *T. absoluta*, y *H. armigera* del prov1, que

mostró generalmente menor contenido de sus componentes feromonales en comparación al prov2 (Cuadro 3), fueron cuantificados para determinar dicho parámetro. En los septos de *C. cactorum*, un promedio de  $1.22 \pm 0.08$  mg de mezcla feromonal fue cuantificado. Esta cantidad de mezcla coincide con la utilizada en sistemas de detección y monitoreo donde se emplean septos cargados con 1 mg de feromona (Cibrián et al. 2017). Para el caso de *T. absoluta*,  $0.66 \pm 0.02$  fue la cantidad de E3Z8Z11-14Ac cuantificada por septo. Puesto que la proporción esperada de la feromona es de 98:2, se esperaría cuantificar alrededor de 0.01 mg por septo de acetato de (*E,Z*)-3,8-tetradecadienilo (E3Z8-14Ac), que a su vez producirían un total de 0.67 mg por septo de mezcla feromonal. Al respecto, diferentes cargas de feromonas han sido propuestas para la detección de *T. absoluta*. Por ejemplo, 0.5 mg/septo es recomendado en invernaderos con vida media de un mes a mes y medio. En condiciones de campo abierto, se recomienda cargar el septo con 0.8 mg también con vida media de mes a mes y medio.

Para climas extremadamente calurosos y secos, se recomienda cargar el septo con 3 mg para lograr una duración larga del atrayente (Caparros-Megido *et al.*, 2013). Considerando estos datos, teóricamente el septo del prov1 contiene suficiente feromona para ser utilizado aproximadamente durante un mes o mes y medio en invernadero, y de 3 a 5 semanas en campo, aunque dicha duración dependerá de las condiciones climáticas de la zona donde el septo es utilizado.

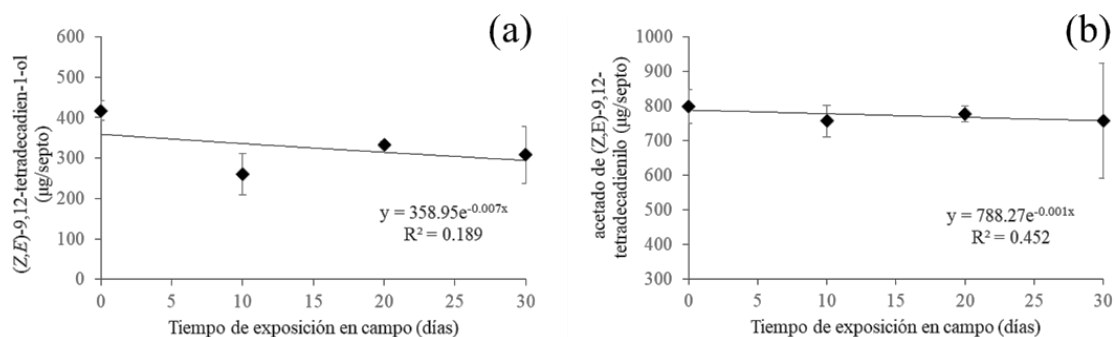
Para el caso de *H. armigera*,  $0.58 \pm 0.09$  mg/septo fueron cuantificados en septos del prov1. Diferentes cargas de feromonas han sido utilizadas en campo para el monitoreo de esta plaga, tales dosis incluyen 0.25, 0.5, 1.0 y 1.25 mg de mezcla feromonal por septo (Loganathan *et al.*, 1999), de éstas, los septos cargados con 1 mg son los que han mostrado mejores resultados. Por tanto, este proveedor no posee la cantidad de atrayente requerida por los programas de detección en México. Aun así, los septos utilizados en estas campañas son cambiados cada 30 días (SENASICA, 2019b), por lo cual incluso si el septo del prov1 para esta feromona posee menos de 1 mg, este sigue poseyendo suficiente feromona para seguir siendo teóricamente funcional en campo durante este periodo de tiempo.

Los datos de las tres feromonas analizadas demuestran que además de la falta de homogeneidad en su constitución, tampoco existe homogeneidad en la cantidad con la cual los septos son cebados con atrayentes.

El último factor considerado en este estudio fueron las tasas de liberación de los componentes de cada feromona de *C. cactorum*, *H. armigera* y *T. absoluta*. La tasa de liberación feromonal es considerada como un proceso de tipo pasivo el cual se caracteriza por una curva con descenso exponencial (Barrientos-Hernández *et al.*, 2011). Esto quiere decir que los componentes de la feromona se liberan de forma pasiva del liberador, lo cual se ve afectado por las características físico-químicas del compuesto y de las condiciones ambientales a las que se encuentra expuesto el liberador. Si bien la cantidad de feromona con la que es cargado el septo es de suma importancia, su liberación lo es también, puesto que su rango de liberación determinará su concentración en el ambiente, la cual puede o no ser suficiente para ser detectada por la plaga blanco (Tobin *et al.*, 2011). En el caso de los componentes de la feromona de *C. cactorum* y *H. armigera*, no se observó el decline esperado en la concentración de sus componentes a través del mes de exposición en campo (Figura 22a, 22b, 22c, 22d). En una primera interpretación, el liberador y feromona para estas feromonas no son de la calidad adecuada para su liberación en el ambiente probado. Por otro lado, cabe mencionar que la tasa de liberación es afectada principalmente por temperatura (Nation *et al.*, 1993). Al respecto, Tobin y colaboradores (2011) mencionan que para la liberación de disparlure utilizado en el monitoreo de *L. dispar*, una rápida liberación de la feromona en climas calientes podría representar un problema de depleción del semioquímico en campo, por otro lado, bajas temperaturas en ambientes con climas fríos podrían no ser aptos para utilizar feromonas como métodos de monitoreo debido a la baja o nula liberación de los componentes feromonales. Esto podría explicar parcialmente la línea de tendencia semirrecta observada en los componentes de estas feromonas. Por ejemplo, en 2019 en el Estado de México la temperatura máxima promedio anual fue de 23.8 °C, mientras que, en estados como Tamaulipas, Nuevo León y Quintana Roo, los cuales son estados con peligro geográfico de entrada de *C. cactorum*, las temperaturas máximas promedios

anuales en el mismo año fueron de 31.2, 29.9 y 33.3 °C respectivamente (CONAGUA 2019). Esto representa una gran diferencia del posible efecto de la temperatura en la liberación de los componentes de la feromona utilizada para esta plaga, además de que de forma paralela constituye un factor a considerar en la frecuencia de cambio de septos en campo. En el caso de *H. armigera* las posibles entidades federativas de entrada por dispersión geográfica natural de la plaga tales como Chiapas, Campeche, Quintana Roo y Tabasco también presentan temperaturas medias de 31.9, 33.7, 33.3 y 32.7 °C, respectivamente (CONAGUA 2019). Esto representa la misma situación potencial observada para *C. cactorum*, donde la temperatura del estado en donde se realizaron los experimentos de presente estudio es mucho más baja que la de otros estados claves para la detección de estas plagas.

Lo contrario ocurrió con el componente mayoritario de la feromona de *T. absoluta*, el cual mostró una disminución de tipo exponencial durante los tiempos progresivos de exposición en campo (Figura 22e). Los septos mostraron un contenido inicial de  $0.66 \pm 0.02$  mg al tiempo cero de exposición y  $0.31 \pm 0.03$  mg a los 30 días de exposición en campo, lo cual representa la liberación de alrededor del 50 % del contenido inicial del atrayente. La tasa promedio de liberación durante el mes de exposición fue de  $5.50 \pm 0.85$  µg/día. Estos datos indican una duración en campo del atrayente por más de un mes. Aun así, cabe mencionar que los datos en conjunto resaltan la necesidad del estudio de las tasas de liberación, en los países donde se encuentran establecidas las plagas cuarentenadas y en otras entidades federativas de México en donde la feromona está expuesta a diferentes condiciones de monitoreo. Esta necesidad ha sido previamente reconocida para *L. dispar* en Estados Unidos de América (Tobin *et al.* 2011).



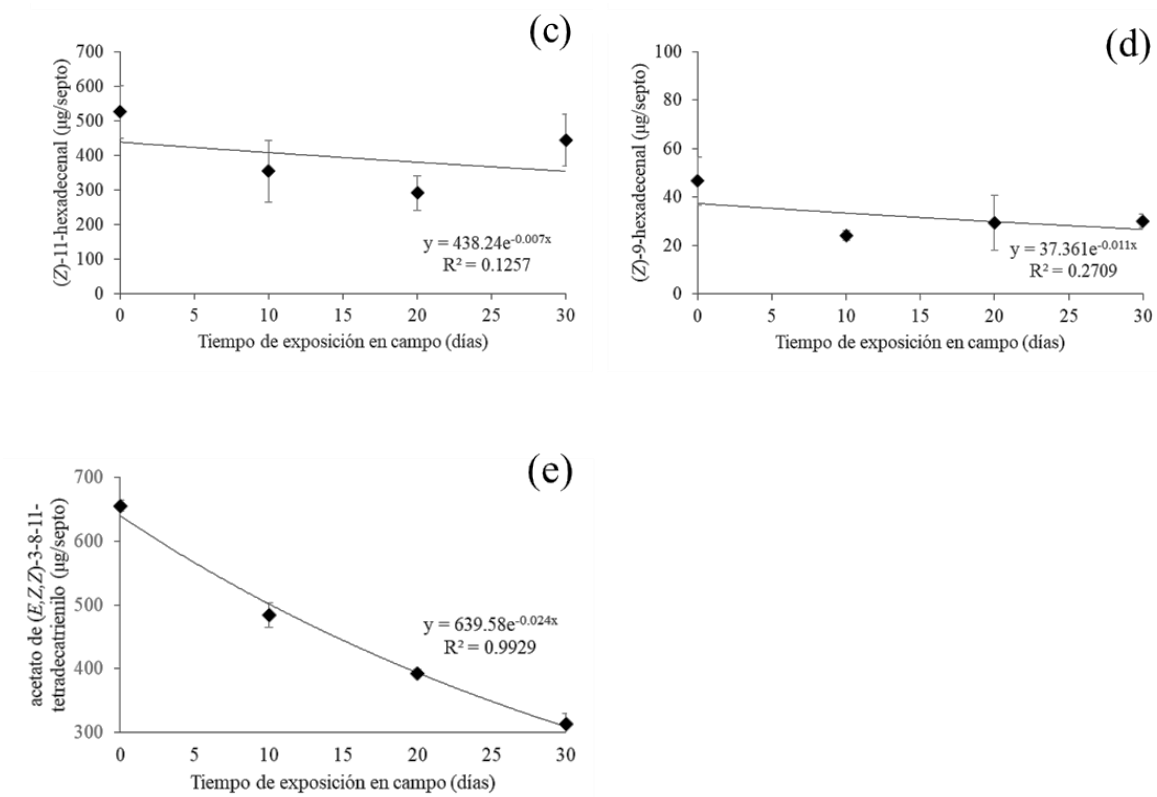


Figura 22. Curvas de disipación, ecuaciones de pendiente e índice de correlación ( $R^2$ ) de los componentes feromonal de *Cactoblastis cactorum* (a, b), *Helicoverpa armigera* (c, d) y *Tuta absoluta* (e) contenidos en septos expuestos en campo durante 10, 20 y 30 días. Las barras representan  $\pm 2$  desviaciones estándar.

