



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Maestría en Ciencias en Protección Vegetal

**ASPECTOS BIOECOLÓGICOS Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL
DE *Frankliniella occidentalis* EN EL CULTIVO DE
ZARZAMORA (*Rubus* sp.) EN MICHOACÁN**

TESIS

REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

PRESENTA

Jennifer Aguilar Aburto



BAJO LA SUPERVISIÓN DE

DR. ÁNGEL REBOLLAR ALVITER

DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
DIRECCIÓN DE EXAMENES PROFESIONALES



Julio, 2019


Chapingo, Estado de México

**ASPECTOS BIOECOLÓGICOS Y DISTRIBUCIÓN
ESPACIAL DE *Frankliniella occidentalis* EN EL
CULTIVO DE ZARZAMORA (*Rubus* sp.) EN
MICHOACÁN**

Tesis realizada por **Jennifer Aguilar Aburto** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

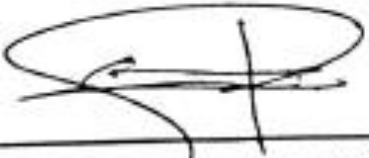
MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

DIRECTOR:




M.C. ÁNGEL REBOLLAR ALVITER

ASESOR:



M.C. SAMUEL PINEDA GUILLERMO

ASESOR:



M.C. SAMUEL RAMÍREZ ALARCÓN

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
AGRADECIMIENTOS	ix
DATOS BIOGRÁFICOS	x
RESUMEN GENERAL	xi
GENERAL ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
Objetivo general	4
1.1.1 Objetivos específicos	4
Hipótesis.....	4
CAPÍTULO I. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Generalidades del cultivo de zarzamora.....	5
2.2 El cultivo de zarzamora en México	5
2.3 Sistema de producción forzada de zarzamora en México	6
2.4 Principales enfermedades	7
2.4.1 Mildiu veloso, <i>Peronospora sparsa</i>	8
2.4.2 Antracnosis y tizón de brotes, <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> Penz. .	8
2.4.3 Moho gris, <i>Botrytis cinérea</i> Pers.....	9
2.4.4 Cenicilla polvorienta, <i>Podosphaera aphanis</i> Wallr.	9
2.5 Principales plagas.....	10
2.5.1 Araña roja, <i>Tetranychus urticae</i>	10
2.5.2 Mosca del Vinagre de Alas Manchadas, <i>Drosophila suzukii</i>	11
2.5.3 El trips de las flores, <i>Frankliniella occidentalis</i>	11
2.6 Generalidades del trips occidental de las flores <i>F. occidentalis</i>	12
2.6.1 Clasificación de <i>Frankliniella occidentalis</i>	12
2.6.2 Descripción morfológica de <i>Frankliniella occidentalis</i>	12

2.6.3 Biología y ciclo	14
2.6.4 Ecología y Hospederos	14
2.6.5 Etología	15
2.6.6 Daños e interacción insecto-planta	16
2.6.7 Resistencia a insecticidas	17
2.6.8 Bioecología de <i>F. occidentalis</i>	17
2.7 Análisis Espacial aplicado al estudio de las plagas	19
2.7.1 Semivariograma	20
2.7.2 Tipos de semivariogramas	23
2.8 Análisis SADIE.....	24
2.8.1 Análisis espacial aplicados al estudio <i>Frankliniella occidentalis</i>	26
2.9 Literatura citada.....	27

CAPÍTULO 2. ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DE *Frankliniella occidentalis* Pergande EN ZARZAMORA.....42

RESUMEN.....	42
ABSTRACT	43
2.1 INTRODUCCIÓN.....	44
2.2 MATERIALES Y MÉTODOS	45
2.2.1 Localización de los experimentos.....	45
2.2.2 Preferencia de los estados de desarrollo de <i>F. occidentalis</i> en relación a las etapas de desarrollo floral de la zarzamora	46
2.2.4 Evaluación del sitio de pupación	48
2.2.5 Fluctuación poblacional de <i>F. occidentalis</i> en el período de floración de la zarzamora.....	49
2.2.6 Plantas hospederas.....	50
2.3 RESULTADOS	50
2.3.1 Preferencia de <i>F. occidentalis</i> de las etapas de desarrollo floral de zarzamora	50

