



Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



CENTRO DE INVESTIGACIÓN  
EN QUÍMICA APLICADA

Saltillo, Coahuila a 21 de diciembre de 2021

### Programa de Maestría en Ciencias en Agroplasticultura

#### Coordinación de Posgrado

PRESENTE

Por este conducto nos permitimos informar a esta coordinación que, el documento de tesis preparado por GLEN MOCTEZUMA CALDERÓN titulado "Efectividad de semioquímicos para la atracción del trips occidental de las flores *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae)" el cual fue presentado el día 21 de diciembre de 2021, ha sido modificado de acuerdo a las observaciones, comentarios y sugerencias, realizadas por el Comité Evaluador asignado. Por tal motivo, avalamos que el documento corresponde a la versión final del documento de tesis.

Atentamente,

#### SINODALES

**Dra. Mona Kassem**  
Presidente

**Dra. Ileana Vera Reyes**

Secretario

**Dr. Alberto Flores Olivas**  
Vocal

#### Vo. Bo. de los Asesores

**Dr. Carlos Patricio Illescas Riquelme**

**Dr. José Humberto Valenzuela Soto**



## TESIS CON CARACTER ABIERTO

PROGRAMA: MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROPLASTICULTURA

AUTOR: GLEN MOCTEZUMA CALDERÓN

FIRMA

Atentamente,

L.D.S. Glen Moctezuma Calderón.

TITULO: Efectividad de semioquímicos para la atracción del trips occidental de las flores *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae).

ASESORES: Dr. Carlos Patricio Illescas Riquelme

FIRMA

Dr. José Humberto Valenzuela Soto

FIRMA

El Centro de Investigación en Química Aplicada clasifica el presente documento de tesis como ABIERTO.

Un documento clasificado como Abierto se expone en los estantes del Centro de Información para su consulta. Dicho documento no puede ser copiado en ninguna modalidad sin autorización por escrito del Titular del Centro de Información o del Director General del CIQA.

Saltillo, Coahuila, a 21 de Diciembre de 2021

Sello de la Institución

Dr. Oliverio Santiago Rodríguez Fernández  
Director General del CIQA

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA**



**PROGRAMA DE POSGRADO EN AGROPLASTICULTURA**

**EFFECTIVIDAD DE SEMIOQUÍMICOS PARA LA ATRACCIÓN DEL  
TRIPS OCCIDENTAL DE LAS FLORES *Frankliniella occidentalis*  
PERGANDE (THYSANOPTERA: THRIPIDAE)**

TESIS

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROPLASTICULTURA

Presenta:

Glen Moctezuma Calderón

Asesores:

Dr. Carlos Patricio Illescas Riquelme

Dr. José Humberto Valenzuela Soto

Saltillo, Coahuila de Zaragoza.

Octubre, 2021.

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA**  
**Programa de Maestría en Ciencias en Agroplasticultura**

**TESIS**

**Efectividad de semioquímicos para la atracción del trips occidental de las flores  
Frankliniella occidentalis Pergande (Thysanoptera: Thripidae)**

*Presentada por:*

**GLEN MOCTEZUMA CALDERÓN**

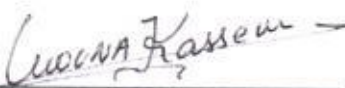
*Para obtener el grado de:*

**Maestro en Ciencias en Agroplasticultura**

*Asesorado por:*

**Dr. Carlos Patricio Illescas Riquelme**  
**Dr. José Humberto Valenzuela Soto**

**SINODALES**



**Dra. Mona Kassem**  
**Presidente**



**Dra. Ileana Vera Reyes**  
**Secretario**



**Dr. Alberto Flores Olivas**  
**Vocal**





**CONACYT**  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



**CIQA**  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN  
EN QUÍMICA APLICADA

**Programa de Maestría en Ciencias en Agroplasticultura**

Saltillo, Coah, a 21 de diciembre de 2021

**Declaración de documento libre de plagio:**

Mediante esta declaración manifestamos que el documento de tesis titulado **"Efectividad de semioquímicos para la atracción del trips occidental de las flores *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae)"** redactado por **Glen Moctezuma Calderón**, y revisado por asesores **Dr. Carlos Patricio Illescas Riquelme** y **Dr. José Humberto Valenzuela Soto**, está libre de plagio cumpliendo los siguientes aspectos:

Autenticidad y crédito a las fuentes	Revisado*
Los textos son originales	✓
El documento está libre de oraciones y párrafos copiados de otras fuentes bibliográficas, sitios de internet, etc.	✓
El documento está libre de traducciones literales emanadas de literatura en otro idioma	✓
Los textos están debidamente referenciados	✓
Las citas textuales (si las hay) están entrecomilladas y referenciadas	✓
Fotografías, esquemas, gráficas, tablas y otros materiales emanados de otras fuentes están referenciados.	✓
Se adjunta reporte de revisión realizado con el software _____ con un registro de _____ % de similitud	

\*Marque con una "X"

Atentamente,

G. De Glen Moctezuma Calderón

Firma

Dr. Carlos Patricio Illescas Riquelme  
Asesor

Dr. José Humberto Valenzuela Soto  
Co-asesor



## DECLARACIÓN

Declaro que la información contenida en la Parte Experimental, así como en la Parte de Resultados y Discusiones de este documento y que forman parte de las actividades de investigación y desarrollo realizadas durante el período que se me asignó para llevar a cabo mi trabajo de tesis, será propiedad del Centro de Investigación en Química Aplicada.

Saltillo, Coahuila a 21 de diciembre de 2021

Atentamente,



L.D.S. Glen Moctezuma Calderón

GLEN MOCTEZUMA CALDERÓN

Firma

Nombre y Firma

# Contenido

<b>AGRADECMIENTOS</b>	<b>3</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>5</b>
<b>I.- INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
<b>II.- ANTECEDENTES</b>	<b>7</b>
2.1 Clasificación de los trips.....	7
2.2 El trips occidental de las flores <i>Frankliniella occidentalis</i> Pergande.....	8
2.3 Importancia agrícola de <i>Frankliniella occidentalis</i> . ....	9
2.5 Semioquímicos.....	11
2.6. Semioquímicos involucrados en el comportamiento de <i>Frankliniella occidentalis</i> .....	12
2.6.1. Feromona de agregación	12
2.6.2 Compuestos no feromonales	14
<b>III.- JUSTIFICACIÓN</b>	<b>16</b>
<b>IV.- HIPÓTESIS</b>	<b>16</b>
<b>V.- OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
<b>VI.- MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>17</b>
<b>6.1 Experimento 1.- Evaluación de tres dosis de neril (S)-2- metilbutanoato en la atracción de <i>Frankliniella occidentalis</i></b>	<b>17</b>
6.1.1 Áreas de estudio .....	17
6.1.2 Desarrollo del experimento.....	17
<b>6.2.- Experimento 2.- Evaluación de la respuesta de <i>Frankliniella occidentalis</i> a trampas cebadas con diferentes compuestos atrayentes</b>	<b>20</b>
6.2.1.- Área de estudio .....	20
6.2.2.- Desarrollo del experimento .....	21
<b>VII.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>24</b>
7.1 Efecto de la dosis de neril (S)-2- metilbutanoato, en la atracción de <i>Frankliniella occidentalis</i> .....	24
7.2.- Efecto del neril (S)-2metilbutanoato, metil isonicotinato y verbenona en la atracción de <i>Frankliniella occidentalis</i> a trampas pegajosas.....	28
<b>VIII.- CONCLUSIONES</b>	<b>30</b>
<b>IX.- PERSPECTIVAS</b>	<b>31</b>
<b>X.- LITERATURA CITADA</b>	<b>31</b>

## **AGRADECMIENTOS**

A CONACYT por la beca de maestría otorgada.

A mi comité tutorial compuesto por la Dra. Mouna Kassem, la Dra. Ileana Vera Reyes y el Dr. Alberto Flores Olivas por sus atinados consejos para mejorar la calidad del trabajo. Muchas gracias.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada por aceptarme en el posgrado y por el financiamiento del material utilizado en esta investigación mediante el proyecto 6568: P-semioquímicos involucrados en la atracción del trips occidental (*Frankliniella occidentalis* Pergande) para el desarrollo de estrategias de monitoreo y control en cultivos hortícolas.

Al Dr. Uriel Sierra, al Ing. Alfonso Mercado y en general al Laboratorio Nacional de Materiales Grafénicos 2022 por su apoyo técnico y los instrumentos de laboratorio que nos permitieron utilizar para esta investigación.

Al Dr. José Alberto Rodríguez González por su apoyo en la elaboración de los liberadores de compuestos kairomonales.



## RESUMEN

El trips occidental de las flores, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae), es una de las plagas más importantes en cultivos hortícolas a nivel mundial. Esta especie provoca daños por su alimentación y oviposición en el tejido vegetal y por la vectorización de virus fitopatógenos. Las aplicaciones constantes de insecticidas químicos son el método más utilizado para su control, por lo que es necesario desarrollar estrategias alternativas o complementarias para el manejo de esta especie. Varios estudios han demostrado que la adición de semioquímicos a trampas pegajosas incrementan la captura de adultos de *F. occidentalis*. Esto hace posible que los métodos de monitoreo sean más eficientes y que se puedan desarrollar estrategias de trampeo masivo de poblaciones. En el presente estudio se evaluó la efectividad de diferentes semioquímicos atrayentes de *F. occidentalis* conforme al número de capturas obtenidas en trampas pegajosas. En el primer experimento se evaluó el efecto de tres dosis (1,050 µg, 525 µg y 262.5 µg) de la feromona de agregación neril (S)-metilbutanoato en plantaciones de calabacita y pimiento ubicadas en los estados de Durango y Coahuila respectivamente. En el segundo experimento se evaluó el efecto de los cebos comerciales ISCALure (neril (S)-2-metilbutanoato), LuremTR (metil isonicotinato) y un prototipo denominado CIQA-Lure (verbenona) en plantaciones de chile serrano en Sinaloa. Los resultados mostraron que: 1) En todos los experimentos las trampas pegajosas cebadas con feromonas y compuestos no feromonales (kairomonas) capturan mayor cantidad de trips de ambos sexos en comparación con las trampas sin atrayentes. 2) La dosis del compuesto feromonal neril (S)-2-metilbutanoato puede influir en la atracción, ya que se capturaron de 2 a 7 veces más trips en trampas cebadas que en trampas sin atrayente, dependiendo de las dosis y conforme a las condiciones del medio y 3) La utilización de compuestos no feromonales de origen vegetal o miméticos pueden tener mejor potencial de captura que la feromona de agregación sintética. En especial el cebo atrayente prototipo denominado como CIQA-Lure fue el que ejerció más atracción en comparación con los demás tratamientos.

**Palabras clave:** Feromona, Kairomona, Thripidae, Trampeo, Plaga de hortalizas.

## **ABSTRACT**

The western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae), is one of the most important pests in horticultural crops worldwide. This species causes damage by feeding and oviposition in plant tissue and vectoring phytopathogenic viruses. Continuous chemical insecticides applications are the most used method for its control, so it is necessary to develop alternative or complementary strategies for the management of this species. Several studies have shown that the addition of semiochemicals to sticky traps increases the capture of *F. occidentalis* adults. This can make monitoring methods and mass population trapping strategies more efficient. The objective of this study was to evaluate the effectiveness of different semiochemicals in attracting *F. occidentalis* in squash, pepper and serrano pepper plantations in localities of the states of Durango, Coahuila and Sinaloa respectively. Our results show that: 1) In the experiments, sticky traps baited with pheromones and non-pheromonal compounds (kairomones) capture more thrips of both sexes compared to traps without attractants. 2) The dose of the pheromonal compound neryl (S) -2-methylbutanoate can influence the capture of thrips, 2 - 7 times more thrips were captured in baited traps than in traps without attractant, depending on the doses and according to the conditions of the environment and 3) The use of plant borne non-pheromonal compounds or mimetics may have better capture potential than the synthetic aggregation pheromone. Especially the prototype attractant bait called CIQA-Lure1 was the one that exerted more attraction compared to the other treatments.