## 1.6 CONCLUSIONES

Existe variabilidad cualitativa, proporcional y cuantitativa entre feromonas comerciales distribuidas por diferentes casas comerciales en México. Dicha variabilidad también denota el gran potencial de la existencia de diferencias en su funcionalidad biológica. Si bien existen ciertas razones para esta variabilidad, la cual puede estar basada en estudios de laboratorio y campo, los cuales fueron adoptados de manera independiente por cada casa comercial, los resultados de este estudio resaltan la necesidad de establecer lineamientos de calidad química para la aceptabilidad de dichos productos.

Estos lineamientos podrían incluir la elaboración de protocolos estándar para la formulación y evaluación de dichos atrayentes.

## CAPITULO II. PALOMILLAS ASOCIADAS AL MONITOREO DE DIEZ ESPECIES DE LEPIDOPTEROS DE IMPORTANCIA CUARENTENARIA EN MÉXICO, DE LOS AÑOS 2010 AL 2018.

### 2.1 RESUMEN

Se realizó un análisis de las muestras de especímenes sospechosos a 10 especies de lepidópteros de importancia cuarentenaria, durante los años 2010 al 2018, diagnosticados por el Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, de la Dirección General de Sanidad Vegetal. Se obtuvieron 1,839 muestras de especímenes sospechosos, de los cuales 244 especímenes corresponden a especies objetivo, 1,595 corresponden a especies no blanco. Con la feromona de *Argyrotaenia franciscana* se capturaron especímenes de *Argyrotaenia montezumae*, con la feromona de *Cactoblastis cactorum* se capturó a *Melitara prodenialis*, con la feromona de *Grapholita molesta*, se capturaron las especies *Grapholita prunivora* y *Grapholita packardii*, con la feromona de *Helicoverpa armigera* se capturaron especímenes de *Helicoverpa zea* y con la feromona de *Tuta absoluta* hubo capturas de *Sinoe capsana* y *Keiferia licoperscicella*. Las feromonas de *Lobesia botrana*, *Lymantria dispar* y *Epiphyas postvittana* no capturaron otras especies no blanco.

**Palabras clave:** capturas, plagas de importancia cuarentenaria, feromonas

**MOTHS ASSOCIATED WITH THE MONITORING OF TEN SPECIES OF  
LEPIDOPTERS OF QUARANTINE IMPORTANCE IN MEXICO, FROM THE YEARS  
2010 TO 2018.**

**2.2 ABSTRACT**

An analysis was carried out of the samples of suspicious specimens of 10 species of lepidoptera of quarantine importance, during the years 2010 to 2018, diagnosed by the National Center for Phytosanitary Reference, of the General Directorate of Plant Health. 1,839 samples of suspicious specimens were obtained, of which 244 specimens correspond to objective species, 1,595 correspond to non-target species. Specimens of *Argyrotaenia montezumae* were captured with the pheromone of *Argyrotaenia franciscana*, with the pheromone of *Cactoblastis cactorum*, *Melitara prodenialis* was captured, with the pheromone *Grapholita molesta*, the species *Grapholita prunivora* and *Grapholita packardii* were captured, with the pheromone of *Helicoverpa armigera* captured specimens of *Helicoverpa zea* and with the pheromone of *Tuta absolute* there were captures of *Sinoe capsana* and *Keiferia licopersicella*. The pheromones of *Lobesia botrana*, *Lymantria dispar* and *Epiphyas postvittana* did not capture other non-target species.

**Key words:** catches, pests of quarantine importance, pheromones

## 2.3 INTRODUCCIÓN

Al ser los lepidópteros insectos de vida corta, el objetivo principal de estos insectos al momento de emerger es buscar pareja con el fin de procrear, por lo que las feromonas sexuales son aplicadas con cierto éxito en este Orden (Ramírez, 1996). Es un factor de comunicación en palomillas, especies generalmente activas durante la noche, las feromonas sexuales de este grupo son emitidas por las hembras, a partir de glándulas formadas por la modificación de membranas intersegmentales en el extremo del abdomen, generalmente en los segmentos 8 o 9 (Ma & Ramaswamy, 2003). La feromona emitida por la hembra, o desde un liberador cargado con feromona sintética, se difunde en el aire y adquiere una estructura tridimensional de forma característica, conocida como “estela de olor”. En los centímetros próximos a la fuente, la estructura de la estela de olor es únicamente afectada por la difusión de las moléculas (Howse *et al.*, 1998).

La más amplia aplicación de feromonas sexuales consiste en su uso para detección y monitoreo de insectos plaga (Witzgall *et al.*, 2010); consiste en atraer al insecto hacia trampas con feromona, su utilización, permite determinar en función de las capturas, fecha de aparición de los adultos, periodo óptimo para aplicaciones de control. Estos sistemas de trapeo con feromonas constituyen la principal herramienta de detección de plagas (Ramírez, 1996).

En México, el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria utiliza feromonas sexuales para la detección de 10 lepidópteros plaga que actualmente están ausentes o son de ubicación restringida, es decir se encuentran en el listado de plagas reglamentadas de México ante la International Plant Protection Convention (IPPC) (SENASICA, 2019a). Sin embargo, desde que está operando el sistema de trapeo, se han registrado capturas de lepidópteros no blanco, por lo que en este capítulo se hace un análisis de estas capturas como complemento a los estudios del capítulo II, donde se pudo corroborar que existe variación en la composición de las feromonas y la proporción con respecto a lo que se establece en la bibliografía, lo cual podría ser una causa de que existan capturas de especies no blanco.



## 2.4 MATERIALES Y METODOS

Durante el periodo 2010 al 2018, personal operativo de los Comités Estatales de Sanidad Vegetal, del Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria, durante la vigilancia de plagas cuarentenarias, detectaron especímenes sospechosos a diez especies de lepidópteros de importancia cuarentenaria, los ejemplares fueron capturados en trampas tipo delta y tipo ala cebadas con feromonas específicas.

Cuadro 4. Componentes y proporciones de feromonas sexuales de 10 especies de lepidópteros plaga bajo vigilancia en México.

Especie	Compuesto 1	Compuesto 2
<i>Argyrotaenia franciscana</i>	Acetato de (Z)-11-tetradecenilo (1) <sup>a</sup>	(Z)-11-tetradecenal (15)
<i>Cactoblastis cactorum</i>	Acetato de (Z,E)-9,12-tetradecadienilo (54)	(Z,E)-9,12-tetradecadien-1-ol (42)
<i>Epiphyas postvittana</i>	Acetato de (E)-11-tetradecenilo (100)	Acetato de (E,E)-9,11-tetradecadienilo (7.1)
<i>Grapholita molesta</i>	Acetato de (Z)-8-Dodecenilo (95)	Acetato de (E)-8-dodecenilo (5)
<i>Helicoverpa armígera</i>	(Z)-11-hexadecenal (100)	(Z)-9-hexadecenal (1.37)
<i>Lobesia botrana</i>	Acetato de (E,Z)-7,9-dodecadienilo (100)	Acetato de (Z)-9-dodecenilo (13)
<i>Lymantria dispar</i>	(7R,8S)-cis-7,8-epoxi-2-metiloctadecano (100)	(7R,8S)-cis-7,8-epoxi-2-metiloctadec-17-eno (1)
<i>Spodoptera litura</i>	Acetato de (Z,E)-9,11-tetradecadienilo (9)	Acetato de (Z,E)-9,12-tetradecadienilo (1)
<i>Thaumatotibia leucotreta</i>	Acetato de (E)-8-dodecenilo (9)	Acetato de (Z)-8-dodecenilo (1)
<i>Tuta absoluta</i>	Acetato de (E,Z,Z)-3,8,11-tetradecatrienilo (92)	Acetato de (E, Z)-3,8-tetradecadienilo (8)

Estas muestras fueron enviadas al Laboratorio de Entomología y Acarología del CNRF para su diagnóstico fitosanitario; mediante la técnica de extracción de la genitalia, ajustada a la técnica de Gilligan y Epstein (2012), se realizó la comparación del aparato genital obtenido para determinar la especie.

## 2.5 RESULTADOS Y DISCUSION

Se procesaron 1,839 muestras sospechosas en el laboratorio de diagnóstico del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria (cuadro 5).

Cuadro 5. Numero de muestras ingresadas a laboratorio de diagnóstico del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, sospechosas a plagas bajo vigilancia epidemiológica fitosanitaria

Año	A. <i>franciscana</i>	C. <i>cactorum</i>	E. <i>postvittana</i>	G. <i>molesta</i>	H. <i>armigera</i>	L. <i>botrana</i>	L. <i>dispar</i>	S. <i>litura</i>	Tuta <i>absoluta</i>
2010			3						
2011		10	10	3					22
2012	9	12	9	18	2	1			104
2013	9	13	13	209					119
2014	88		5	4	7	1			101
2015	5	3		26	50	4			93
2016	1	3	4	19	165	1	1		84
2017	20	3	7	26	257	1	2	63	115
2018	15	6	5	7	43	1	3	26	8
<b>Total</b>	<b>147</b>	<b>50</b>	<b>56</b>	<b>312</b>	<b>524</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>89</b>	<b>646</b>

### 3.5.1. Capturas con la feromona de *Argyrotaenia franciscana*

En la figura 23, se visualizan las especies capturadas en trampas cebadas con la feromona de *A. franciscana*. Al hacer el análisis de los resultados de las capturas, los compuestos de la feromona de *A. franciscana*, (*Z*)-11-tetradecenilo (1) y (*Z*)-11-Tetradecenal (15) atrayeron a *Argyrotaenia montezumae* (figura 13), aunque al hacer la consulta no se encontró evidencia en la bibliografía de los compuestos, sin embargo, se pudo observar que otras especies del género *Argyrotaenia* comparten al menos uno de los compuestos, tales como *A. angustilinetta*, *A. dorsalana*, *A. pomiliana*, *A. pulchellana*, *A. velutinana* (Ando, 1978; Hill, 1975; Steck, 1977; Cichon, 2004; Frerot, 1984; Bavaresco, 2005; Bjostad, 1985). *Argyrotaenia montezumae* esta reportada como una plaga de zarzamora, ocasionando daños en las hojas (Barreto, 2012).