2.3.3 Sitios de pupacion	54
2.3.4 Abundancia de <i>F. occidentalis</i> en el periodo de floración.....	55
2.3.5 Plantas hospederas.....	57
2.4 Discusión	58
2.5 Conclusión.....	61
Agradecimientos	61
2.6 Literatura citada.....	62
CAPÍTULO 3. DISTRIBUCIÓN VERTICAL Y ESPACIO TEMPORAL DEL TRIPS DE LAS FLORES, <i>Frankliniella occidentalis</i> Pergande, EN EL CULTIVO DE ZARZAMORA	69
RESUMEN.....	69
ABSTRACT	70
3.1 INTRODUCCIÓN.....	71
3.2 MATERIALES Y MÉTODOS	73
3.2.1 Área de estudio	73
3.2.2. Distribución vertical de <i>F. occidentalis</i>	74
3.2.3 Análisis patrón espacial.....	75
3.2.4 Análisis de datos	75
3.3 Resultados.....	78
3.3.1 Distribución vertical de <i>F. occidentalis</i> en plantas de zarzamora	78
3.3.2 Análisis del patrón espacial	80
Autorrelación espacial y ajuste de semivariogramas.....	80
3.3.3 Determinación del Patrón de distribución espacial de <i>F. occidentalis</i> mediante SADIE	82
3.4 Discusión	85
3.5 Conclusiones	88
Agradecimientos	89

3.6 Referencias	89
-----------------------	----

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Altura de los diferentes estratos de la planta de zarzamora y promedio del número total de trips (\pm EE) por trampa en las temporadas 2018-2019 en la parcela “La Esperanza” en Ziracuaretiro, Michoacán.....	79
Cuadro 2. Parámetros de semivariogramas de los modelos ajustados del número de trips en la temporada 1, 2018 en la parcela “La Esperanza” de zarzamora. Ziracuaretiro, Michoacán.....	81
Cuadro 3. Parámetros de semivariogramas de los modelos ajustados del número de trips en la temporada 2, 2018-2019 en la parcela “Santa María” de zarzamora. Ziracuaretiro, Michoacán.....	82
Cuadro 4. Datos resumidos de los análisis espaciales por índices de distancia (SADIE) de las poblaciones de <i>Frankliniella occidentalis</i> que colonizaron el cultivo de zarzamora durante la temporada 2018 en la parcela “La Esperanza”, Ziracuaretiro, Michoacán.	83
Cuadro 5. Datos resumidos de los análisis espaciales por índices de distancia (SADIE) de las poblaciones de <i>Frankliniella occidentalis</i> que colonizaron el cultivo de zarzamora durante la temporada 2018-2019 en la parcela “Santa María”, Ziracuaretiro, Michoacán.	83

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Propiedades del semivariograma, donde " a " es rango, " C " el umbral reducido y " C₀ " para el efecto pepita, " h " para la distancia de retardo y " D₂ " para la varianza (Füst, 2004). 22
- Figura 2. Etapas de desarrollo floral de zarzamora (*Rubus* sp.) consideradas en la evaluación la preferencia del sitio de oviposición de *F. occidentalis*. A; botón cerrado BC), B; botón separación de sépalos en la parte apical (BSDS), C; botón abriendo (BA), D; botón abierto (BAB), E; flor abierta (FA) y F; flor sin pétalos (FSP). 47
- Figura 3. Colocación de acetatos de 10 x 10 cm con pegamento colocados en el lateral fructificante de plantas de zarzamora para detectar ninfas de 2nd instar en preparación para pupación de *F. occidentalis*. Ziracuaretiro, 2018.... 49
- Figura 4. Temporada 1. Número de huevos, Ninfa I, Ninfa II y adultos de *Frankliniella occidentalis* en etapas de desarrollo de floración de zarzamora (*Rubus* sp.). Las barras indican los medios \pm SE por las distintas etapas de desarrollo floral, BC; botón cerrado, Bsds; botón separación de sépalos en la parte apical, BA; botón abriendo, BAB; botón abierto, FA; flor abierta y FSP; flor sin pétalos. Las medias seguidas por las mismas letras mayúsculas indican que no hay diferencias significativas entre las distintas etapas de desarrollo de floración..... 51
- Figura 5. Temporada 2. Número de huevos, Ninfa I, Ninfa II y adultos de *Frankliniella occidentalis* en etapas de desarrollo de floración de zarzamora (*Rubus* sp.). Las barras indican los medios \pm SE por las distintas etapas de desarrollo floral, BC; botón cerrado, Bsds; botón separación de sépalos en la parte apical, BA; botón abriendo, BAB; botón abierto, FA; flor abierta y FSP;