**Keywords:** Pheromone, Kairomona, Thripidae, Trapping, Plant pest.

## I.- INTRODUCCIÓN

El trips occidental de las flores *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) es una de las plagas más importantes en cultivos hortícolas alrededor del mundo. Las ninfas y adultos provocan daños directos al tejido vegetal por su alimentación y oviposición, e indirectamente por la transmisión de virus fitopatógenos, como el virus del bronceado del tomate (TSWV) y el virus de la mancha necrótica del impatiens (INSV) entre otros (Wijkamp *et al.*, 1993; Wijkamp *et al.*, 1995; Reitz, 2009; He *et al.*, 2019).

Dadas sus pequeñas dimensiones, su ambiente críptico, su alta capacidad de reproducción y la dificultad para su detección e identificación, *F. occidentalis* es difícil de manejar cuando se establece en un cultivo. Las aplicaciones constantes de insecticidas químicos son el principal y frecuentemente el único método de control de esta plaga. Esto ha ocasionado que esta especie haya adquirido altos niveles de resistencia a insecticidas con diferentes modos de acción (Bielza, 2008; Minakuchi *et al.*, 2013; Hou *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2016). Lo anterior hace necesario desarrollar métodos alternativos que contribuyan al manejo de esta plaga.

*Frankliniella occidentalis* utiliza estímulos visuales y olfativos para llevar a cabo diferentes comportamientos inherentes a su biología, como la búsqueda de alimento, localización de hospedantes potenciales para su progenie y/o agregarse con conespecíficos con fines de apareamiento. Algunos de estos estímulos pueden ser manipulados para desencadenar su atracción a un dispositivo de captura con fines de monitoreo y trapeo masivo.

El monitoreo nos permite conocer la presencia o ausencia de una plaga objetivo, detectar los primeros brotes de manera oportuna, establecer umbrales de acción correlacionados con el número de insectos plaga capturados, evaluar si nuestro manejo de la plaga es efectivo, etc., con la finalidad de tomar decisiones oportunas para implementar una estrategia de manejo. Por otro lado, la finalidad del trapeo masivo es la reducción de las poblaciones de insectos plaga mediante la

captura de un número elevado de individuos antes de que estos copulen y ovipositen en el hospedante (Howse, 1998a; Suckling y Karg, 1998).

Las trampas pegajosas azules o amarillas son herramientas útiles para atraer y capturar adultos de *F. occidentalis* (Brødsgaard, 1989; Matteson y Terry, 1992; Natwick *et al.*, 2007; Broughton y Harrison, 2012; Pobozniak *et al.*, 2020). La adición de semioquímicos feromonales (Ej. feromonas de agregación) o no feromonales (Ej. kairomonas) a trampas pegajosas pueden aumentar la captura de estos insectos, haciendo más eficiente un sistema de monitoreo y trampeo masivo (Sampson y Kirk, 2013).

Hasta el momento existe poca información disponible sobre la efectividad de estos atrayentes con poblaciones de *F. occidentalis* en México. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue conocer la respuesta de *F. occidentalis* a semioquímicos feromonales y no feromonales en cultivos de hortalizas. En el primer experimento se evaluó el efecto de tres dosis de la feromona de agregación sintética en dos poblaciones de *F. occidentalis* geográficamente separadas. Posteriormente se evaluó la efectividad de atracción del neril (S)-2-metilbutanoato, el metilisonicotinato y la verbenona en poblaciones de *F. occidentalis* en condiciones de campo.

## **II.- ANTECEDENTES**

### **2.1 Clasificación de los trips**

Los trips se clasifican dentro de la Clase Insecta, en el Orden Thysanoptera, el cual incluye a alrededor de 5,500 especies descritas dentro de los subórdenes Tubulifera y Terebrantia (Morse y Hoddle, 2006). Es un grupo de insectos pequeños que miden de 1 a 6 mm de longitud; con cuerpo alargado y cilíndrico; aparato bucal asimétrico adaptado para picar y succionar; y alas con flecos en sus márgenes (Parker *et al.*, 1991).

En Tubulifera las hembras poseen el décimo segmento abdominal tubular, con un ovipositor retráctil en su interior, en Terebrantia las hembras en general se caracterizan por la presencia de un ovipositor en forma de sierra, además es el grupo más diverso compuesto de ocho familias (Aeolothripidae, Heterothripidae, Melanthripidae, Merothripidae, Stenurothripidae, Fauriellidae, Uzelothripidae y Thripidae).

Morse y Hoddle (2006) reportan que dentro de la familia Thripidae existen varias especies que cuentan con cierta preadaptación a un estilo de vida invasivo ya que poseen hábitos polífagos, alta fecundidad, tiempos generacionales cortos, predisposición a la partenogénesis y facilidad para establecerse en el corto tiempo en nuevos ambientes. En este mismo grupo se encuentran las especies fitófagas más devastadoras para la agricultura como el trips oriental (*Thrips palmi* Karny), el trips de la cebolla (*Thrips tabaci* Lindeman), el trips del chile o trips del té amarillo (*Scirtothrips dorsalis* Hood) y el trips occidental de las flores (*F. occidentalis* Pergande) (Morse y Hoddle, 2006; Cluever y Smith, 2017).

## **2.2 El trips occidental de las flores *Frankliniella occidentalis* Pergande**

*Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) es una especie polífaga y multivoltina originaria de Norteamérica que se ha dispersado en al menos 57 países pertenecientes a América, Europa, Asia y Oceanía (Kirk y Terry, 2003; Riley *et al.*, 2011).

El huevo es translúcido, con forma arriñonada y es insertado en tejidos vegetales blandos como flores, hojas, tallos y frutos. Posee dos instares ninfales alimentariamente activos. Posteriormente pasan por los estadios de prepupa y pupa en los cuales no se alimentan. Los machos son de color amarillo claro y con abdomen estrecho; las hembras son más grandes que los machos y varían en color desde amarillo claro hasta amarillo con tonos oscuros (Buitenhuis y Shipp, 2008; Klot *et al.*, 2016). Las temperaturas más favorables para su desarrollo son entre 25

y 30°C y toma aproximadamente entre 12 y 16 días pasar de huevo a adulto a 25°C (Zhang *et al.*, 2019).

Su reproducción principalmente es vía sexual, sin embargo, es frecuente que se presente reproducción mediante partenogénesis cuando la población de machos es muy reducida o ausente (Reitz, 2009). De acuerdo con Gitonga *et al.*, (2002), las hembras adultas viven hasta 30 días y ponen de 2 a 10 huevos por día a una temperatura de 20°C.

### **2.3 Importancia agrícola de *Frankliniella occidentalis*.**

Hasta el momento se ha reportado que *F. occidentalis* puede alimentarse de al menos 500 especies de plantas de diferentes familias botánicas, entre estas se encuentran especies de importancia económica como hortalizas, frutales y ornamentales (Badillo-Vargas *et al.*, 2012; Morse y Hoddle, 2006; Ogada *et al.*, 2013; Tzanetakis *et al.*, 2009).

De manera general, los trips fitófagos lesionan el tejido vegetal al alimentarse de la epidermis creando áreas pálidas o cafés. Pueden causar cicatrices, malformaciones, inhibir la fecundación de flores y provocar su caída. (Morse y Hoddle, 2006). Estos daños afectan el rendimiento de los cultivos y además reducen la calidad de los productos de exportación en plantas ornamentales de valor comercial (Zhang *et al.*, 2019).

La oviposición causa lesiones en el tejido vegetal, como agallas, punteaduras o abultamientos en el área donde es introducido el huevo. Si el órgano vegetal en el que se realiza la postura se encuentra en fase de crecimiento, se produce una pequeña concavidad o verruga prominente que hace reaccionar al tejido adyacente y si la postura ocurre sobre una flor, se produce una alteración en el proceso de fecundación (Moritz *et al.*, 2004).

*F. occidentalis* es vector de varias especies de *Orthotospovirus*, el cual es un grupo mayor de virus fitopatógenos que afecta al menos a 1,090 hospedantes, en



15 y 69 familias de plantas mono y dicotiledóneas respectivamente, alrededor del mundo (Parrela *et al.*, 2003).

Los *Orthospovirus* inducen varios síntomas en las plantas susceptibles, como manchas foliares, moteados, áreas cloróticas, manchas hundidas, manchas anulares, atrofia, amarillamiento, marchitamiento y necrosis, los cuales pueden variar de acuerdo con la especie de la planta, los cultivares, la edad de la planta, el aislado y/o la cepa del virus y las condiciones ambientales (Murai, 2000; Chaisuekul *et al.*, 2003; Gitaitis 2009). *Frankliniella occidentalis* posee la capacidad para transmitir a Impatiens necrotic spot virus (INSV), Tomato spotted wilt virus (TSWV), Groundnut ringspot virus (GRSV), Tomato chlorotic spot virus (TCSV), y Chrysanthemum stem necrosis virus (Gilbertson *et al.*, 2015).

#### **2.4 Sistemas de trapeo para *F. occidentalis*.**

Existen dos tipos básicos de trampas pegajosas para la captura de trips que se utilizan de manera habitual en plantaciones de cultivos hortícolas. Estas pueden ser láminas rectangulares adhesivas o bandas de plástico adhesivo que generalmente se extienden por varios metros, y ambas pueden variar de dimensiones de acuerdo con el proveedor. Estas trampas habitualmente son de distintos tonos de azul o amarillo, ya que estos colores estimulan visualmente a los trips y desencadenan un comportamiento de atracción, además de que pueden conseguirse de manera comercial.

Existen reportes que *F. occidentalis* es más sensible a ciertas longitudes de onda debido a que tiene fotoreceptores a 365 nm (UV) y 540 nm (espectro verde-amarillo) (Matteson *et al.*, 1992). Lo que le hace tener preferencia por algunos colores (Matteson y Terry, 1992; Vernon y Gillespie, 1995).

La mayoría de los autores concuerdan que *F. occidentalis* tiene mayor preferencia a trampas azules, por lo que son más eficientes para monitoreo (Brødsgaard, 1989; Matteson y Terry, 1992; Chen *et al.* 2004; Chu *et al.* 2006; Sampson *et al.*, 2012; Muvea *et al.*, 2014; Natwick *et al.* 2007; Cruz-Esteban *et al.*, 2021) sin embargo, también existen reportes que el mejor color es el amarillo (Cho

*et al.*, 1995; Hoddle *et al.*, 2002). De acuerdo con Otieno *et al.*, (2018), las trampas pegajosas de colores tienen tres puntos débiles importantes que pueden alterar la eficiencia de captura: 1.- La eficacia depende de la reflexión de la luz, la cual varía en intensidad con las fluctuantes condiciones de luminosidad; 2.- Reflejan un patrón de longitud de onda ancha que no coincide de manera óptima con la sensibilidad máxima de los foto receptores de *F. occidentalis*; y 3.- No liberan señales olfativas que sirvan para orientar a los trips hacia ellas. Lo cual puede ser contraproducente en cultivos de porte alto o crecimiento.