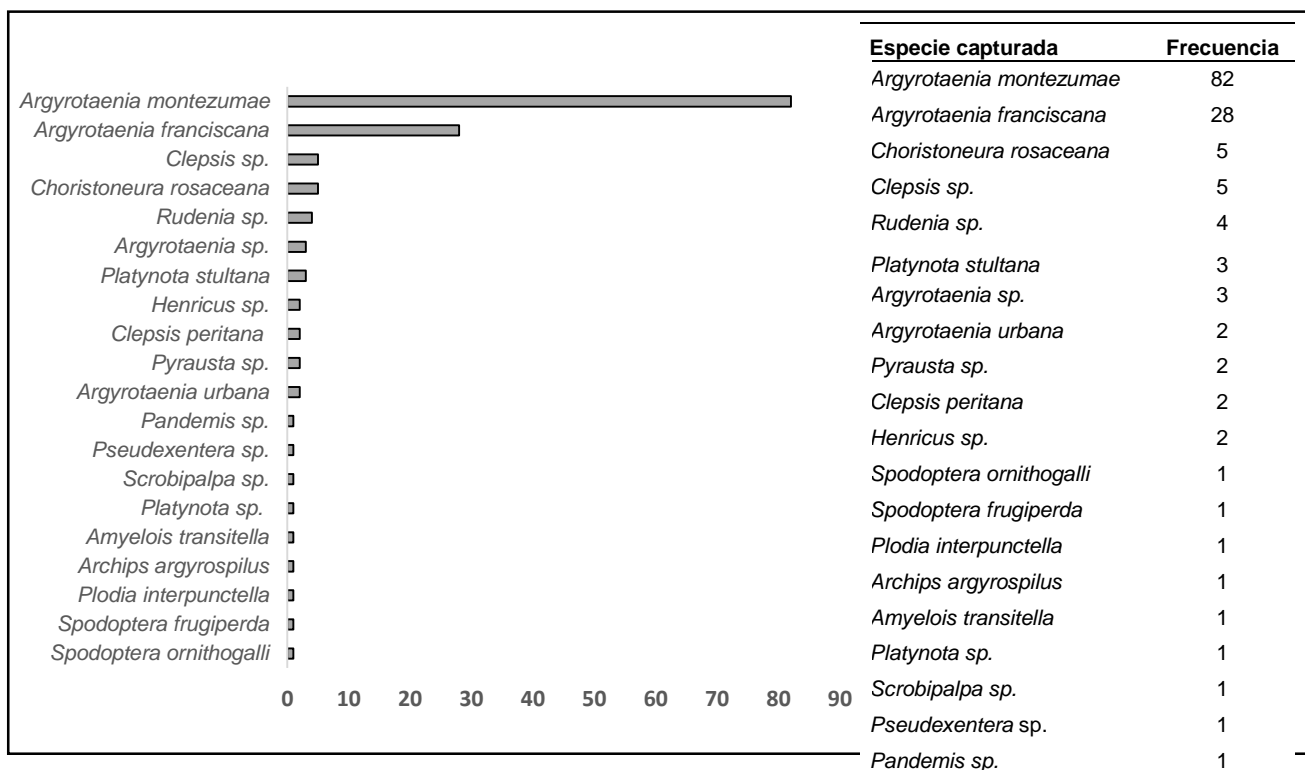


Figura 23. Especies capturadas con la feromona sintética de *Argyrotaenia franciscana* (*Z*)-11-tetradecenilo (1) y (*Z*)-11-Tetradecenal (15)

Es importante señalar que en la figura 23 se reflejan las detecciones registradas de *A. franciscana* en el estado de Baja California, donde la plaga actualmente está presente (SENASICA, 2019).

### 3.5.2. Capturas con la feromona de *Cactoblastis cactorum*

En la figura 24 se puede observar que la feromona (*Z,E*)-9,12-tetradecadienilo, (*Z,E*)-9,12-tetradecadien-1-ol (42), que emite la hembra de *C. cactorum* (Heat *et al.*, 2006), la cual se coloca en trampas tipo ala, esta mezcla atrajo a otra especie que ataca al nopal (*Melitara prodenialis*) (Figura 24).

Se realizó una consulta en la base de datos de feromonas Pherobase (<https://www.pherobase.com/database>), en donde no se encontró ningún registro de la feromona de *Melitara prodenialis*.

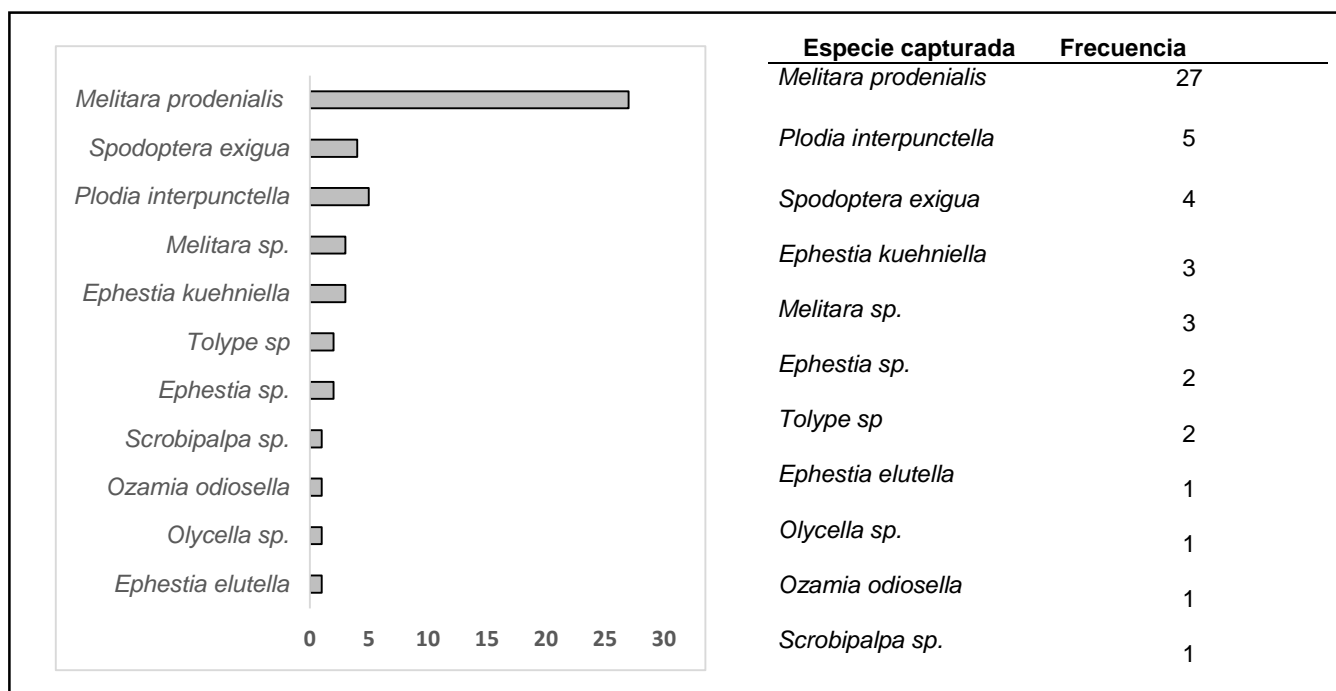


Figura 24. Especies capturadas con la feromona sintética de *C.cactorum* (Z,E)-9,12-tetradecadienilo, (Z,E)-9,12-tetradecadien-1-ol (42).

### 3.5.3. Capturas con la feromona de *Epiphyas postvittana*

Con los compuestos de la feromona de *E. postvittana*, (E)-11-tetradecenilo (100), (E,E)-9,11-tetradecadienilo (3.1) colocada en trampas tipo delta se capturaron otras especies, pero el número de capturas no fueron relevantes (Figura 25), es decir se puede inferir que los compuestos de esta feromona no atraen a otras especies, lo anterior, si consideramos que muchas de las trampas con capturas estaban colocadas en hospedantes de estas plagas (*Argyrotaenia montezumae*, *Cydia pomonella*, *Platynota sultana*, (SENASICA, 2019).

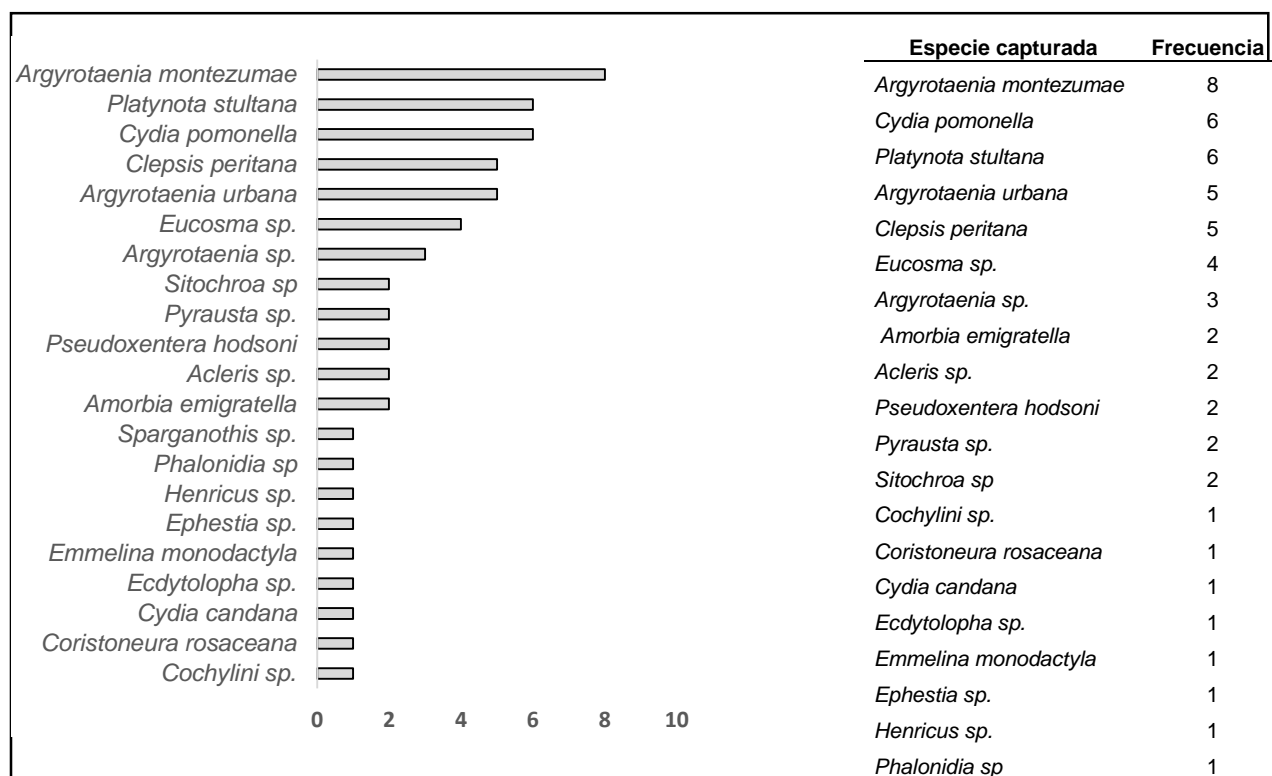


Figura 25. Especies capturadas con la feromona sintética de *Epiphyas postvittana* (E)-11-tetradecenilo (100), (E,E)-9,11-tetradecadienilo (3.1)

### 3.5.4. Capturas con la feromona de *Grapholita molesta*

En la figura 26 se reflejan capturas de diferentes especies con la feromona de *Grapholita molesta*, compuesta por (Z)-8-Dodecenilo (95) y (E)-8-dodecenilo (5), entre las que destacan *Grapholita prunivora* y *Grapholita packardii*, ambas especies comparten al menos un compuesto con *G. molesta*; la feromona de *G. packardii* contiene (E)-8-dodecenilo y de *G. prunivora* contiene los dos compuestos de *G. molesta*, aunque en proporciones distintas, (Z)-8-Dodecenilo (200) y (E)-8-dodecenilo (5), de acuerdo a lo publicado por Roelofs, 1969 y Chisholm, 1985.