flor sin pétalos. Las medias seguidas por las mismas letras mayúsculas indican que no hay diferencias significativas entre las distintas etapas de desarrollo de floración..... 53

Figura 6. Estados de desarrollo de *F. occidentalis* en distintas etapas de desarrollo floral de zarzamora. A; huevo bajo la epidermis de botón abierto, B; características del huevo, blanquecino con forma arriñonada, C; ninfa I emergiendo de una ovipostura entre la epidermis y D; ninfa II. 54

Figura 7. Características morfológicas de ninfa de segundo estadio de *F. occidentalis*. A) antena, B) Vista dorsal de segmentos VIII, IX y X, y C) Dientes posteromarginales en el segmento IX..... 55

Figura 8. Características del adulto de *F. occidentalis*. A; ala delantera casi uniformemente pálida o débilmente sombreada, B; antenas, C; segmentos abdominales y D; hembra de *F. occidentalis*. 56

Figura 9. Fluctuación poblacional de *F. occidentalis* en dos etapas de floración, temperatura promedio por semana (°C), humedad relativa (%) y media del número de individuos (\pm SE) de trips *F. occidentalis*. A y B metodología de muestreo en flores las semanas del 11/04/18 al 22/05/18; C; metodología de trampas semanas del 05/10/18 al 16/11/18 y D; Semanas del 30/11/18 al 11/01/19. 57

Figura 10. Características de las distintas malezas encontradas como reservorios de *F. occidentalis* en el cultivo de zarzamora. A) Flores y hojas de *Oxalis latifolia* dentro del cultivo, B) folíolos de bordes rectilíneos de *Oxalis latifolia*, C) flores y hojas de *Commelina benghalensis* y C) malezas dentro de la plantación de zarzamora. 58

Figura 11. Ubicación de las parcelas comerciales de zarzamora y diseño de la cuadrícula de muestreo. A; Rancho La Esperanza y B; Rancho Santa María. Cada punto marcado representa una trampa de color azul de 10 x 25 cm. Imagen © 2018 DigitalGlobe.	78
Figura 12. Número de trips por trampa en la temporada 1 en los distintos estratos de la planta de zarzamora. Las barras verticales sobre los puntos indican el error estándar de la media. Semanas del 27 de abril al 18 de mayo de 2018. Las letras corresponden a los distintos estratos superior (A), medio (B), y bajo (C) de la planta.	79
Figura 13. Número de trips por trampa en la temporada 2 en los distintos estratos de la planta de zarzamora. Las barras verticales sobre los puntos indican el error estándar de la media. Semanas del 28 de septiembre al 16 de noviembre de 2018. Las letras corresponden a los distintos estratos superior (A), medio (B), y bajo (C) de la planta.	80
Figura 14. Mapas de distribución espacial de la parcela de zarzamora cv 'Tupy' "La esperanza", representación de cada semana: A; 5/10/18, B; 12/10/18, C; 19/10/18, D; 26/10/18, E; 2/11/18, F; 9/11/18, G; 16/11/18. Cada barra de escala en el lado derecho de cada mapa representa índices de agregación local (rojo) y claros (azul). Ziracuaretiro, Michoacán.	84
Figura 15: Mapas de distribución espacial de la parcela de zarzamora cv 'Tupy' "Santa María", representación de cada semana A; 30/11/18, B; 07/12/18, C; 14/12/18, D; 21/12/18, E; 28/12/18, F; 04/01/19 y G; 11/01/19. Cada barra de escala en el lado derecho de cada mapa representa índices de agregación local (rojo) y claros (azul). Ziracuaretiro, Michoacán.	85

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Chapingo** y a la **Maestría en Ciencias en Protección Vegetal** por darme la oportunidad de formar parte de su comunidad estudiantil y por haber contribuido en mi formación profesional.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)** por el financiamiento proporcionado durante mis estudios de maestría.