## **2.5 Semioquímicos**

Semioquímico es una palabra derivada del griego “*semion*” que significa marca o señal (Mareggiani, 2011). Son compuestos liberados al ambiente por un individuo emisor y recibidas por un receptor, el cual realiza un comportamiento o proceso fisiológico definido. Estos compuestos se denominan feromonas si la interacción es entre organismos de la misma especie, o bien, aleloquímicos si influyen en organismos de especies diferentes. Estos a su vez pueden influir en las interacciones de varios organismos de distintos niveles tróficos (Howse, 1998b).

Las feromonas juegan un papel importante en mediar interacciones entre organismos en el ecosistema, ya que son utilizadas para la comunicación intraespecífica (entre organismos de la misma especie) y pueden desencadenar una respuesta conductual o fisiológica en el receptor (Agelopoulos *et al.*, 1999; Greendfield, 2002; Reinhard, 2004). Estas se dividen de acuerdo a la interacción que se genera entre el emisor y el receptor. Pueden ser primarias, sexuales, de alarma, disuasorias de oviposición, marca senderos, agregación, entre otras (Tewari *et al.*, 2014). La cantidad de feromonas que los insectos liberan son muy bajas y dependiendo de la especie, varía desde nanogramos a microgramos por unidad de tiempo (Piñero y Ruiz-Montiel, 2012).

Las feromonas sexuales y de agregación son las más estudiadas y, por lo tanto, son la clase de semioquímicos más utilizados en programas de manejo integrado de plagas (Suckling y Karg, 1998; Norin, 2007; Tewari *et al.*, 2014).

Los aleloquímicos median una interacción interespecífica (entre organismos de diferente especie) y se clasifican con base en el beneficio de alguna de las partes involucradas. Si el beneficiado es el emisor, el compuesto se clasifica como una alomona, si el beneficiado es el receptor, es una kairomona, o si ambos lo son, se denomina como sinomona (Harbi *et al.*, 2013).

En el manejo de insectos plaga, el concepto de feromona o kairomona se utiliza de manera práctica para hacer referencia al tipo de compuesto implementado en la estrategia de manejo, ya que no existe una interacción natural entre un emisor y un receptor. Teulon *et al.* (2017) y Kirk *et al.*, (2021) se refieren a estos compuestos como semioquímicos putativos, es decir, feromona putativa o kairomona putativa según sea el caso.

## **2.6. Semioquímicos involucrados en el comportamiento de *Frankliniella occidentalis*.**

### **2.6.1. Feromona de agregación**

Varias especies de trips son conocidas por formar agregaciones de cortejo en flores de sus hospedantes. Estas observaciones llevaron a la hipótesis de que en estas poblaciones existían compuestos feromonales que elicitan conductas de apareamiento (Terry, 1997; Hamilton y Kirk, 2003). Con base en lo anterior, mediante estudios conductuales se encontró que los machos adultos de trips, desencadenan un comportamiento de atracción hacia conespecíficos de ambos sexos, lo que sugiere la presencia de una comunicación intraespecífica mediada por compuestos feromonales de agregación (Terry, 1997; Hamilton y Kirk, 2003; Kogel *et al.*, 2003; Kirk y Hamilton, 2004).

Hamilton *et al.*, (2005) encontraron que el neril (S)-2-metilbutanoato y el (R)-lavandulil acetato son dos compuestos volátiles liberados por machos adultos de *F. occidentalis* que no son producidos por hembras. Estudios posteriores en plantaciones de Chile en invernadero realizados por estos autores, mostraron que la captura de hembras y machos en trampas pegajosas se incrementó por la presencia

del neril (S)-2-metilbutanoato solo o en combinación 1:1 con el (R)-lavandulil acetato, sin embargo, este segundo compuesto no tuvo un efecto en la captura al evaluarse de manera individual. Del mismo modo, otros autores reportan un aumento de captura en trampas pegajosas al agregar únicamente el neril (S)-2-metilbutanoato (Gómez *et al.*, 2006; Broughton y Harrison, 2012; Sampson *et al.*, 2012; Sampson y Kirk, 2013; Sampson, 2014; Broughton *et al.*, 2015)

De acuerdo con Kirk (2017), la cantidad necesaria de neril (S)-2-metilbutanoato para ejercer atracción de a adultos de *F. occidentalis* a trampas pegajosas es de alrededor de 30 µg y puede ser impregnada en un septo de caucho o en la misma trampa. Por otro lado, Cruz-Esteban *et al.*, (2020) hallaron que la mayor captura de *F. occidentalis* se obtuvo en trampas cebadas con 400 µg de compuesto, sin tener efecto diferente al control con dosis por debajo de los 200 µg.

El trampeo masivo con trampas pegajosas de banda cebadas con la feromona de agregación, puede ser efectivo para reducir poblaciones de trips y utilizarse como parte de un sistema de manejo integrado de plagas. Estudios realizados en Reino Unido en cultivo de fresa (Sampson y Kirk, 2013), en España en cultivo de uva (Espadas, 2013) y en Rumanía en pepino en invernadero (Covaci *et al.*, 2012) sugieren que este método es efectivo, aunque hasta el momento se entiende que el sistema puede ser costeable únicamente en cultivos de alto valor comercial (Sampson y Kirk, 2013).

Otra estrategia para manejar trips es el uso de la feromona de agregación sintética en un sistema denominado como “push-pull” (empujar-jalar) (Kirk., 2017), el cual consiste en un método para “empujar” (repelente) fuera del cultivo a la plaga y de otro para “jalar” (atrayente) a esta a un dispositivo de captura o un cultivo trampa tratado.

Los experimentos para evaluar compuestos feromonales en trips involucran trampas pegajosas azules o amarillas, las cuales por si solas son visualmente atractivas para los adultos voladores. El aumento de la captura en trampas, se expresa como una proporción tratamiento - control (T:C), y esta varía de aproximadamente 1.5 a 4x para el neril (S)-2-metilbutanoato hacia *F. occidentalis*

(Gómez *et al.*, 2006; Sampson *et al.*, 2012; Sampson y Kirk, 2013; Broughton *et al.*, 2015).

En México el compuesto neril (S)-2-metilbutanoato se puede encontrar de manera comercial cargado en septos de caucho de las marcas ISCALure, distribuido por Ferommis S.A. de C.V. y Phero-Fo, fabricado por Squid: Biological and Pheromones, S.A. de C.V.

## 2.6.2 Compuestos no feromonales

Los semioquímicos no feromonales proporcionan una alternativa a las feromonas para aumentar las capturas de trips en trampas pegajosas. Tienen la ventaja de atraer a ambos sexos, influir en varias especies de trips (Kirk *et al.*, 2021) e incluso, trampas cebadas con estos olores pueden afectar positivamente la captura de trips en trampas aledañas sin cebo en condiciones de campo (Teulon *et al.*, 2007a), lo que contribuye a obtener mejores estimaciones de densidades poblacionales mediante el monitoreo y utilizarse en métodos de control de esta plaga como el trampeo masivo.

Se ha estudiado la influencia de diferentes compuestos no feromonales de origen vegetal o miméticos hacia *F. occidentalis* en condiciones de campo y laboratorio, que presentan actividad atrayente en bioensayos en olfatómetro o bien que se ha comprobado que aumentan captura en trampa (Cuadro 1).

**Cuadro 1.-** Compuestos no feromonales con efecto atrayente hacia *Frankliniella occidentalis* en condiciones de laboratorio o que aumentan captura en trampas pegajosas (Modificado de Kirk *et al.*, 2021)

<b>Compuestos con efecto atrayente en condiciones de laboratorio</b>	<b>Compuestos atrayentes que aumenta captura en trampa</b>
o-anisaldehído salicilaldehído eugenol 3-fenilpropinaldehído (+)-citronelol 1,8-cineol geraniol linalol pirano de óxido de linalol	Benzaldehído (E)-β-farneseno etil isonicotinato etil nicotinato metil isonicotinato δ-decalactona γ-decalactona (S)-(-)-verbenona

nerol di-isopropil isonicotinamida n-isonicotinato de propilo etil 4-piridil cetona metil 4-piridil cetona etil picolinato etil 2-cloropiridina carboxilato 4-(2-hidroxietyl) piridina 4-formil piridina (-)-(E)-cariofileno / $\beta$ -cariofileno 2-acetato de feniletilo óxido de cariofileno	
--	--

Los atrayentes no feromonales para trips puede agruparse de diferentes formas (Ej. Esencias florales o aceites esenciales), e incluyen un amplio rango de diferentes grupos de compuestos químicos, principalmente derivados del benceno o piridinas (Koschier *et al.*, 2000; Koschier, 2008).

El compuesto metil isonicotinato es el más estudiado y ha demostrado tener influencia en al menos 12 especies de trips plaga, incluidas dos de las más perjudiciales como *Frankliniella occidentalis* y *Thrips tabaci* (Teulon *et al.*, 2017). Este compuesto incrementa las capturas cuando es adicionado a trampas pegajosas (Davidson *et al.*, 2007; Teulon *et al.*, 2007b), con diferencias en su proporción de efectividad en comparación con los controles dependiendo de la especie de trips (Nielsen, 2013; Teulon *et al.*, 2014). El metil isonicotinato es uno de varios compuestos de 4-piridil carbonilo patentados y es el ingrediente activo del cebo comercial Lurem-TR, distribuido actualmente por la empresa Koppert (<https://www.koppert.com/lurem-tr/>).

Otro compuesto no feromonal con potencial para ser utilizado en un sistema de manejo integrado de trips, es la (S)-(-)-verbenona, el cual es un compuesto orgánico clasificado como monoterpene, más específicamente terpeno cetona bicíclico y se encuentra como constituyente de varias plantas en diferentes familias botánicas (Erman, 1967). Este compuesto se identificó formando parte de los compuestos volátiles orgánicos emitidos por el polen de especies de pinos y elicitó



respuestas electrofisiológicas y conductuales en un olfatómetro de cuatro brazos en *F. occidentalis* (Abdullah *et al.*, 2014). Posteriormente Abdullah *et al.*, (2015) mostraron que la adición de este compuesto en trampas pegajosas incrementa la captura de *F. occidentalis* en dos poblaciones distintas presentes en cultivos de fresa y chile.

### **III.- JUSTIFICACIÓN**

Es necesario generar tecnologías alternativas para reducir poblaciones de *F. occidentalis* en cultivos hortícolas de bajo impacto en el ecosistema, que no afecten a la salud humana o animal y que no comprometan la inocuidad del producto. La utilización de semioquímicos para estrategias de monitoreo y control son una herramienta prometedora para reducir las aplicaciones de insecticidas químicos dirigidos al control de este insecto.

### **IV.- HIPÓTESIS**

La adición de semioquímicos atrayentes a trampas adhesivas aumentarán significativamente la captura de *F. occidentalis* en condiciones de campo. Del mismo modo, la efectividad de la atracción se verá influenciada por la dosis del compuesto feromonal neril (S)-2-metilbutanoato, y por el tipo de estímulo que elicit el semioquímico conforme a su naturaleza (feromonales vs no feromonales).

### **V.- OBJETIVOS**

#### **Objetivo general**

Determinar los mejores semioquímicos feromonales y no feromonales que eliciten una respuesta conductual de atracción hacia *F. occidentalis*, para la optimización de sistemas de monitoreo y trapeo masivo en cultivos de hortalizas

#### **Objetivos específicos**

Conocer la dosis óptima de la feromona de agregación neril (S) 2- metilbutanoato a poblaciones de *F. occidentalis*.