Las capturas de *G. molesta* que se visualizan en la figura 26 fueron las que se detectaron en el estado de Baja California, en donde actualmente la plaga está presente, de acuerdo al SENASICA, 2019f.

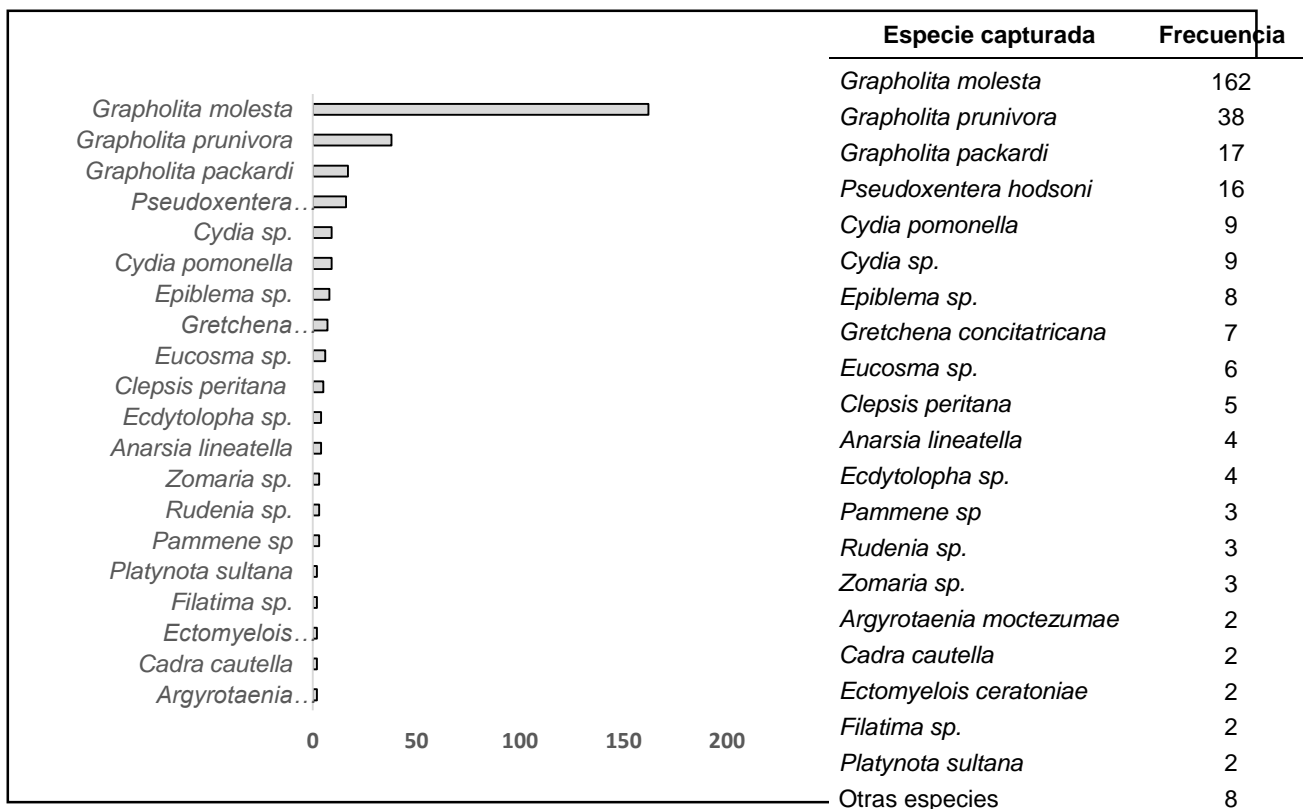


Figura 26. Especies capturadas con la feromona sintética de *Grapholita molesta* (*Z*)-8-Dodecenilo (95), (*E*)-8-dodecenilo (5)

### 3.5.5. Capturas con la feromona de *Helicoverpa armigera*

En la figura 27 se visualizan las capturas de especies con la feromona de *Helicoverpa armigera*, (*Z*)-11-hexadecenal y (*Z*)-9-hexadecenal.

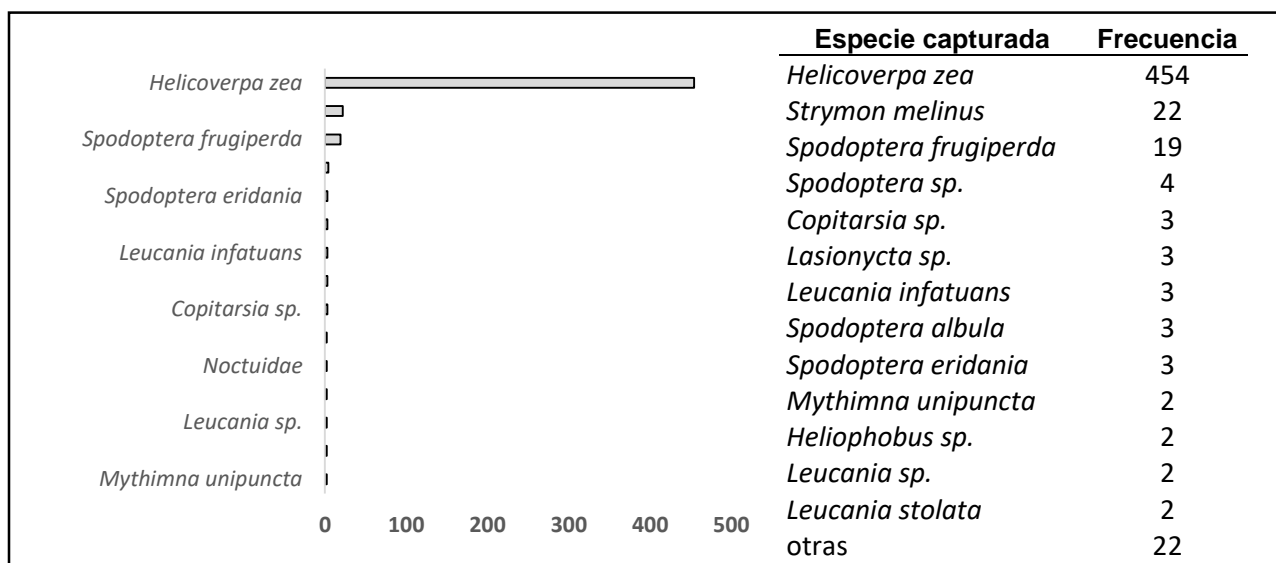


Figura 27. Especies capturadas con la feromona sintética de *H. armigera* (Z)-11-hexadecenal (100 y (Z)-9-hexadecenal (1.37)

Sobresalen las de la especie *Helicoverpa zea*, estas dos especies están muy relacionadas genéticamente, de acuerdo a lo publicado por Anderson et al., 2018, en donde se menciona una hibridación de estas dos especies en Sudamérica; asimismo, la feromona de *Helicoverpa zea*, contiene los mismos compuestos de *H. armigera*, solo que en distintas proporciones. Por lo anterior, es congruente que existan capturas de *H. zea*.

Asimismo, es probable que en las feromonas instaladas en campo para la captura de *H. armigera* exista variación en las proporciones de los compuestos feromonales y esto hace que exista la captura de especies no blanco (Kong et al., 2014; Renou, 2014). En un estudio realizado por Kehat and Dunkelblom, 1990, los machos de *H. armigera* fueron capaces de responder positivamente a mezclas de sus componentes feromonales ((Z)-11-hexadecenal/Z11-16Ald y (Z)-9-hexadecenal/Z9-16Ald) que variaron proporcionalmente de 1:99 a 10:90 respectivamente. Pese a esto, la tolerancia a dicha variación, al menos en esta especie no es muy amplia, lo cual da pauta al establecimiento de límites de variación de las proporciones de los atrayentes feromonales, el cual evidentemente tiene un impacto sobre el comportamiento de la especie blanco que se trata de detectar o monitorear.

### 3.5.6. Capturas con la feromona de *Lobesia botrana*

En la figura 28 se visualizan las capturas de especies con la feromona de *Lobesia botrana*, (*E,Z*)-7,9-dedecadienilo, y (*Z*)-9-dedecenilo.

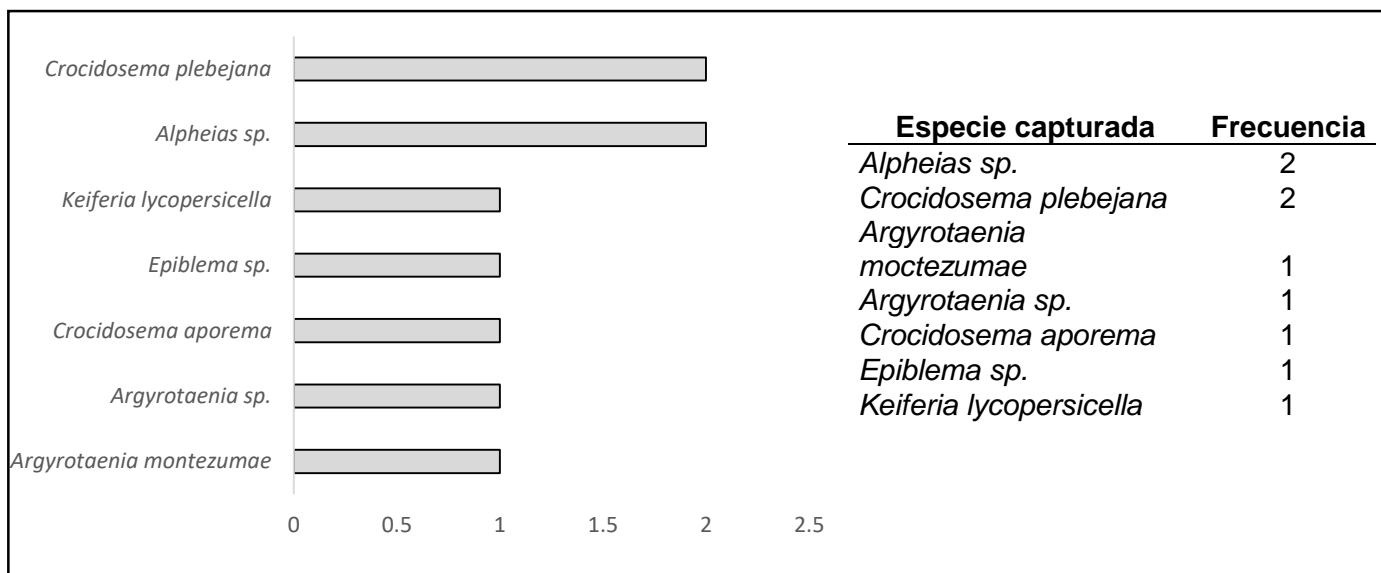


Figura 28. Especies capturadas con la feromona sintética de *Lobesia botrana* (*E,Z*)-7,9-dodecadienilo (100), (*Z*)-9-dodecenilo (13)

### 3.5.7. Capturas con la feromona de *Lymantria dispar*

En el cuadro 6 se observan las capturas de especies con la feromona de *Lymantria dispar*, (7*R*,8*S*)-cis-7,8-epoxi-2-metiloctadecano y (7*R*,8*S*)-cis-7,8-epoxi-2-metiloctadec-17-eno.