Al **PhD. Ángel Rebollar Alviter** por su presencia incondicional, sus apreciados y relevantes aportes, comentarios y sugerencias durante el desarrollo de esta investigación.

Al **Dr. Samuel Pineda Guillermo**, por sus aportes, comentarios y revisiones en el desarrollo de la presente investigación

Al **Dr. J. Concepción Rodríguez Maciel**, por sus aportes, comentarios y revisiones en el desarrollo de la presente investigación.

Al **Dr. Samuel Ramírez Alarcón**, por sus aportes, comentarios y revisiones en el desarrollo de la presente investigación.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Jennifer Aguilar Aburto

Fecha de nacimiento: 8 de junio de 1994

Lugar de nacimiento: Teziutlán, Puebla

CURP: AUAJ940608MPLGBN05

Profesión: Ing. Agrónomo

Cedula profesional: 11262742



Desarrollo académico

Desarrolló sus estudios de bachillerato en el Colegio de Bachilleres del Estado de Veracruz, Plantel 54 de Jalacingo Veracruz. Estudió la Licenciatura en la Universidad Veracruzana, Campus Xalapa. Obteniendo el título como Ingeniero Agrónomo el 19 de septiembre de 2016, con la tesis titulada “**Detección de *Grapholita packardi* Zeller en frutos de tejocote (*Crataegus mexicana*).** Ingreso al programa de la maestría en Ciencias en Protección Vegetal de la Universidad Autónoma Chapingo el 15 de enero de 2017. Realizó una estancia de investigación del 16 de julio al 31 de agosto de 2018, en el **Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries** en Barcelona, España.

RESUMEN GENERAL

Aspectos bioecológicos y distribución espacial de *Frankliniella occidentalis* en el cultivo de zarzamora (*Rubus* sp.) en Michoacán

El trips occidental de las flores *Frankliniella occidentalis* es una plaga clave del cultivo de zarzamora (*Rubus* sp.) El objetivo de este estudio fue determinar la preferencia de las diferentes etapas de desarrollo de trips en relación con las fases de desarrollo floral y evaluar la distribución vertical y espaciotemporal en el cultivo. Se evaluaron seis etapas florales diferentes de zarzamora y se cuantificó el número de huevos, ninfas I y ninfas II y adultos. Además, el sitio de pupación también se determinó colocando acetatos transparentes recubiertos con pegamento debajo del pedicelo de la flor. La abundancia de trips en el cultivo se determinó recolectando flores semanalmente y usando trampas pegajosas azules. También, se tomaron muestras de las arvenses que rodean el cultivo o los posibles reservorios de *F. occidentalis*. Para evaluar la distribución vertical, las trampas azules pegajosas se colocaron semanalmente en los diferentes estratos de la planta (superior, medio y bajo). Para determinar la distribución espacial, se utilizó una cuadrícula de 100 trampas adhesivas azules. La asociación espacial, se determinó mediante análisis de autocorrelación (I Moran), análisis de semivariogramas y análisis espacial por índice de distancia (SADIE). El Kriging ordinario se utilizó como método de interpolación. Los resultados indicaron que los huevos, las ninfas I y II estaban principalmente concentrados en flores en la etapa de botón abierto y los adultos se encontraron principalmente en flores completamente abiertas. Las ninfas II en la etapa tardía se encontraron en el acetato pegajoso, lo que indica que cayeron para comenzar el proceso de pupación. *Oxalis latifolia* y *Commelina benghalensis* fueron identificadas como reservorios de trips en los alrededores de las parcelas de zarzamora. El estrato superior de la planta resultó ser preferido para los trips adultos. El análisis del semivariograma indicó que el modelo Sin Hole effect describía mejor el proceso espacial. El análisis de SADIE también indicó que la distribución espacial estaba agregada en la mayoría de los datos de muestreo con una fuerte dependencia espacial. Los mapas de interpolación indican que las infestaciones de las parcelas de zarzamora por *F. occidentalis* comienzan en los bordes de las parcelas, lo que sugiere la migración de sectores de cultivos vecinos en diferentes etapas de desarrollo. Esta investigación permitirá el diseño de programas de manejo integrado de *F. occidentalis* para apoyar mejor la toma de decisiones durante la temporada de crecimiento del cultivo de zarzamora.