Determinar la efectividad del neril (S)-2-metilbutanoato, metil isonicotinato y verbenona en la atracción de *F. occidentalis*

## **VI.- MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1 Experimento 1.- Evaluación de tres dosis de neril (S)-2- metilbutanoato en la atracción de *Frankliniella occidentalis***

#### **6.1.1 Áreas de estudio**

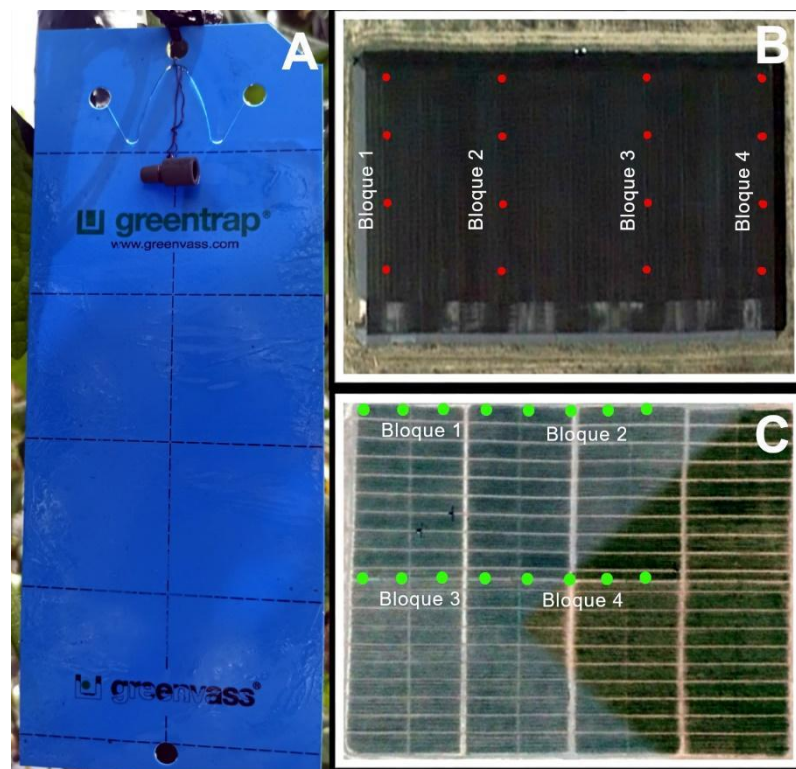
Los experimentos se realizaron en dos sitios con cultivos de hortalizas. El sitio 1 fue una plantación de pimiento verde en malla sombra de 5,000 m<sup>2</sup>, ubicada dentro de las instalaciones del Campo Experimental Agrícola CIQA (25° 39' 14.02" N: -101° 06' 48.86" O, 1194 msnm). La plantación constaba de 54 camas de 45m de largo y 1.80m de separación entre ellas. El sitio 2 fue una plantación de calabacita variedad zucchini a campo abierto de 1.5 h, ubicada en la localidad de Valle Nazareno, Lerdo, Durango (25° 22' 53.24" N: -103° 28' 22.40" O, 1187 msnm). La plantación constaba de 74 camas con 1.40m de separación entre ellas. Ambas plantaciones presentaron incidencia natural de *F. occidentalis*.

#### **6.1.2 Desarrollo del experimento**

El compuesto atrayente utilizado fue la feromona de agregación sintética neril (S)-2-metilbutanoato (Squid Biological and Pheromones, México) con una pureza de 90.2% y una densidad de 0.947 g/ml de acuerdo con la información del fabricante. En ambos sitios se evaluaron las dosis de 1,050 µg (T1), 525 µg (T2) y 262.5 µg (T3) del compuesto feromonal más un control sin atrayente (T4). Las soluciones se prepararon en hexano grado HPLC (Sigma-Aldrich, Estado de México, México). Como dispositivo de liberación se utilizaron septos grises de

caucho cargados con su respectiva dosis, aforada a 200  $\mu$ l de hexano, los cálculos se realizaron previamente a partir de una solución madre. Veinticuatro hrs después de la preparación de los liberadores estos fueron almacenados a  $-3^{\circ}\text{C}$  para su posterior utilización.

Para la captura de trips se utilizaron trampas adhesivas comerciales de color azul de 100 x 257mm (Greentrap®, Murcia, España). Los liberadores (septos) se colocaron en la zona media de la trampa a 7 cm de su margen superior (Figura 1A). Las trampas se fijaron en estacas de madera a una altura inmediata al dosel de las plantas del cultivo. Se realizaron cuatro repeticiones de cada tratamiento los cuales se distribuyeron en un diseño experimental de bloques completos al azar. En el sitio 1 (malla sombra) el experimento se estableció dentro de la plantación con los bloques en el sentido de las camas del cultivo, la separación entre trampas fue de 12.5 m a lo largo y 17 camas a lo ancho (Figura 1B), la fecha de inicio fue el día 03/07/20. En el sitio 2 (campo abierto) los bloques se establecieron paralelamente a lo largo del cultivo, en la periferia de este a una distancia entre trampas de 30 m (Figura 1B), la fecha de inicio fue el día 12/08/20.

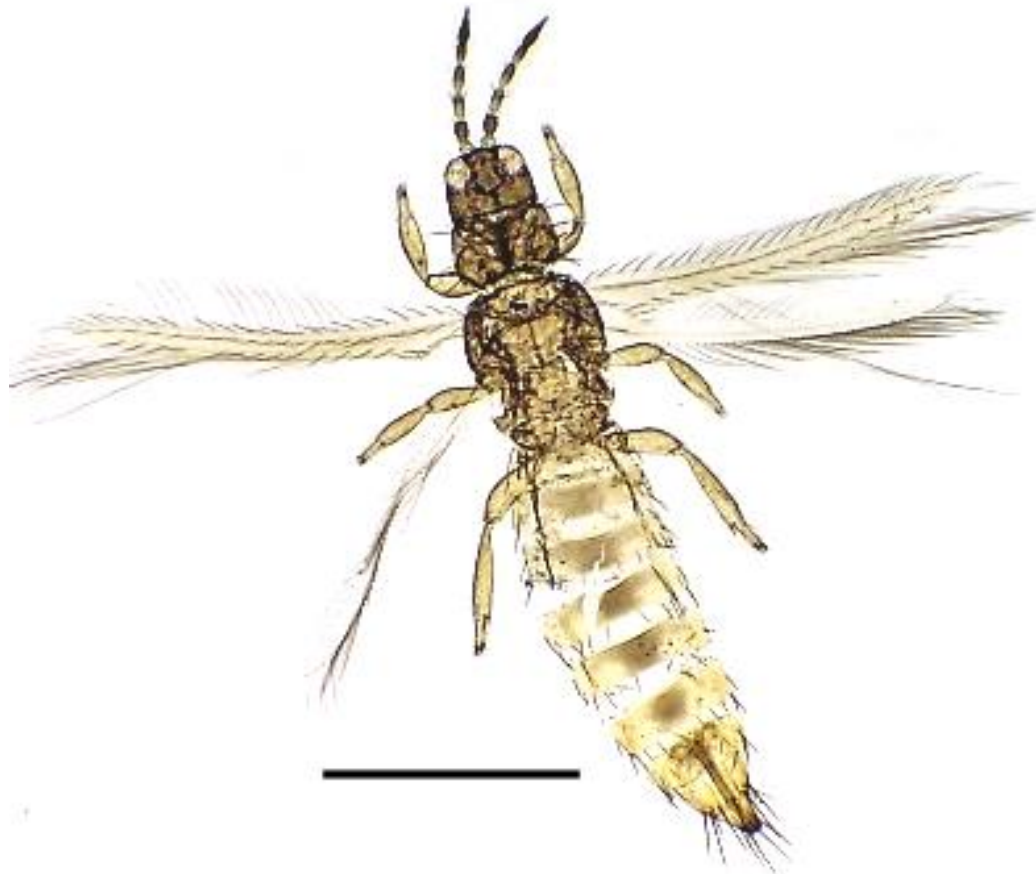


**Figura 1.-** Establecimiento de los experimentos. A) Trampa pegajosa azul cebada con liberador de feromona, B) Distribución de los tratamientos en plantación de pimiento bajo malla sombra y (C) Distribución de los tratamientos en plantación de calabacita a campo abierto.

En cada experimento se realizaron observaciones cada siete días a partir de la fecha del establecimiento hasta completar un total de cuatro. En cada observación las trampas eran retiradas y cubiertas con plástico transparente Egapack (Mexplast, Ciudad de México, México) para su almacenaje y traslado al laboratorio. Posteriormente se colocaba una trampa nueva en su respectivo tratamiento y se mantenían los mismos liberadores hasta finalizar el experimento.

En cada observación los bloques fueron realeatorizados para disminuir la probabilidad de errores debido a la posible distribución heterogénea de las poblaciones de trips en los cultivos. Del mismo modo, se recolectaron especímenes de campo para confirmar que se tratasen de *F. occidentalis*.

En laboratorio, mediante estereoscopio se contabilizó el número de *F. occidentalis* capturados por trampa, así como el sexo de cada individuo. Se recolectaron especímenes en campo durante cada periodo de evaluación y de algunas de las trampas para confirmar la especie (Figura 2). Los adultos fueron deshidratados, aclarados y montados en portaobjetos de cristal con bálsamo de Canadá de acuerdo con la metodología de Bravo-Pérez *et al.* (2018) y se identificaron mediante las claves taxonómicas de Cavalleri y Mound (2012).



**Figura 2.-** Montaje de hembra adulta de *Frankliniella occidentalis* para su identificación taxonómica. Escala = 500 $\mu$ m

Los datos obtenidos se analizaron con el programa estadístico R versión 3.6.1 (R Core Team, 2019), se realizó un análisis de varianza (ANVA) del número de insectos capturados en cada trampa por día y tratamiento. La comparación de medias se analizó mediante prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

## **6.2.- Experimento 2.- Evaluación de la respuesta de *Frankliniella occidentalis* a trampas cebadas con diferentes compuestos atrayentes**

### **6.2.1.- Área de estudio**

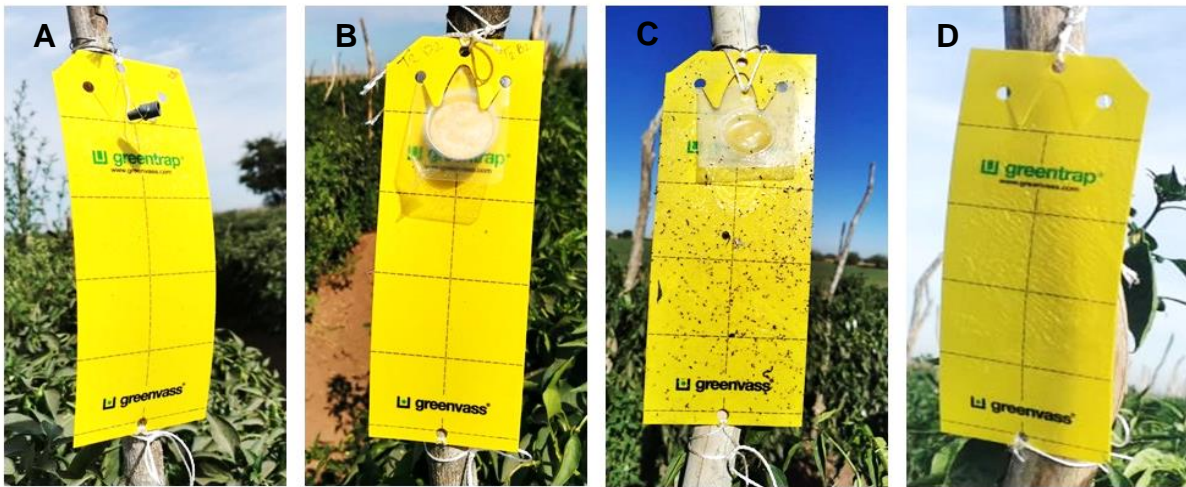
La evaluación se realizó en una plantación de chile serrano a campo abierto de 110 x 127 m ubicada en el municipio de Guasave, Sinaloa (25° 29' 22.5" N: -108° 21' 56.80" O, 1194 msnm), con infestación natural de *F. occidentalis*.