Cuadro. 6. Especies capturadas con feromona sintética de *L. dispar* (7*R*,8*S*)-cis-7,8-epoxi-2-metiloctadecano (100), (7*R*,8*S*)-cis-7,8-epoxi-2-metiloctadec-17-eno (1).

Especie capturada	Frecuencia
<i>Catocala sp.</i>	1
<i>Ecdytoplopha sp.</i>	1
<i>Grammia parthenice</i>	1
<i>Lymantria dispar var. dispar</i>	1
<i>Spodoptera frugiperda</i>	1
<i>Spodoptera latifascia</i>	1



En las especies anteriores, se puede inferir que son altamente selectivas o específicas debido a que las capturas de otras especies son muy bajas

### 3.5.8. Capturas con la feromona de *Spodoptera litura*

Las especies capturadas con la feromona (Z,E)-9,11-tetradecadienilo y (Z,E)-9,12-tetradecadienilo, son del género *Spodoptera* (figura 29); se puede visualizar en la base de datos Pherobase (<https://www.pherobase.com/database>), en las publicaciones referidas que las feromonas de la mayoría de las especies de este género comparten el compuesto (Z,E)-9,12-tetradecadienilo, por lo tanto es congruente las capturas de especies del mismo género.

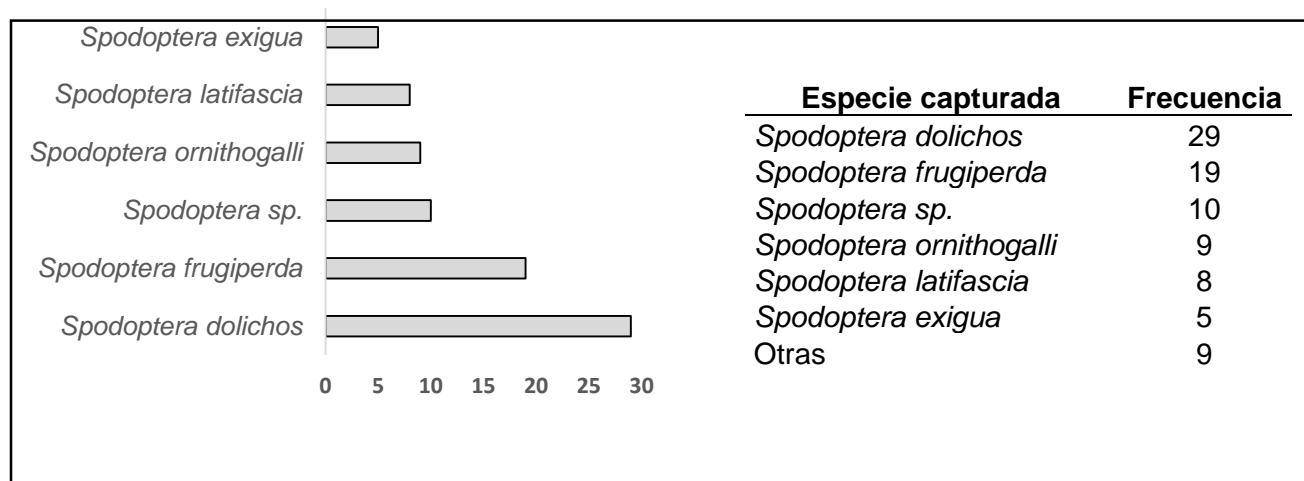


Figura 29. Especies capturadas con la feromona sintética de *Spodoptera litura* (Z,E)-9,11-tetradecadienilo (9), (Z,E)-9,12-tetradecadienilo (1).

### 3.5.9. Capturas con la feromona de *Tuta absoluta*

En la figura 30, se pueden observar las capturas de especies de lepidópteros con la feromona de *Tuta absoluta*.

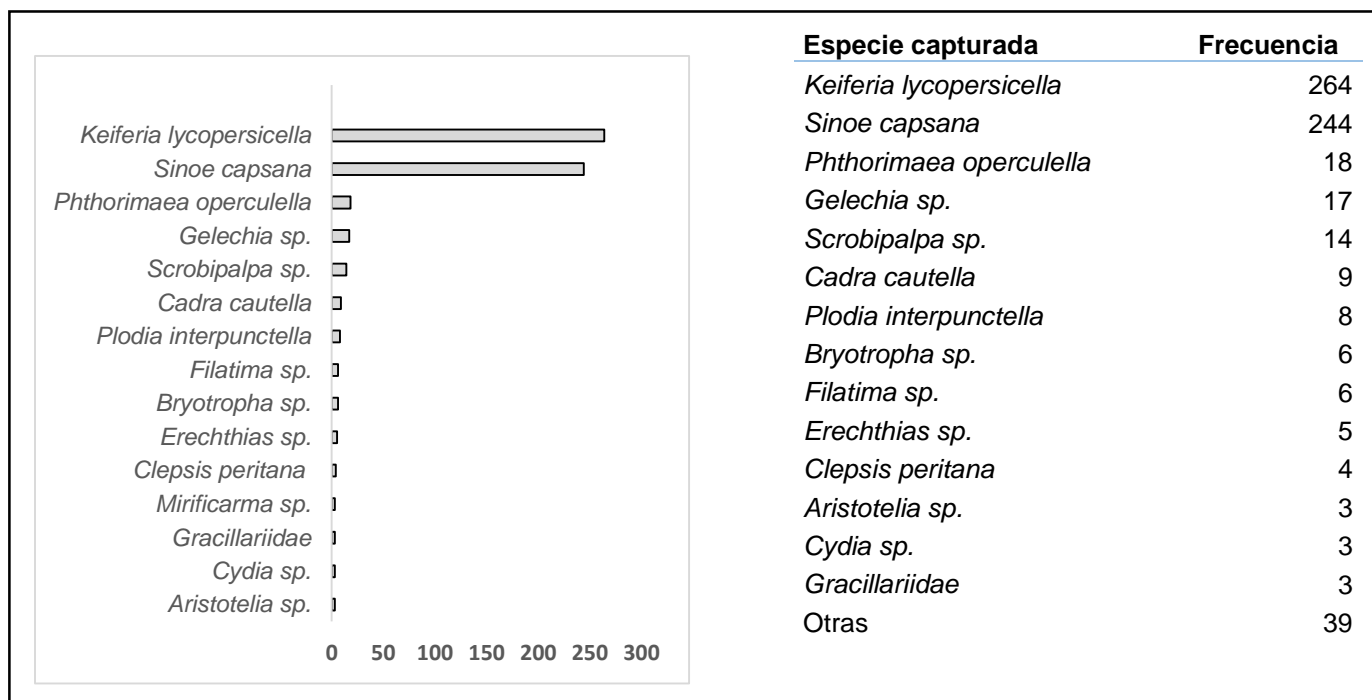


Figura 30. Especies capturadas con la feromona sintética de *Tuta absoluta* (*E,Z,Z*)-3,8,11-tetradecatrienilo (92), (*E, Z*)-3,8-tetradecadienilo (8)

Las especies no blanco capturadas pertenecen a la misma familia (Gelechidae) que *Tuta absoluta* y son muy similares morfológicamente, incluso *Keiferia lycopersicella* afecta también al cultivo de tomate (SENASICA, 2019d), aunque los compuestos feromonales son distintos, según lo observado por Charlton, 1991.

## 2.6 CONCLUSION

Fue evidente que la mayoría de las feromonas comerciales de las 10 especies capturan especies no blanco.

Las feromonas de *L. botrana*, *T. leucotreta*, *E. postvittana* y *L. dispar*, fueron muy específicas dentro del grupo evaluado.

## **CONCLUSION GENERAL**

Los atrayentes (semioquímicos) que se utilizan para el monitoreo y control de plagas en Mexico, deben de ser objeto de un registro ante la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), de acuerdo a lo que establece la Ley Federal de Sanidad Vegetal y el Reglamento en Materia de Registros, Autorizaciones de Importación y Exportación y Certificados de Exportación de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y Sustancias y Materiales Tóxicos o Peligrosos. Para ello, deben establecerse protocolos para la validación de los semioquímicos en laboratorio, para atrayentes de plagas ausentes, y en campo y laboratorio cuando se validen semioquímicos de plagas presentes en el país. Lo anterior, esta sustentado en los resultados obtenidos en la presente investigación la cual evidencio la existencia de la variación en la formulación y producción de dichos atrayentes, lo cual puede disminuir drásticamente su calidad y eficiencia en campo.

## LITERATURA CITADA

- Alí, A., Choudhury, R.A., Ahmad, Z., Rahman, F., F.R., and Ahmad, S.K. 2009. Some biological characteristics of *Helicoverpa armigera* on chickpea. *Tunisian Journal of Plant Protection* 4: 99-106.
- Ahmed, A. M., Etman, M., and Hooper, G. H. S. 1979. Developmental and reproductive biology of *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of the Australian Entomological Society*, 18: 363-372.
- Aitkenhead, P., Baker, C. R. B., and Chickera, G. W. D. 1974. An outbreak of *Spodoptera litura*, a new pest under glass in Britain. *Abstract. Plant Pathology*, 23(3): 117-118
- APHIS-USDA. 2010. Economic impacts of the European grapevine moth (*Lobesia botrana*) in California. Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS)-United States Department of Agriculture (USDA). 62 p.
- Barrera, J.F., Montoya, P., Rojas, J.C., 2006. Bases para la aplicación de sistemas de trampas y atrayentes en manejo integrado de plagas: En: Barrera, J.F., Montoya, P., Rojas, J.C (Eds.), *Trampas y atrayentes para detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica*, Vol I, El colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, pp. 17.
- Barrientos-Hernández, I., Hernández-Ramírez, G., Cibrián-Tovar, J., 2011. Tasa de liberación de la feromona sexual de *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae) y capturas de machos con trampas en brócoli. *Entomotrópica*. 26(2): 47-58.
- Basinger, A. J. 1938. The orange tortrix, *Argyrotaenia citrana*. *Abstract. Hilgaria*, 11(11): 635-669.
- Bentley, J. W., Varela, L. G., Zalom, F. G., Smith, R. J., Purcel, A. H., Phillips, P. A., Haviland, D. R., Danee, K. M., and Battany, M. C. . 2009. Grape Orange tortrix. *UC Pest Management Guidelines*
- Bloem, S., Carpenter, J. E., Ellis, S., Gilligan, T., Stibick, J. N. L., Usnick, S. J., and Venette, R. C. 2007. New pest response guidelines false codling moth *Thaumatotibia leucotreta*. United States Department of Agriculture. Marketing and