### **6.2.2.- Desarrollo del experimento**

Se evaluaron cuatro tratamientos. 1) ISCALure (Ferommis, México), septo de caucho cargado con el compuesto feromonal neril (S)-2-metilbutanoato, 2) Lurem-TR™ (Koppert Biological Systems, Países Bajos), liberador cargado con metil isonicotinato, 3) prototipo denominado como CIQA-Lure cargado con (S)-(-)-verbenona y 4) un control sin atrayente.

El prototipo CIQA-Lure se fabricó en las instalaciones del Centro de Investigación en Química Aplicada. Este consiste de un liberador tipo membrana de polietileno de baja densidad cargado con 0.70 gr de una mezcla de verbenona (densidad de 0.975 gr/cc y pureza de 93%) (Sigma-Aldrich, Alemania) y nanoarcilla laminar como controlador de liberación de aroma (Saucedo-Zuñiga *et al.*, 2021). Para la captura de trips se utilizaron trampas adhesivas comerciales de color amarillo de 100 x 257 mm (Greentrap®, Murcia, España), se utilizó este color porque se conoce que también es efectivo para la atracción de *F. occidentalis*. Los liberadores se fijaron a la parte superior de la trampa de acuerdo con su tratamiento. Las trampas se colocaron en los tutores a una altura inmediata superior al dosel de cultivo (Figura 3).





**Figura 3.-** Establecimientos de trampas adhesivas con sus respectivos atrayentes. A) ISCALure, B) Lurem-TR, C) CIQA-Lure, D) Control (Trampa sin atrayente).

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. La fecha de establecimiento fue el día 12/03/2021 y se realizaron observaciones cada siete días hasta completar cuatro. En cada observación las trampas se retiraron y cubrieron con plástico transparente Egapack (Mexplast, Ciudad de México, México) para su almacenaje y traslado al laboratorio. Posteriormente los tratamientos de cada bloque fueron reaseñados para disminuir la probabilidad de errores debido a la posible distribución heterogénea de las poblaciones de trips en la plantación y se colocaron trampas nuevas. Los liberadores fueron reutilizados durante toda la duración del experimento.

En laboratorio, mediante estereoscopio se contabilizó el número de *F. occidentalis* capturados por trampa, así como el sexo de cada individuo. Se recolectaron especímenes de trips en campo y de las trampas para confirmar la especie (Figura 4A). El procesamiento de los especímenes para su montaje e identificación se realizó mediante la misma técnica que el experimento anterior (Figura 4B).



**Figura 4.-** Hembras de *Frankliniella occidentalis* A) Capturada en trampa y B) en montaje para identificación

Se contabilizó el número de trips capturados por trampa/tratamiento, así como su sexo. Se evitó contar los trips adheridos en los dos cuadrantes superiores de cada trampa, ya que estos fueron obstruidos por los liberadores.

Los datos obtenidos fueron analizados con el software estadístico R versión 3.6.1 (R Core Team, 2019), se realizó un análisis de varianza (ANVA) del número de total de trips capturados por tratamiento. La comparación de medias se analizó mediante prueba de Tukey ( $\alpha = <0.05$ ).

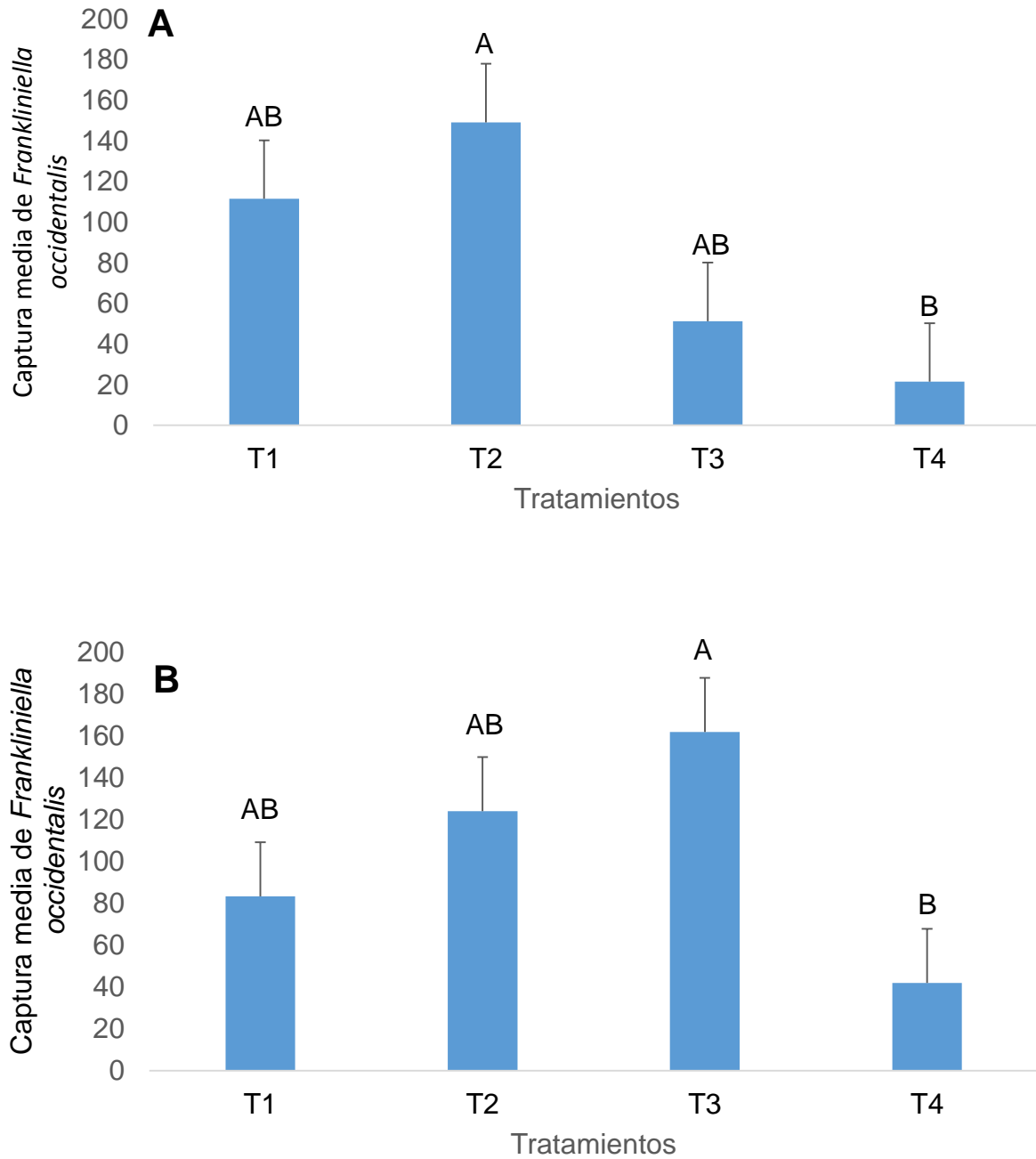
## VII.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Efecto de la dosis de neril (S)-2- metilbutanoato, en la atracción de *Frankliniella occidentalis*

En el sitio 1 y sitio 2 se capturaron un total de 10,663 y 13,144 adultos de *F. occidentalis* respectivamente. En ambos casos las capturas fueron afectadas por la adición del atrayente neril (S)-2-metilbutanoato. En ambas evaluaciones no hubo diferencias significativas entre las dosis evaluadas, sin embargo, si se presentó diferencia significativa entre una dosis con respecto al control en cada sitio (Figura 5). Por lo tanto, podemos confirmar que la adición de la feromona de agregación sintética aumenta la captura de *F. occidentalis* en trampas pegajosas.

En el experimento realizado en pimiento bajo malla sombra, la dosis de 525 µg fue el mejor tratamiento, ya que capturó 7 veces más trips que el control. Las concentraciones de 1,050 y 262.5 µg capturaron 5.19 y 2.38 veces más que las trampas sin atrayente, sin embargo, no se presentaron diferencias entre estos tratamientos (Figura 5A). En el experimento realizado en la plantación de calabacita a campo abierto, la dosis de 262.5 µg fue el mejor tratamiento, capturando 4 veces más individuos en comparación con el control (Figura 5B). Las dosis de 525 µg y 1,050 µg capturaron 3 y 2 veces más en comparación con las trampas sin atrayente.

Otros autores reportan una relación de captura en trampas cebadas con la feromona de 1.5 a 4 veces más que las trampas sin cebo (Gómez *et al.*, 2006; Sampson *et al.*, 2012; Sampson y Kirk, 2013; Broughton *et al.*, 2015; Cruz-Esteban *et al.*, 2021). Por lo tanto, esta proporción puede variar conforme a las diferentes condiciones en las que se desarrollen las evaluaciones.



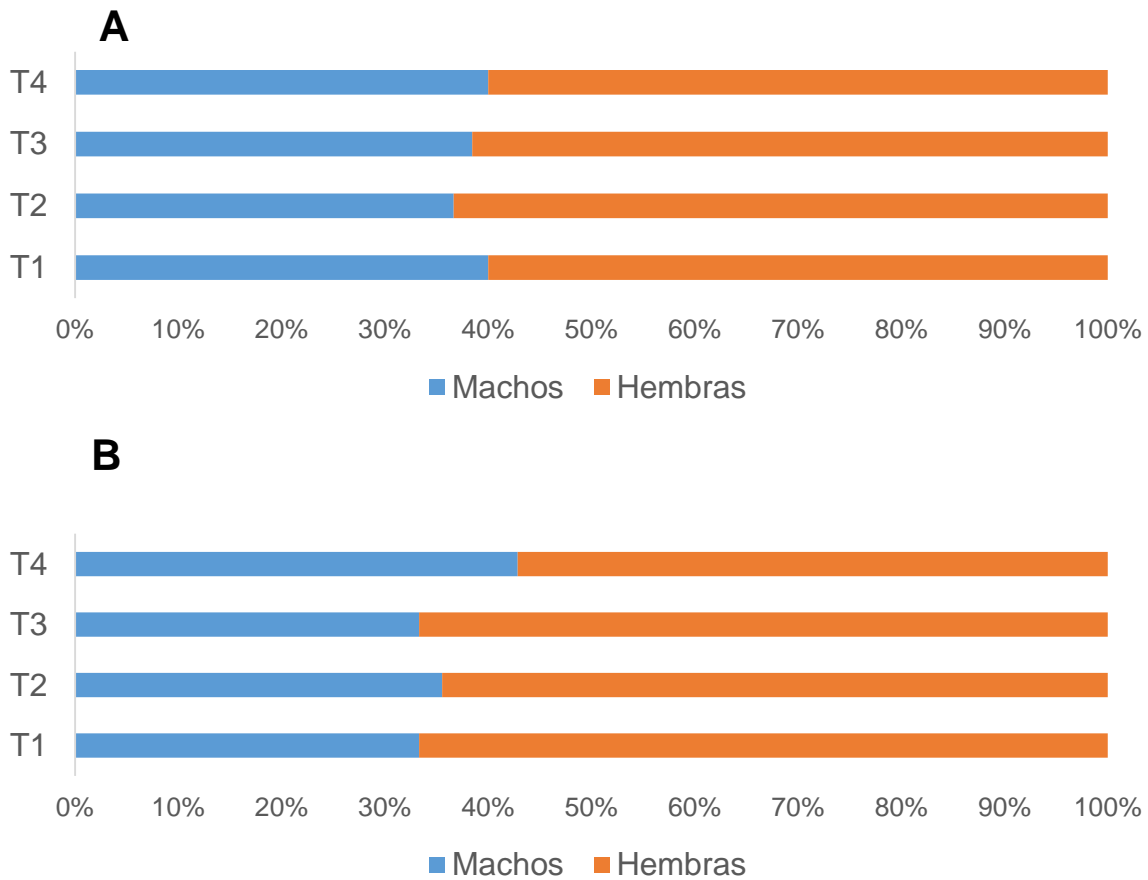
**Figura 5.-** Medias  $\pm$  error estándar (SE) de capturas de adultos de *Frankliniella occidentalis* en trampas adhesivas cebadas con diferentes concentraciones de neil (S)-2-metilbutanoato. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey test,  $\alpha = < 0.05$ ). T1.- 1050  $\mu$ g, T2.- 525  $\mu$ g, T3.- 262.5  $\mu$ g y T4.- Control. A) Cultivo de pimienta en malla sombra, B) Cultivo de calabacita a campo abierto.