- Regulatory Programs. Animal and Plant Health Inspection Service. Cooperating State Department of Agriculture. 20 p.
- Breakey E. P., and Batchelor, G. S., 1948. The orange tortrix, a pest of raspberries in Western Washington. *Journal Economic Entomology*, 41:805-806.
- Brown, J. W., Copeland, R. S., Aarvik, L., Luke, Q., Miller, S., and Rosati, M. 2014. New host records for fruit-feeding Afrotropical tortricidae (Lepidoptera). *African Entomology*, 22: 343-376.
- Bovey, P. 1966. Super-famille des tortricoidea, pp. 859-887. In A. S. Balachowsky (ed.), *Entomologie applique´es a`l'agriculture. Lepidopteres*, Edition Masson et Cie, Paris, France.
- Bournier, A. 1977. Grape insects. *Annu. Rev. Entomol.* 22:355-376.
- Burgardt, M. A., Da Silva, S. M., Ohanian, G., San Blas, G., Nuñez M, J., Burán, M. 2011. Datos preliminares sobre el estudio de la "polilla de la vid", *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) en Mendoza, Argentina. 1-7 pp. In: Sexto encuentro de investigadores y docentes de Ingenieria. Mendoza, Argentina, 2011.
- Buntin, G.D. 1994. Developing a primary sampling program. En: L.P. Pedigo and G.D. Buntin, *Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture*. CRC Press, Boca Raton, pp. 99-115.
- CABI, 2019a. Invasive Species Compendium, Data Sheet for *Helicoverpa armigera*: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/26757>, Actualización noviembre de 2019.
- CABI, 2019b. Invasive Species Compendium, Data Sheet for *Spodoptera litura*: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/44520>, Actualización noviembre de 2019.
- CABI, 2019c. Invasive Species Compendium, Data Sheet for *Grapholita molesta*: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/29904>. Actualización Noviembre, 2019.A
- CABI, 2019d. Invasive Species Compendium, Data Sheet for *Cactoblastis cactorum*: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/10680>. Actualización Noviembre, 2019.
- CABI, 2019e. Invasive Species Compendium. Data Sheet for *Tuta absoluta*: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/49260>. Actualización diciembre de 2019.
- CABI, 2019f. Invasive Species Compendium. Data Sheet for *Lymantria dispar*: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/31807>. Actualización noviembre de 2019.

- CABI, 2019g. Invasive Species Compendium. Data Sheet for *Epiphyas postvittana*: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/54204>. Actualización noviembre de 2019.
- CABI, 2019h. Invasive Species Compendium. Data Sheet for *Lobesia botrana*: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/42794>. Actualización diciembre de 2019.
- CABI, 2019i. Invasive Species Compendium. Data Sheet for *Argyrotaenia citrana*: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/6913>. Actualización noviembre de 2019.
- CABI, 2019j. Invasive Species Compendium. Data Sheet for *Thaumatotibia leucotreta*: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/6904>. Actualización diciembre de 2019.
- Cheraghian, A. 2015. A guide for diagnosis and detection of quarantine pests. Oriental fruit moth *Cydia molesta* (Busk) Lepidoptera:Tortricidae. Ministry of Jihad e Agriculture. Plant Protection Organization. Islamic Republic of Iran. 17 p.
- Caparros-Megido, R., Haubruge, E., Verheggen, F.J., 2013. Pheromone-based management strategies to control the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). A review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 17(3): 475-482.
- Charlton, R.E., Wyman, J.A., McLaughlin, J.R., Du, J.-W., and Roelofs, W.L. 1991. Identification of sex pheromone of tomato pinworm, *Keiferia lycopersicella* (Wals.). *J. Chem. Ecol.* 17:175-183
- Chisholm, M.D., Reed, D.W., Underhill, E.W., Palaniswamy, P., and Wong, J.W. 1985a. Attraction of tortricid moths of subfamily Olethreutinae to field traps baited with dodecadienes. *J. Chem. Ecol.* 11:217-230.
- CONAGUA, 2019. Resúmenes mensuales de temperaturas y lluvias. [Smn.conagua.gob.mx/es/climatología/temperaturas-y-lluvias/resúmenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias](http://Smn.conagua.gob.mx/es/climatología/temperaturas-y-lluvias/resúmenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias). Consultado en 14-05-2020.
- Cossè, A.A., Bartelt, R.J, Zilkowsky, B.W., Bean, D.W., Petroski, R.J., 2005. The aggregation pheromone of *Diorhabda elongata*, a biological control agent of saltcedar (*Tamarix* Spp.): Identification of behaviorally active components. *J. Chem. Ecol.* 31(3): 657-670.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2012. Sistema de información sobre especies invasoras en México. Alerta Palomilla del nopal en México.

- CONANP (Comisión Nacional de Areas Naturales Protegidas). 2014. Dirección de Especies Prioritarias para la Conservación. Ficha de identificación de palomilla del nopal.
- Couilloud, R. 1994. *Cryptophlebia leucotreta* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae). In: Insect pests of cotton. 207-213 pp. Matthews, G. A., and Tunstall, J. P. (Eds.). CAB Internationa, Wallingford, U. K.
- Daiber, C. C. 1979. A study of the biology of the false codling moth *Cryptophlebia leucotreta* (Meyrick): The egg. *Phytophylactica*, 11: 141-144.
- Danthanarayana, W. 1975. The Bionomics, distribution and host range of the light brown apple moth, *Epiphyas postvittana* (Walk.) (Tortricidae). *Australian Journal of Zoology* 23 (3): 419-437.
- Danthanarayana, W. 1983. Population ecology of the light brown apple month, *Epiphyas postvittana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal Animal Ecology* 52: 1-33 p.
- Daterman, G.E., 1982. Monitoring insects with pheromones: trapping objectives and bait formulations. En: Kydonieus, A.F., Berosa, M. (Eds.), *Insect suppression with controlled release pheromones systems*. Volume I, CRC press, Inc. Boca Ratón, Florida, pp 195-212.
- Deepak, R.J., Armes, N.J., and Bhatnagar, V.S. 2013. Incidence of Winter and Summer Diapause in *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Andhra Pradesh, India. *Asian Journal of Agricultural Sciences* 5(3): 40-51.
- Dhir, B. C., Mohapatra, H. K., and Senapati, B. 1992. Assessment of crop loss in groundnut due to tobacco caterpillar, *Spodoptera litura* (Fabricius). *Indian Journal of Plant Protection*, 20 (7-10): 215-217.
- DOF. 2015. Acuerdo mediante el cual se declara erradicado el brote de la palomilla oriental de la fruta *Grapholita molesta* (busck) (lepidoptera: tortricidae) en los municipios de Casas Grandes y Nuevo Casas Grandes, Estado de Chihuahua.
- DOF, 2016. Reglamento de la Ley Federal de Sanidad Vegetal, Diario Oficial de la Federación, Edición matutina, 16 de julio del 2016.
- El-Sayed, A.M., Mitchell, V.J., Manning, L.A.M., Suckling, D.M., 2011. New sex pheromone blend for the light-brown apple moth, *Epiphyas postvittana*. *J. Chem. Ecol.* 37:640–64.

- El-Sayed, A. M. 2006. The Pherobase: Database of insect pheromones and semiochemicals
- EPPO. 2013. Global database, Datasheet *Tuta absoluta*.
- Estay, P. 2003. Manejo Integrado de plagas del tomate en Chile; Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades en tomate. Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile (INIA-La Platina).
- Enukidze, N. E. 1981. The biology of the oriental fruit moth in Abkhazia. Zashchita Rastenii No. 638.
- Feakin, S. D, 1973. Pest control in groundnuts. PANS Manual No. 2. London: Centre for Overseas Pest Reserch. 197 p.
- Ferrara, F.A.A., Vilela, E.F., Jham, G.N., Eiras, A.E., Svatoš, A., Frighetto, R.S.T., Meinwald, J.M., 2001.Evaluation of the synthetic major component of the sex pheromone of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep., Galachiidae). J. Chem. Ecol. 27(5): 907-917.
- Flores, S. 2003. Bases del trampeo y atrayentes. En: XV Curso Internacional sobre Moscas de la Fruta. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Metapa de Domínguez, Chiapas, México, pp. 89-98.
- Follett, P. A., and Snook, K. 2012. Irradiation for quarantine control of the invasive light brown apple moth (Lepidoptera: Tortricidae) and generic dose for tortricid eggs and larvae. Journal of Economic Entomology, 105(6): 1971-1978.
- Grleplnk, F.C., van Beek, T.A., Posthumus, M.A., de Groot, A., Visser, J.H., Voerman, S., 1996. Identification of the sex pheromone of *Scrobipalpula absoluta*; determination of double bond positions in triple unsaturated straight chain molecules by means of dimethyl disulphide derivatization. Tetrahedron Lett. 37(3): 411-414.
- Guilligan, T. M., and Epstein, M. E. 2009. Tools for diagnosing light brown apple moth and related western U.S. leafrollers (Tortricidae: Archipini). Colorado State University, Fort Collins, CO 80523, USA.
- Guilligan, T. M., Passoa, S.C and Epstein, M. E. 2009. Tortricidae Screening and Identification Aid. European Grapevine Moth (*Lobesia botrana* (Denis & Schiff)). United States Department of Agriculture - Colorado State University – California Department of Food and Agriculture



- Gilligan, T. M., and Epstein, M. E. 2009. LBAM ID, tools for diagnosing light brown apple moth and related western U. S. leafrollers (Tortricidae: Archipini). Colorado State University, California Department of Food and Agriculture, and Center for Plant Health Science and Technology, USDA, APHIS, PPQ.
- Gilligan, T. M., Brown, J. W., and Hoddle, M. 2011. A new avocado pest in Central America (Lepidoptera: Tortricidae) with a key to Lepidoptera larvae threatening avocados in California. *Zootaxa*, 3137: 31-45.
- Gilligan, T. M. and M. E. Epstein. 2012. TortAI, Tortricids of Agricultural Importance to the United States (Lepidoptera: Tortricidae). Identification Technology Program (ITP), USDA/APHIS/PPQ/CPHST, Fort Collins, Colorado. CD-R
- Gilligan, T. M., and Epstein, M. E. 2014. Tortricids of agricultural importance. *Grapholita molesta* Busck (Tortricidae: Olethreutinae: Grapholitini).
- Gilligan T. M., Epstein M. E. 2013. Palomilla marrón de la manzana (*Epiphyas postvittana*) (Larva).
- Gilligan, T. M., D. J. Wright and L. D. Gibson. 2008. Olethreutine moths of the midwestern United States, an identification guide. Ohio Biological Survey, Columbus, Ohio. 334 pp.
- Gómez, B. Yannery and Vargas C. Cristina 2018. Guía Práctica para el Manejo integrado del minador de la hoja del tomate (*Tuta absoluta*), INTA, San José, Costa Rica.
- González, M. 2010. *Lobesia botrana*: Polilla de la uva. Revista Enología Año VII.
- Hackett, D.S., and A.G. Gatehouse. 1982. Diapause in *Helicoverpa armigera* (Hübner) and *H. fletcheri* (Hardwick) (Lepidoptera. Noctuidae) in the Sudan Gezira. Bulletin of the Entomological Research, 72(3): 409-422.
- Heath, R.R., Teal, P.E.A., Epsky, N.D., Dueben, B.D., Hight, S.D., Bloem, S., Carpenter, J.E., Weissling, T.J., Kendra, P.E., Cibrian-tovar, J., Bloem, K.A., 2006. Pheromone-based attractant for males of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae). Environ. Entomol. 35(6): 1469-1476.
- Heuskin, F. J. *et al* 2011. The use of semiochemical slow-release devices in integrated pest management strategies. Biotechnology Society Environmental, 459-479.
- Hoover, G. A. 2000. Insect Advance from Extension. *Lymantria dispar* (Linnaeus). Department of Entomology. PennState. College of Agricultural Sciences.

- Howse, P.E. 1998. Pheromones and behaviour. p. 1-130. In P.E. Howse, I. Stevens and O. Jones (eds.) Insect pheromones and their use in pest management. Chapman & Hall, London, UK.
- Hight, SD, S Bloem, KA Bloem and JE Carpenter. 2003. *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae): Observations of courtship and mating behaviors at two locations on the gulf coast of Florida. *Florida Entomologist* 86:400-407.
- Hill, A.S., Carde, R.T., Kido, T.H., Roelofs, W.L., 1975. Sex pheromone of the orange tortrix moth, *Argyrotaenia citrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *J. Chem. Ecol.* 1(2): 215-224
- Hills, A.S., Cardé, R.T., Kido, H., Roelofs, W.L., 1975. Sex pheromone of the orange tortrix moth, *Argyrotaenia citrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *J. Chem. Ecol.* 1(2):215-224.
- INIA-SAG. 2008. Polilla del racimo de la vid (*Lobesia botrana*). Desplegado Técnico. [http:// www.inia.cl/medios/intihuasi/documentos/entomologia/TripticoLobesia.pdf](http://www.inia.cl/medios/intihuasi/documentos/entomologia/TripticoLobesia.pdf)
- IPPC, 2018. Normas Internacionales de Medidas Fitosanitarias – NIMF 5, Glosario de términos fitosanitarios. [www.ippc.int/es](http://www.ippc.int/es)
- IPPC, 2006. Normas Internacionales de Medidas Fitosanitarias - NIMF 1, Principios fitosanitarios para la protección de las plantas y la aplicación de medidas fitosanitarias en el comercio internacional. <https://www.ippc.int/en/publications/615/>.
- IPPC, 2019. Normas Internacionales de Medidas Fitosanitarias 6. Vigilancia [www.ippc.int/es](http://www.ippc.int/es)
- Jung, C.R., Jung, J.K., Kima, Y., 2013. Effects of different sex pheromone compositions and host plants on the mating behavior of two *Grapholita* species. *J. Asia Pac. Entomol.* 16: 507–512.
- Kean, J., & Suckling, D. (2005). Estimating the probability of eradication of painted apple moth from Auckland. *New Zealand Plant Protection*, 58, 7-11. H
- Keena, M. A., Côté, M. J., Grinberg, P.S., and Wallner, W. E. 2008. World distribution of female flight and genetic variation in *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae). *Environmental Entomology*, 37(3): 639-649.

- Kido, H., McCalley, N. F., and Joos J. L. 1981. Orange tortrix, pp. 155-159 In: Grape pest management. Berkeley, CA, USA: University California Press.
- Kehat, M., Dunkelblom, E., 1990. Behavioral responses of male *Heliothis armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) moths in flight tunnel to of components identified from female sex pheromone glands. Journal of Insect Behavior. 3: 75-86.
- Knight, A. L., and Croft, B. A. 1987a. Regional population dynamics and seasonal spatial patterns of *Argyrotaenia citrana* (Lepidoptera: Tortricidae) as measured by a pheromone trap grid and larva sampling. Environmental Entomology, 16(1):59-67
- Kong, W.N., Li, J., Fan, R.J., Li, S.C., Ma, R.Y. 2014. Sex-Pheromone-Mediated Mating Disruption Technology for the Oriental Fruit Moth, *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae): Overview and Prospects. Psyche. 253924. doi.org/10.1155/2014/253924
- Lanati, S. J. 2003. *Coccygomimus golbachii* Porter parasitoide de *Grapholita molesta* Busk. Primera cita para Mendoza (Argentina). Rev. FCA UNCuyo. Tomo XXXV. N° 2. Año 2003. 119-120.
- Larraín S.P. 2011. Proceso de preparación de genitalia de *Tuta absoluta* para identificación. 5ta Megaconvención Internacional Fitosanitaria. Mazatlán Sinaloa. Agosto de 2011
- Lammers, J.W., and A. MacLeod. 2007. Report of a Pest Risk Analysis *Heliothis armigera* (Hübner H, 1808) Plant Protection Service (NL) and Central Science Laboratory (UK). Pp 18.
- Landcare research, 2020. Identification, *Helicoverpa armigera*. Consulta en línea: <https://www.landcareresearch.co.nz/resources/identification/animals/large-moths/image-gallery/noctuidae/helicoverpa-armigera>
- Landcare research, 2020. Identification, *Spodoptera litura*. Consulta en línea: <https://www.landcareresearch.co.nz/resources/identification/animals/large-moths/image-gallery/noctuidae/spodoptera-litura>
- Legaspi JC and BV Legaspi. 2007. Life table analysis for *Cactoblastis cactorum* immature and female adults under five constant temperatures: implications for pest management. Ann. Entomol. Soc. Am. 100 (4): 497-505.

- Liu, Z., Gong, P., Wu, K., Sun, J., Li, D. 2006. A true summer diapause induced by high temperatures in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Insect Physiology* 52: 1012-1020.
- Liu, Y., Liu, C., Lin, K., Wnag, G., 2013. Functional specificity of sex pheromone receptors in the cotton bollworm mediated by specific combination of olfactory receptors. *Science*. 307: 1638-1642.
- Loganathan, M., Sasikumar, M., Uthamasamy, S., 1999. Assesment of duration of pheromone dispersión for monitoring *Heliothis armigera* (Hüb) on cotton. *J. Entomol. Res.* 23: 61-64.
- Ma, P. W. K. & S. B. Ramaswamy. 2003. Biology and ultrastructure of sex pheromones-producing tissue. En: Blomquist, G. J. & R. G. Vogt (eds.). *Insect Pheromone Biochemistry and Molecular Biology*. Elsevier, London, pp. 15-52.
- McManus, M., Schneeberger, N., Reardon, R., Mason, G. 1989. *Forest Insect and Disease: Gypsy Moth*. Washington, D. C. United Stated Department of Agriculture
- Michereff-Filho, M., Vilela, E.F., Attygalle, A.B., Meinwald, J.M., Svatoš, A., Jham, G.N., 2000. Field trapping of tomato moth, *Tuta absoluta* (Lep., Gelechiidae) with pheromone traps. *J. Chem. Ecol.* 26(4): 875-881.
- Monserrat D, A. 2008. La Palomilla del tomate "*Tuta absoluta*" en la región de Murcia: Bases para su control, Consejería de Agricultura y Agua, Región de Murcia, 74 pp
- Monserrat, A. 2009. La polilla del tomate *Tuta absoluta* en la Región de Murcia: bases para su control. Serie Técnica y de Estudios No. 34. Conserjería de Agricultura y Agua.
- Mo, J. 2006. Light brown apple moth in citrus. NSW Department of Primary Industries. 4 p.
- Moleas, T. 1988. *Lobesia botrana* Den. et Schiff. (Tortricidae - Lepidoptera), a potential danger for kiwi (*Actinidae chinensis* Planchon). *Informatore Fi-topatologico* 12: 71-73.
- Nandagopal V, Geetha N, Gedia MV. 2007. Evaluation of sampling procedure for leafhopper and thrips in groundnut. *J. Entomol. Res.* 31(4): 279-284.

- Nascimento *et al.*, 2016. Comparison of Biology between *Helicoverpa zea* and *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) Reared on Artificial Diets. Florida Entomologist 99(1): 72:76 (2016).
- Natale, D.; L. Mattiacci, A. Hern, E. Pasqualini y S. Dorn. 2003. Response of female *Cydia molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) to plant derived volatiles. Bulletin of Entomological Research 93: 342 p.
- Nation, J.L., Foltz, J.L., Dixon, W.N., Mcauslane, H.J., 1993. Evaluation of loss of (+)-disparlure from gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) pheromone dispenser tapes under field conditions in Florida. Fla. Entomol. 76: 584-589.
- NAPPO. 2016. *Epiphyas postvittana* (Light brown apple moth)-APHIS adds Ventura County to the regulated area in California. North American Plant Protection Organization's (NAPPO).
- NAPPO. 2016. Sistema de alertas fitosanitarias de la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas.  
<http://www.pestalert.org/espanol/oprDetail.cfm?oprID=678>
- Newton, P.J., Thomas, C.D., Mastro, V.C., Schwalbe, C.P., 1993. Improved two-component blend of the synthetic female sex pheromone of *Cryptophlebia leucotreta*, and identification of an attractant for *C. peltastica*. Entomol. exp. appl. 66: 75-82.
- Noma, T., Colunga-García, M., Brewer, M., Landis, J., and Gooch, A. 2010. Oriental leafworm *Spodoptera litura*. Michigan State University's invasive species factsheets. 2 p.
- Ostojá-Starzewski, J. C., and Duncan, A. 2017. False codling moth *Thaumatotibia leucotreta*. Plant pest factsheet. Department for Environment Food and Rural Affairs.
- Park, I.K., Lee, H.R., Jung, C.S., Koh, S.H., 2018. Synergic effect of sex pheromone (7R,8S)-cis-7,8-epoxy-2methyloctadec-17-ene on (+)-disparlure of the Asian gypsy moth, *Lymantria dispar*, in Korea. J. For. Res. Doi.org/10.1007/s11676-018-0668-8.
- Patnaik, H. P. 1998. Pheromone trap catches of *Spodoptera litura* F. and extent of damage on hybrid tomato in Orissa. In: Advances in IPM for horticultural crops 68-

- 72 pp. Proceedings of the First National Symposium on Pest Management in Horticultural Crops: environmental implications and thrusts. 15-17 October 1997. Bangalore, India.
- Parasuraman, S. and Jayaraj, S. 1983. Effect of temperature and relative humidity on the development and adult longevity of the polyphagous *Spodoptera litura* (Fabr.) (Lepidoptera: Noctuidae). Indian Journal Agriculture Society, 53(7): 582–584.
- Powell J. A. 1964. Biological and taxonomic studies on tortricine moths, with reference to the species in California. Berkeley/Los Angeles, USA: University of California Publications in Entomology-University of California Press, 32 p.
- Quigley, 2015. Monitoring – Pheromones Tips. American Museum of Natural History, Division of Anthropology, Collections Management.
- Quiróz, C. 1975. Nuevos antecedentes sobre la biología de la polilla del tomate, *Scrobipalpus absoluta* (Meyrick). En notas científicas: Agricultura Técnica (Chile) 36:82-86 (abril-junio 1976). Estación Experimental de la Platina. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile.
- RAIF, 2011. Red de Alerta e Información Fitosanitaria de Andalucía. En línea: [http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/export/sites/default/comun/galerias/galeriaDescargas/minisites/raif/manuales\\_de\\_campo/ProtocolosCampos\\_Pepino.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/export/sites/default/comun/galerias/galeriaDescargas/minisites/raif/manuales_de_campo/ProtocolosCampos_Pepino.pdf). Fecha de consulta: mayo-2019.
- Ramirez de Lucas, P. 1996. Las feromonas de insectos y su aplicación en agricultura. Palmas, Volumen 17, No. 3.
- Renou, M., 2014. Pheromones and General Odor Perception in Insects. In: Mucignat-Caretta, C., ed. Neurobiology of Chemical Communication. Boca Raton (FL): CTC Press/Taylor & Francis; chapter 2.
- Ruisánchez Ortega, Yohandri 2013, "La palomilla del tomate (*Tuta absoluta*): una plaga que se debe conocer en Cuba." Fitosanidad, Vol. 17, núm.3, pp.171-181 ISSN: 1562-3009
- Roelofs, W.L., Comeau, A., and Selle, R. 1969a. Sex pheromone of the oriental fruit moth. Nature. 224:723.
- SAG. 2013. *Lobesia botrana* o polilla del racimo de la vid. Servicio Agrícola y Ganadero. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile

- Salamanca, F. y P.S. Moraes. 2013. Gusano exótico o *Helicoverpa armigera*. Informe de CropLife Latin América.
- Sánchez, A., M. Alvarado, J. M. Durán, E. Ortiz, A. de la Rosa y A. Serrano., 2000. Curvas de vuelo de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo del algodón de Andalucía occidental. Bol. San. Veg. Plagas 26: 239-247.
- Sannino, L., B. Espinoza, and A. Caponero. 2004. *Helicoverpa armigera* (Hubner) harmful to pepper crops in Italy. Informatore Fitopatologico, 54(1): 23-25 (abstract).
- Santos, B y Perera, S. 2010. Medidas de control de la Palomilla del tomate (*Tuta absoluta*). Cabildo Tenerife. Servicio Técnico y Desarrollo Rural Area de Aguas y Agricultura.
- Sarmiento, R., Beroza, M., Bieri, B.A., Tardif, J.G.R., 1972. Activity of compounds related to disparlure, the sex attractant of the gypsy moth. J. Econ. Entomol. 65(3): 665-667.
- Scalora, F., M.G. Murúa, A. Casmuz, L.E. Cazado, G. Gastaminza, y E. Willink. 2014. *Helicoverpa armigera* (H) (Lep.: Noctuidae): ¿Qué sabemos de esta especie? SINAVIMO.
- Sharov, Alexei A, Liebhold, Andrew M.; Ravlin, F. William. 1995. Prediction of gypsy moth (Lepidoptera:Lymantriidae) mating success from pheromone trap counts. Environmental Entomology. 24(5): 1239-1244.
- SENASICA, 2019a. Manual Técnico Operativo del programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria, 2019.
- SENASICA. 2019b. Gusano de la mazorca (*Helicoverpa armigera*). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal - Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Cd. de México. Última actualización: febrero de 2019. Ficha Técnica No. 47. 20 p.
- SENASICA. 2019c. Gusano oriental de la hoja (*Spodoptera litura*). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal - Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Cd. de México. Última actualización: enero de 2019. Ficha Técnica No. 67. 22 p.

- SENASICA. 2019d. Palomilla del tomate (*Tuta absoluta* Meyrick). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal- Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Ciudad de México. Última actualización: febrero de 2019. Ficha Técnica No. 28. 15 p.
- SENASICA. 2019e. Palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum* Berg). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal - Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Cd. de México. Ficha Técnica No. 11. 15 p.
- SENASICA. 2019f. Palomilla oriental de la fruta *Grapholita molesta* Busck. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal - Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Con la colaboración del Laboratorio Nacional de Referencia Epidemiológica Fitosanitaria (LaNREF). Cd. de México. Última actualización: febrero de 2019. Ficha Técnica No. 21. 20 p.
- SENASICA. 2019g. Palomilla gitana asiática (*Lymantria dispar*) Linnaeus 1758. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal - Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Con la colaboración del Laboratorio Nacional de Referencia Epidemiológica Fitosanitaria (LaNREF) Cd. de México. Última actualización: enero de 2019. Ficha Técnica No. 65. 19 p.
- SENASICA. 2019h. Palomilla marrón de la manzana (*Epiphyas postvittana* Walker). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal - Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Con la colaboración del Laboratorio Nacional de Referencia Epidemiológica Fitosanitaria (LaNREF). Cd. de México. Última actualización: febrero, 2019 Ficha Técnica No. 20. 18 p.
- SENASICA. 2019i. Palomilla europea de la vid (*Lobesia botrana*). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal - Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Cd. de México. Última actualización: enero de 2019. Ficha Técnica No. 18.



- SENASICA. 2019j. Tortricido anaranjado *Argyrotaenia franciscana* Walsingham. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal - Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Con la colaboración del Laboratorio Nacional de Referencia Epidemiológica Fitosanitaria (LaNREF). Cd. de México. Última actualización: enero de 2019. Ficha Técnica No. 22. 17 p.
- SENASICA. 2019k. Falso gusano de la fruta (*Thaumatotibia leucotreta*) Meyrick, 1913. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal - Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Cd. de México. Última actualización: Enero, 2018. Ficha Técnica No. 70. 30 p
- SIAVI. 2017. Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI). Secretaría de Economía (SE). En línea: <http://www.economia-snci.gob.mx/>
- SINAVEF-LANGIF, 2011. Reporte epidemiológico: Palomilla del Nopal. SINAVEF/SAGARPA/SENASICA. San Luis Potosí, S.L.P. 5
- Shu-Jen, Tuan, Nian-Jhen, Li., Chih-Chun, Yeh., Li-Cheng, Tang., and Hsin, Chi. 2014. Effects of Green Manure Cover Crops on *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) Populations. Abstract. Journal of Economic Entomology.
- Stibick, J. K. L., Bloem, S., Carpenter, J. E., Ellis, S., Gilligan, T., Unick, S. T., Venette, R. C. 2010. New pest response guidelines false codling moth *Thaumatotibia leucotreta*. United States Department of Agriculture (USDA). Marketing and Regulatory Programs. Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS). Cooperating State Department of Agriculture. 20 p.
- Sullivan, M., D. MacKinnon, T. Price, R.J. Wright and T. J. Jackson. 2010. Corn Commodity-based Survey. Reference. Cooperative agricultural pest survey (CAPS) p 41-53.
- Sullivan, M. 2007. Pest datasheet for *Spodoptera litura*. USDA-APHIS-PPQ-CPHST. En línea: [file:///C:/Users/dgsv.cnrfito5/Downloads/Spodoptera%20litura\\_CPHST%20Datasheet\\_2014%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/dgsv.cnrfito5/Downloads/Spodoptera%20litura_CPHST%20Datasheet_2014%20(3).pdf)

- Sun, F., Du, J.W., Chen, T.H., 2003. The behavioral responses of *Spodoptera litura* (F.) to the female sex pheromone in wind tunnel and field trapping tests. *Act. Ent. Sin.* 46(1): 126-130.
- Svatoš, A., Attygalle, A.B., Jham, G.N., Frighetto, R.S.T., Vilela, D.S., Meinwald, J.M., 1996. Sex pheromone of tomato pest *Scrobipalpuloides absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *J. Chem. Ecol.* 22(4): 787-800.
- Timm, A. E., Geertsema, H., and Warnich, L. 2008. Population genetic structure of *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) in South Africa. *Annals of the Entomological Society of America*, 101(1): 197-203.
- Thiéry, D. 2005. Vers de la grappe. Les connaître pour s'en protéger. *Vigne & Vin*, Bordeaux, France
- Thomas, W. P. 1975. Additional notes on leaf rollers. *Orchardist of New Zealand*, 48(10):354-355.
- Toimil Crespo, F.J. 1988. Principales insectos defoliadores de la encina en la provincia de Huelva. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- Tobin, P.C., Zhang, A., Onufrieva, k., Leonard, D.S., 2011. Field evaluation of effect of temperature on release of disparlure from a pheromone-baited trapping system used to monitor gypsy moth (Lepidoptera: Limntriidae). *J. Econ. Entomol.* 104(4): 1265-1271.
- Torres-Vila L.M, Stockel J. y R Roehrich. 1995. Le potentiel reproducteur et ses variables biotiques associées chez le mâle de l'Eudémis de la vigne *Lobesia botrana*. *Entomol. Exp. Appl.*, 77: 105-119.
- USDA. 1958. The oriental fruit moth. *USDA Agriculture Information Bulletin No. 182*, 1-28
- USDA. 2005. *New Pest Response Guidelines, Spodoptera*. United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service. 82 pp.
- USDA-APHIS. 2011. *New pest response guideline: Tomato Leafminer (Tuta absoluta)*, USDA-APHIS-PPQ-EDP- Emergency Management, Riverdale, Maryland. Maryland, USA yland. Maryland.

- Varela, L. G., Marshall W, J., Strand, L., Cheryl, A., and Pickel C. 2008. Light brown apple moth's arrival in California worries commodity groups. *California Agriculture*, 62(2): 57-61.
- Velázquez-González, J.C., Cibrián-Tovar, J., Hidalgo-Moreno, C., Vásquez-Rojas, T.R., 2011.
- Venette, R. C., Davis E. E., Zaspel J. Heisler H. and Larson M., 2003. Mini Risk Assessment Old World bollworm, *Helicoverpa armigera* Hübner [Lepidoptera: Noctuidae]. Department of Entomology, University of Minnesota.
- Venette, R. C., Davis, E. E., DaCosta, M., Heisler, H., and Margaret, L. 2003. Mini risk assessment false codling moth, *Thaumatotibia* (= *Cryptophlebia*) *leucotreta* (Meyrick) [Lepidoptera: Tortricidae]. USDA/ APHIS/PPQ Department of Entomology, University of Minnesota. 30 p.
- Verheggen F, Bertin Fontus R., 2019. First record of *Tuta absoluta* in Haiti. *Entomologia Generalis* 38(4), 349-353 (abst.).
- Wallner, W. E. 2000. *Lymantria dispar* Asian biotype. EXFOR pest report. Exotic Forest Pest Information System for North America. 6 p.
- Wellenstein G. and Schwenke, W. 1978. Lymantriidae. In: Schwenke, W (ed.). *DieForstschadlinge Europas*. Hamburg.
- Witzgall, P., Kirsch, P., Cork, A., 2010. Sex pheromones and their impact on pest management. *J. Chem. Ecol.* 36: 80-100.
- Witzgall, P., Tasin, M., Buser, H.R., Wegner-Kiß, G., Mancebón, V.S.M., Ioriatti, C., Bäckman, A.C., Bengtsson, M., Lehmann, L., Francke, W., 2005. New pheromone components of the grapevine moth *Lobesia botrana*. *J. Chem. Ecol.* 31(12): 2923-2932.
- Weinzierl, R., Henn, T., Koehler, G., and Tucker C.L. 1995. *Insect attractants and traps*, University of Florida.
- Zhang, J.P., Salcedo, C., Fang, Y.L., Zhang, R.J., Zhang, Z.N., 2012. An overlooked component: (Z)-9-tetradecenal as a sex pheromone in *Helicoverpa armigera*. *J. Ins. Physiol.* 58: 1209-1216.
- Zimmermann, H G; S Bloem and H Klein. 2007. *Biología, historia, amenaza, monitoreo y control de la palomilla del nopal Cactoblastis cactorum*. FAO – IAEA 93pp.