Podemos observar que existe una mayor proporción de captura tratamiento: control en el cultivo de pimiento en malla sombra que en el cultivo de calabacita a campo abierto. Lo anterior puede ser debido a que dentro de la malla sombra los vientos fueron menos intensos, lo cual puede influir a que el compuesto feromonal no se disipe en el ambiente tan rápido y a que los trips puedan navegar más fácilmente hacia la trampa.

Otro factor que podría explicar esta diferencia en la proporción de captura es por las diferencias en la reflectancia de las trampas en ambos cultivos. En la malla sombra existe mucho menor penetración de luz solar en comparación con el campo abierto y se sabe que la intensidad de reflectancia afecta la atracción de *F. occidentalis* a trampas si esta excede de ciertos rangos. (Gillespie y Vernon, 1990; Matteson y Terry, 1992; Vernon y Gillespie, 1990).

Nuestros resultados pueden ser comparados en parte con los de Cruz-Esteban *et al.*, (2021) los cuales evaluaron el efecto de la dosis de neril (S)-2-metilbutanoato en un rango de 30 a 1,000  $\mu\text{g}$  hacia la atracción de *F. occidentalis* en cultivos de zarzamora en túneles y a campo abierto. En ambos sistemas de cultivo la dosis de 400  $\mu\text{g}$  presentó el mayor pico de capturas, aunque con diferencias entre sus experimentos. En el cultivo en túneles no detectaron diferencias significativas entre las dosis de 200 a 1,000  $\mu\text{g}$ , mientras que, en el cultivo a campo abierto, no se presentaron diferencias a las dosis de 400 y 600  $\mu\text{g}$ . En nuestros experimentos la dosis de 525  $\mu\text{g}$  en el cultivo de pimiento en malla sombra y la de 262.05  $\mu\text{g}$  en el cultivo de calabacita a campo abierto fueron las que atrajeron mayor número de trips a las trampas, aunque sin diferencias significativas con las demás dosis evaluadas. Del mismo modo, estos autores obtuvieron mayores capturas significativas en trampas azules en cultivo bajo túneles que en campo abierto.

En todos los tratamientos, así como en el control se capturaron mayor cantidad de hembras que de machos (Figura 6). Esto puede deberse a que la población natural de *F. occidentalis* en ambos sitios está representada por un número mayor de hembras o bien a que este sexo es más sensible al compuesto.



**Figura 6.-** Proporción sexual de machos y hembras capturados por tratamiento. T1.- 1050  $\mu\text{g}$ , T2.- 525  $\mu\text{g}$ , T3.- 262.5  $\mu\text{g}$  y T4.- Control. A) Cultivo de pimienta en malla sombra, B) Cultivo de calabacita a campo abierto.

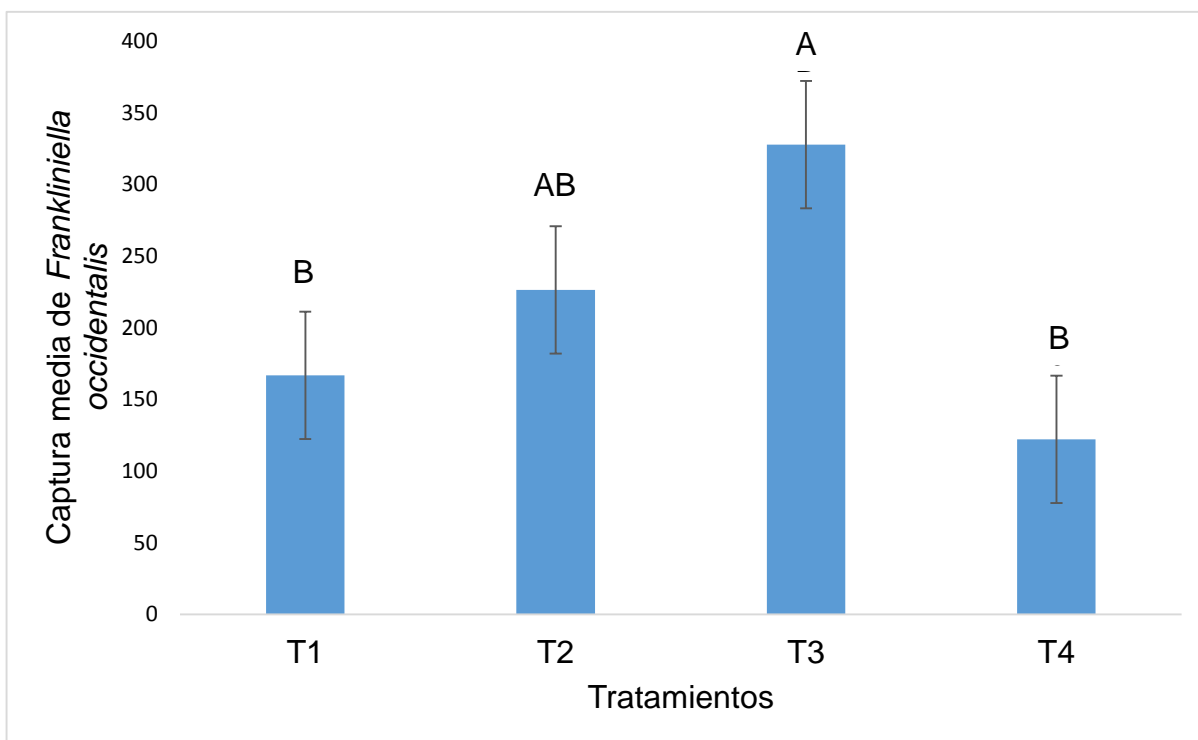
Generalmente la mayoría de los estudio relacionados con poblaciones de *F. occidentalis*, reportan un mayor número de hembras que de machos en un población determndada. Aunque es conocido que esta proporción varía con el tiempo. *F. occidentalis* posee un modo de reproducción arrenotokia, donde los machos emergen de huevos sin fertilizar y las hembras de huevos fertilizados (haplodiplodia). Como otras especies haplodiplodias esta especie es capaz de controlar el sexo de



su desendencia decidiendo si sus heuvos son fertilizados o no (Kumm y Moritz, 2009)

### 7.2.- Efecto del neril (S)-2metilbutanoato, metil isonicotinato y verbenona en la atracción de *Frankliniella occidentalis* a trampas pegajosas.

Se obtuvo una total de 26,984 trips capturados durante todo el experimento. Se comprobó que la captura de *F. occidentalis* en trampas aumentan al agregarse un semiquímico atrayente, y que este incremento puede ser afectado por el tipo de compuesto (Figura 7). El tratamiento CIQA-Lure fue el cebo que obtuvo más capturas en trampas, siendo significativamente diferente del control e ISCALure, aunque no lo fue con Lurem-TR. Los tratamientos ISCALure, Lurem-TR y el control no presentaron diferencias estadísticas en la captura. ISCALure, Lurem-TR y CIQA-Lure capturaron x1.37, x1.85 y x2.68 más adultos de *F. occidentalis* que el control.



**Figura 7.-** Medias  $\pm$  error estándar (SE) de capturas de adultos de *Frankliniella occidentalis* en trampas adhesivas cebadas con T1.- ISCALure, T2.-

LuremTR, T3.- CIQA-Lure y T4.- trampas sin atrayente. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey test,  $\alpha = <0.05$ ).

Nuestro resultado de 1.85 más capturas con Lurem-TR en comparación con las trampas sin cebar, puede ser comparado con estudios realizados por Muvea *et al.*, (2014) los cuales realizaron su investigación en una plantación de frijol a campo abierto, obteniendo un rango de 1.47 a 1.80 más capturas en comparación con el control. Otros autores como Otieno *et al.*, (2018), capturaron de 2 a 2.3 y Broughton y Harrison (2012) y Broughton *et al.*, (2015) consiguieron alrededor de 3 veces más capturas. Estos autores realizaron sus experimentos en diversos cultivos en condiciones de invernadero.

El cebo CIQA-Lure impregnado con (S)-(-)-verbenona incrementó significativamente la captura de *F. occidentalis* en comparación con ISCALure y el control, sin embargo, no presentó diferencias en comparación con Lurem-TR. En un estudio similar al nuestro, Abdullah *et al.*, (2015), realizaron evaluaciones en dos sitios con condiciones diferentes. En cultivo de fresa en Reino Unido encontraron que Lurem-TR y la (S)-(-)-verbenona fueron estadísticamente diferentes a la feromona y al control, no obstante estos dos últimos tratamientos no presentaron diferencias significativas. En el experimento en cultivo de chile en Turquía, los mejores tratamientos estadísticamente iguales del mismo modo fueron la (S)-(-)-verbenone y Lurem-TR.

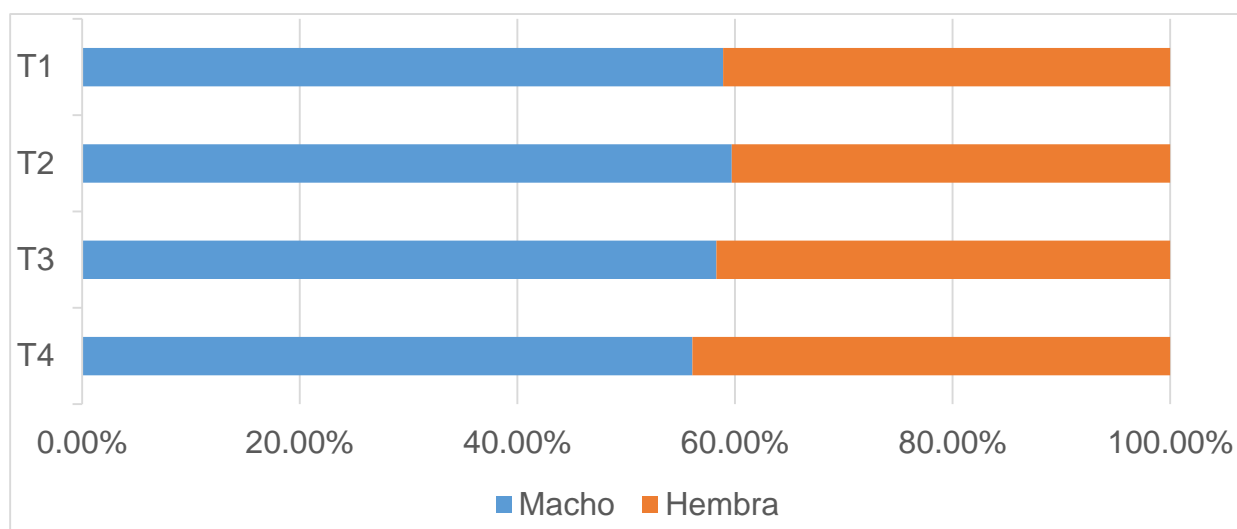
Al igual que Abdullah *et al.*, (2015), con nuestros resultados mostramos que la (S)- (-)-verbenona tiene el potencial para ser utilizado en un sistema de manejo integrado de plagas. La ventaja de este compuesto es que puede ser conseguido de manera más fácil y a un precio más accesible que la feromona de agregación u otros atrayentes comerciales.

De acuerdo con nuestros resultados, el prototipo CIQA-Lure impregnado con (S)-(-)-verbenona, tiene potencial para ser utilizado dentro de un sistema de manejo integrado de plagas, tanto para hacer más sensible el monitoreo de *F. occidentalis*,

como para aumentar su captura con fines de trampeo masivo, ya que permaneció funcional al menos durante las cuatro semanas de evaluación.

Será necesario realizar más experimentos para determinar dosis óptimas, tasas de liberación adecuadas, su efectividad en otras condiciones y cultivos, así como conocer su influencia sobre otras especies de trips y organismos benéficos.

Todos los tratamientos obtuvieron mayor captura de machos que de hembras en una proporción promedio de 1.40:1 (Figura 6).



**Figura 8.-** Proporción sexual de adultos de *Frankliniella occidentalis* por tratamiento. T1.- ISCALure, T2.- LuremTR, T3.- CIQALure, T4.- Trampa sin atrayente.

Una mayor proporción de machos capturados puede deberse a que en esta zona este sexo responde mejor al compuesto y/o el color de la trampa, o bien a que es más abundante.

## VIII.- CONCLUSIONES

- Las empresas que fabriquen liberadores cargados con la feromona de agregación neril (S)-2-metilbutanoato deberán procurar utilizar la dosis adecuada para potencializar la captura de *F. occidentalis*, ya que una mayor

cantidad del compuesto no será directamente proporcional a una mayor captura de trips. Nuestros resultados servirán como referencias para calcular estas dosis.

- El cebo CIQA-Lure cargado con verbenona es una herramienta que puede competir e incluso ser más eficiente que los cebos comerciales disponibles en el mercado.
- La efectividad de los cebos comerciales evaluados fue similar, por lo tanto, si un productor requiere utilizar alguno de estos, su elección deberá ser con base en costos y disponibilidad del producto.
- La utilización de semioquímicos atrayentes para monitorear y controlar poblaciones de *F. occidentalis* son herramientas útiles para ser utilizadas en un sistema de manejo integrado. Lo anterior será factible únicamente si este método puede ser costeable para el productor, lo cual dependerá del mercado al que esté dirigido su producto.

## **IX.- PERSPECTIVAS**

Aún es necesario desarrollar más investigación para poner a punto la tecnología. Será necesario establecer sistemas de monitoreo con y sin cebos atrayentes para comprobar en la práctica que se presenten capturas tempranas. Lo cual permitirá que se tomen decisiones de manejo más oportunas y no cuando el daño por alimentación o virosis esté a niveles críticos.

Del mismo modo, se requiere hacer evaluaciones para comprobar si el trampeo masivo obtenido de la implementación de los semioquímicos, se correlacione con una disminución de las poblaciones de trips en el área del cultivo.

Se espera que siga la investigación relacionada con el cebo CIQA-Lure, se evalúe su desempeño en el tiempo y su efectividad en otras especies de trips plaga.

## **X.- LITERATURA CITADA**

- Abdullah, Z.S., Ficken, K.J., Greenfield, B.P.J., and Butt T.M. 2014. Innate responses to putative ancestral hosts: ¿Thrips' pine pollen preference the result of relict receptors?. *Journal of chemical Ecology*. 40: 534–540.
- Abdullah, Z.S., Greenfield, B.P.J., Ficken, K.J., Taylor, J.W.D., Wood, M., and Butt, T.M. 2015. A new attractant for monitoring western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* in protected crops. *SpringerPlus*. 4: 1–9.
- Agelopoulos, N., Birkett, M.A., Hick, A.J., Hooper, A.M., Pickett, J.A., Pow, E.M., Smart, L.E., Smiley, D.W.M., Wadhams, L.J., and Woodcock, C.M. 1999. Exploiting semiochemicals in insect control. *Pesticide Science*. 55: 225–235.
- Badillo-Vargas, I. E., Rotenberg, D., Schneewis, D.J., Hiromasa, Y., Tomich, J.M., and Whitfield, A.E. 2012. Proteomic analysis of *Frankliniella occidentalis* and differentially expressed proteins in response to tomato spotted wilt virus infection. *Journal of Virology*. 86: 8793-8809.
- Bravo-Pérez, D., Santillán-Galicia, M.T., Johansen-Naime, R.M., González-Hernández, H., Segura-León, O.L, Ochoa-Martínez, D.L., and Guzmán-Valencia, S. 2018. Species diversity of thrips (Thysanoptera) in selected avocado orchards from México based on morphology and molecular data. *Journal of Integrative Agriculture*. 17: 2509-2517.
- Bielza, P. 2008. Insecticide resistance management strategies against the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Pest Management Science*. 64: 1131–1138.
- Brødsgaard, H.F. 1959. Coloured sticky traps for *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera, Thripidae) in glasshouses. *Journal of Applied Entomology*. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1989.tb00240.x>.
- Broughton, S., and Harrison, J. 2012. Evaluation of monitoring methods for thrips and the effect of trap colour and semiochemicals on sticky trap capture of thrips (Thysanoptera) and beneficial insects (Syrphidae: Hemerobiidae) in deciduous fruit trees in Western Australia. *Crop Protection*. 42: 156–163.

- Broughton, S., Cousins, D.A., and Rahman, T. 2015. Evaluation of semiochemicals for their potential application in mass trapping of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) in roses. *Crop Protection*. 67:130–35
- Buitenhuis, R., and Shipp, J.L. 2008. Influence of plant species and plant growth stage on *Frankliniella occidentalis* pupation behavior in greenhouse ornamentals. *Journal of Applied Entomology*. 132: 86-88.
- Cavalleri, A., and Mound, L. 2012. Toward the identification of *Frankliniella species* in Brazil (Thysanoptera, Thripidae). *Zootaxa*. 3270: 1–30.
- Chaisuekul, C., Riley, D., and Pappu, H. 2003. Transmission of Tomato spotted wilt virus to tomato plants of different ages. *Journal of Entomological Science* 38: 126–135.
- Chen, T., Chu, C., Fitzgerald, G., Natwick, E.T., and Henneberry, T.J. 2004. Trap evaluations for thrips (Thysanoptera: Thripidae) and hoverflies (Diptera: Syrphidae). *Environmental Entomology*. 33: 1416–1420.
- Cho, K., Eckel, C.S., Walgenbach, J.F., and Kennedy, G.G. 1995. Comparison of colored sticky traps for monitoring thrips populations (Thysanoptera: Thripidae) in staked tomato fields. *Journal of Entomology Science* 30: 176–190.
- Chu, C.C., Ciomperlik, M.A., Chang, N.T., Richards, M., and Henneberry T.J. 2006. Developing and evaluating traps for monitoring *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Florida Entomology*. 89: 47–55
- Cluever, J.D., and Smith, H.A. 2017. A photo-based key of thrips (Thysanoptera) associated with horticultural crops in Florida. *Florida Entomologist*. 100: 454–467.
- Covaci, A.D., Oltean, I., and Pop, A. 2012. Evaluation of pheromone lure as mass-trapping tools for western flower thrips. *Bulletin UASVM agriculture*. 69: 333-334.
- Cruz-Esteban, S., Rojas, J.C., and Hernández-Ledesma, P. 2020. Trap colour and aggregation pheromone dose affect the catch of western flower thrips in

- blackberry crops. *Journal of Applied Entomology*. 2: 1–9.
- Davidson, M.M., Butler, R.C., Winkler, S., and Teulon, D.A.J. 2007. Pyridine compounds increase trap capture of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) in a covered crop. *New Zealand Plant Protection*. 60: 56–60.
- Erman, W.F. 1967. Photochemical transformations of unsaturated bicyclic ketones. Verbenone and its photodynamic products of ultraviolet irradiation. *Journal of the American Chemical Society*. 89: 3828–3841.
- Espadas, A.L. 2013. Posibilidades del control tecnológico de trips en uva de mesa. Experiencias en la Región de Murcia. *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal*. 254: 51.
- Gillespie, D.R., and Vernon, R.S. 1990. Trap catch of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) as affected by colour and height of sticky traps in mature greenhouse cucumber crops. *Journal of Economic Entomology*. 83: 971–975.
- Gilbertson, R.L., Batuman, O., Webster, C.G., and Adkins, S. 2015. Role of the insect supervectors *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* in the emergence and global spread of plant viruses. *Annual Review of Virology*. 2: 67–93
- Gitaitis, R. 2009. Tospoviruses in Georgia vegetables. Tospoviruses in Solanaceae and other crops in the coastal plain of Georgia. College of agricultural and environmental sciences. *Bulletin*. 1354: 24–27.
- Gitonga, L.M., Overholt, W.A., Löhr, B., Magambo, J.K., and Mueke, J.M. 2002. Functional response of *Orius albidipennis* (Hemiptera: Anthocoridae) to *Megalurothrips sjostedti* (Thysanoptera: Thripidae). *Biological Control*. 24: 1-6.
- Gómez M., García, F., GreatRex, R., Lorca, M., and Serna, A. 2006. Preliminary field trials with the synthetic sexual aggregation pheromone of *Frankliniella occidentalis* on protected pepper and tomato crops in south-east Spain, pp. 153-158. *In: C. Castañé and J. A. Sanchez [eds.], IOBC/WPRS Bulletin 29.*

- Greenfield, M.D. 2002. Signalers and receivers: mechanisms and evolution of arthropod communication. Oxford University Press. 282.
- Hamilton, J.G.C., and Kirk, W.D.J. 2003: Method of monitoring/controlling thrips. International patent application published under the Patent Cooperation Treaty WO 03/05 5309. World Intellectual Property Organisation, Geneva.
- Hamilton, J.G.C., Hall, D.R., and Kirk, W.D.J. 2005. Identification of a male-produced aggregation pheromone in the western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. Journal of Chemical Ecology. 31: 1369–1379.
- Harbi, A., Elimem, M., and Chermiti, B. 2013. Use of a synthetic kairomone to control *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera; Thripidae) in protected pepper crops in Tunisia. African Journal Plant and Science Biotechnology. 7: 42-47.
- He, Z., Guo, J.F., Reitz, S.R., Lei, Z.R., and Wu, S.Y. 2019. A global invasion by the thrip, *Frankliniella occidentalis*: Current virus vector status and its management. Insect Science. 1–20.
- Hoddle, M.S., Robinson, L., and Morgan, D. 2002. Attraction of thrips (Thysanoptera: Thripidae and Aeolothripidae) to colored sticky cards in a California avocado orchard. Crop Protection. 21: 383-388
- Hou, W., Liu, Q., Tian, L., Wu, Q., Zhang, Y., Xie, W., Wang, S., Miguel, K.S., Funderburk, J., and Scott, J. 2014. The alpha-6 nicotinic acetylcholine receptor subunit of *Frankliniella occidentalis* is not involved in resistance to spinosad. Pesticide Biochemistry and Physiology. 111: 60-67.
- Howse, P. 1998a. Mass trapping. pp. 280-296. *In*: Howse, P.E., Stevens, I.D.R., and Jones, O.T. [eds.]. Insect Pheromones and Their Use in Pest Management. Chapman and Hall, London.
- Howse, P. 1998b. Pheromones and behaviour. pp 1–132. *In*: Howse, P.E., Stevens I.D.R., and Jones, O.T. [eds.] Insect pheromones and Their Use in Pest Management. Chapman and Hall, London.



- Kirk, W.D.J. 2017. The aggregation pheromones of thrips (Thysanoptera) and their potential for pest management. *International Journal of Tropical Insect Science*. doi:10.1017/S1742758416000205
- Kirk, W.D.J., and Hamilton, J. 2004: Evidence for a male-produced sex pheromone in the western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. *Journal of Chemical Ecology*. 30: 167-174.
- Kirk, W.D.J., and Terry, L.I. 2003. The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Agricultural and Forest Entomology*. 5: 301–310.
- Kirk, W.D.J., de Kogel, W.J., Koschier, E.H., and Teulon, D.A.J. 2021. Semiochemicals for thrips and their use in pest management. *Annual Review of Entomology*. 66: 101-119.
- Kliot, A., Kontsedalov, S., Lebedev, G., and Ghanim, M. 2016. Advances in whiteflies and thrips management. *In: Horowitz A.R. and Ishaaya, I. [eds.] Advances in Insect Control and Resistance Management*. Beit Dagan, Israel: Springer International Publishing Switzerland. 1–339 p.
- Kogel, W.J., Deventer, P., and Kirk, W.D.J. 2003. Intraspecific attraction in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*: indications for a male sex pheromone. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 107: 87–89.
- Koschier, 2008. Essential Oil Compounds for Thrips Control – A Review. *Natural Product Communications*. 3: 1171 – 1182.
- Koschier EH, de Kogel WJ, Visser JH. 2000. Assessing the attractiveness of volatile plant compounds to western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. *Journal of Chemical Ecology*. 26:2643–55.
- Kumm, S., and Moritz, G. 2009. Life-cycle variation, including female production by virgin females in *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Applied Entomology*. doi: 10.1111/j.1439-0418.2009.01473.x
- Mareggiani, G. 2001. Manejo de insectos plaga mediante sustancias semioquímicas

- de origen vegetal. Costa Rica. (60): 22-30.
- Matteson, N., Terry, I., Ascoli-Christensen, A., and Gilbert, C. 1992. Spectral efficiency of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. Journal of insect physiology. 38: 453-459.
- Matteson, N.A., and Terry, L.I. 1992. Response to color by male and female *Frankliniella occidentalis* during swarming and non-swarming behavior. Entomologia Experimentalis et Applicata. 63: 187-201.
- Minakuchi, C., Inano, Y., Shi, X., Song, D., Zhang, Y., Miura, K., Miyata, T., Gao, X., Tanaka, T., and Sonoda, S. 2013. Neonicotinoid resistance and cDNA sequences of nicotinic acetylcholine receptor subunits of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). Applied Entomology and Zoology. 48: 507-513.
- Moritz, G., Kumm, S., and Mound, L. 2004. Tospovirus transmission depends on thrips ontogeny. Virus Research. 100: 143–149.
- Morse, J.G. and Hoddle, M.S. 2006. Invasion biology of thrips. Annual Review of Entomology. 51: 67–89.
- Murai, T. 2000. Effect of temperature on development and reproduction of the onion thrips, *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae), on pollen and honey solution. Applied Entomology and Zoology 35: 499–504.
- Muvea, A.M, Waiganjo, M.M, Kutim, H.L., Osiemo, Z., Nyasani, J.O., and Subramanian, S. 2014. Attraction of pest thrips (Thysanoptera: Thripidae) infesting French beans to coloured sticky traps with Lurem-TR and its utility for monitoring thrips populations. International Journal of Tropical Insect Science. 34: 197–206
- Natwick, E.T., Byers, J.A., Chu, C.C., Lopez, M., and Henneberry, T.J. 2007. Early detection and mass Trapping of *Frankliniella occidentalis*, and *Thrips tabaci* in Vegetable Crops. Southwestern Entomologist. 32: 229-238.
- Nielsen, M.C. 2013. Factors affecting the response of thrips to an olfactory cue. PhD

Dissertation, Bio-Protection Research Centre, Lincoln University, Lincoln, New Zealand.

Norin, T. 2007. Semiochemicals for insect pest management. *Pure and Applied Chemistry*. 79: 2129–2136.

Ogada, P.A., Maiss, E., and Poehling, H.M. 2013. Influence of tomato spotted wilt virus on performance and behaviour of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*). *Journal of Applied Entomology*. 137: 488-498.

Otieno, J.A., Stukenberg, N., Weller, J., and Poehling H.M. 2018. Efficacy of LED-enhanced blue sticky traps combined with the synthetic lure Lurem-TR for trapping of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*). *Journal of Pest Science*. 91: 1301–1314.

Parker, B.L., Skinner, M., and Lewis, T. 1991. *Towards Understanding Thysanoptera*. Burlington, Vermont USA.

Parrella, G., Gognalons, P., Gebre-Selassie, K., Vovlas, C., and Marchoux, G. 2003. An update of the host range of Tomato spotted wilt virus. *Journal of Plant Pathology*. 85: 227–264

Piñero, J.C., Ruiz-Montiel, C., Rojas, J.C., and Malo, E.A. 2012. Ecología química y manejo de picudos (Coleoptera: Curculionidae) de importancia económica. pp: 361-400. *In*: Rojas, J.C., y Malo, E. [eds.]. *Temas Selectos de Ecología Química de Insectos*. El Colegio de la Frontera del Sur, México.

Pobozniak, M., Tokarz, K., and Musynov, K. 2020. Evaluation of sticky trap colour for thrips (Thysanoptera) monitoring in pea crops (*Pisum sativum* L.). *Journal of Plant Disease Protection*. 127: 307–321.

Reinhard, J. 2004. Insect chemical communication. *Chemosense*. 6: 1-6.

Reitz, S.R. 2009. Biology and ecology of the western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae): The making of a pest. *Florida Entomologist*. 92: 7–13.

Riley, D.G., Shimat V.J., Srinivasan, R. and Diffie, S. 2011. Thrips vectors of

- tospoviruses. *Journal of Integrated Pest Management*. 1: 2–10.
- Sampson, C., and Kirk, W.D.J. 2013. ¿Can mass trapping reduce thrips damage and is it economically viable?: Management of the western flower thrips in strawberry. *PLoS ONE*. <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0080787>.
- Sampson, C., Hamilton, J.G.C., and Kirk, W.D.J. 2012. The effect of trap colour and aggregation pheromone on trap catch of *Frankliniella occidentalis* and associated predators in protected pepper in Spain. *IOBC/ WPRS Bulletin*. 80: 313–318.
- Saucedo-Zuñiga, J.N., Sánchez-Valdes, S., Ramírez-Vargas, E., Guillen, L., Ramos-de Valle, L.F., Graciano-Verdugo, A., Uribe-Calderón, J.A., Valera-Zaragoza, M., Lozano-Ramírez, T., Rodríguez-González, J.A., Borjas-Ramos, J.J., Zuluaga-Parra J.D. 2021. Controlled release of essential oils using laminar nanoclay and porous halloysite / essential oil composites in a multilayer film reservoir. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2021.110882>.
- Suckling, D.M., and Karg, G. 1998. Pheromones and other semiochemicals. pp: 63–99. *In*: Rechcigl, J.E., Rechcigl, N.A. [eds.] *Biological and Biotechno-Logical Control of Insect Pests*. CRC Press, Boca Raton.
- Terry, L.I. 1997: Host selection, communication and mating behaviour. pp: 65-118. *In*: Lewis, T. (ed). *Thrips as Crop Pests*. CAB International
- Teulon D.A.J., Butler, R.C., James, D.E., and Davidson, M.M. 2007a. Odour-baited traps influence thrips capture in proximal unbaited traps in the field. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 123: 253–262. doi:10.1111/j.1570-7458.2007.00554. x.
- Teulon, D.A., Davidson, M.M., Hedderley, D.I., James, D.E., Fletcher, C.D., Larsen, L., and Perry, N.B. 2007b. 4-Pyridyl carbonyl and related compounds as thrips lures: effectiveness for onion thrips and New Zealand flower thrips in field experiments. *Journal of agricultural and food chemistry*. 55: 6198-6205.
- Teulon, D.A.J., Davidson, M.M., Perry, N.B, Nielsen, M.C., Castañé, C., Bosch, D.,

- and de Kogel, W.J. 2017. Methyl isonicotinate a non-pheromone thrips semiochemical and its potential for pest management. *International Journal of Tropical Insect Science*. 37: 50-56.
- Teulon D.A.J., Castañé, C., Nielsen, M.C., El-Sayed, A.M., Davidson M.M., Gardner-Gee, R., Poulton, J., Kean, A.M., Hall, C., Butler, R.C., Sampson C.E., Suckling D.M., and Perry, N.B. 2014. Evaluation of new volatile compounds as lures for western flower thrips and onion thrips in New Zealand and Spain. *New Zealand Plant Protection*. 67:175-183
- Tewari, S., Leskey, T.C., Nielsen, A.L., Piñero, J.C., and Rodríguez-Saona, C.R. 2014. Use of pheromones in insect pest management, with special attention to weevil pheromones. pp: 141-168. *In: Integrated pest management*. Academic Press.
- Tzanetakis, I.E., Guzmán-Baeny, T.L., Van Esbroeck, Z.P., Fernández, G.E., and Martin, R.R. 2009. First Report of Impatiens necrotic spot virus in blackberry in the Southeastern United States. *Plant disease*. 93: 432-432.
- Vernon, R.S., and Gillespie, D.R. 1990. Spectral responsiveness of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) determined by trap catches in greenhouses. *Environmental Entomology*. 19: 1229–1241.
- Vernon, R.S., and Gillespie, D.R. 1995. Influence of trap shape, size, and background color on captures of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in a cucumber greenhouse. *Journal of Economic Entomology*. 88: 288–293
- Wang, Z., Gong, Y., Jin, G., Li, B., Chen, J., Kang, Z., Zhu, L., Gao, Y., Reitz, S., and Wei, S. 2016. Field-evolved resistance to insecticides in the invasive western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) in China. *Pest Management Science*, 72: 1440-1444.
- Wijkamp, I., Van-Lent, J., Kormelink, R., Goldbach, R., and Peters, D. 1993. Multiplication of tomato spotted wilt virus in its insect vector, *Frankliniella*

*occidentalis*. Journal of General Virology. 74: 341–349.

Wijkamp, I., Almarza, N., Goldbach, R. 1995. Distinct levels of specificity in thrips transmission of tospoviruses. The American Phytopathological Society. 85: 1069–1074.

Zhang, B., Qian, W., Qiao, X., Xi, Y., and Wan, F. 2019. Invasion biology, ecology, and management of *Frankliniella occidentalis* in China. Archives of Insect Biochemistry and Physiology. 102. <https://doi.org/10.1002/arch.21613>