Palabras clave: *Frankliniella occidentalis*, bioecología, distribución vertical, distribución espacial, I Moran, semivariogramas, SADIE.

GENERAL ABSTRACT

Bioecological aspects and spatial distribution of *frankliniella occidentalis* in the cultivation of blackberry (*Rubus* sp.) in Michoacán

The western flower thrips *Frankliniella occidentalis* is a key pest of blackberry cultivation (*Rubus* sp.) The objective of this study was to determine the preference of different developmental stages of thrips in relation to the floral development phases and to evaluate the vertical and spatiotemporal distribution in the crop. Six different floral stages of blackberry were assessed and the number of eggs, nymphs I and nymphs II and adults was quantified. Besides, the pupation site was also determined by placing transparent acetates coated with glue under the flower pedicel. The abundance of thrips in the crop was determined by collecting flowers weekly and by using blue sticky traps. Also, weeds surrounding the crop or the possible reservoirs of *F. occidentalis* were sampled. In order to evaluate the vertical distribution, sticky blue traps were placed weekly in the different strata of the plant (upper, middle and low). To determine: the spatial distribution, a grid of 100 blue sticky traps was used; the spatial association, autocorrelation analysis (Morans I), semivariograms analysis and Spatial analysis by Distance Index (SADIE) were used. Ordinary Kriging was used as a method of interpolation. The results indicated that eggs, nymphs I and II were mainly concentrated in flowers in the open button stage, and adults were mainly found in completely opened flowers. Nymphs II in the late stage were found on the sticky acetate indicating that they fell to begin the pupation process. *Oxalis latifolia* and *Commelina benghalensis* were identified as thrips reservoirs in the surroundings of the blackberry plots. The upper stratum of the plant turned out to be preferred for adult thrips. The semivariogram analysis indicated that the Sin Hole Effect model better described the spatial process. SADIE's analysis also indicated that the spatial distribution was aggregated in most of the sampling data with strong spatial dependence. The interpolation maps indicate that the infestations of blackberry plots by *F. occidentalis* begin at the edges of the plots suggesting migration from neighboring crop sectors at different stages of development. This research will allow the design of integrated management programs of *F. occidentalis* to better support the decision making during the growing season of blackberry crops.

Key words: *Frankliniella occidentalis*, bioecology, vertical distribution, spatial distribution, I Moran, semivariograms, SADIE.

INTRODUCCIÓN GENERAL

El cultivo de zarzamora (*Rubus* sp.) inició en México en el año de 1985. Sin embargo, fue hasta 1995 cuando las primeras compañías de producción llegaron a darle impulso renovado y en 2017 logró ser el segundo cultivo de mayor exportación en el grupo de las berries (Pérez-Barraza & Vázquez-Valdivia, 2003; S 2018IAP.). Durante 2017, el cultivo de zarzamora tuvo una producción de 270,399 toneladas a nivel nacional, lo que representó un ingreso nacional en divisas de 2.106 millones de dólares. En el estado de Michoacán se produce el 96% de la producción de zarzamora de México. Genera más de 920 mil jornales y 11 mil 500 empleos directos al año (SIAP, 2018; ANEBERRIES, 2018).

El cultivo de zarzamora en México se desarrolla en un sistema de producción forzada, que consiste en el uso de defoliantes, podas y aplicación de hormonas para la estimulación, lo que permite obtener dos cosechas al año. En este sistema, la primera temporada de fructificación se extiende desde mediados de octubre hasta principios de mayo y se exporta. La segunda temporada de fructificación ocurre de mayo a junio y se destina a los mercados de exportación y locales (Strik *et al.*, 2007).

La concentración de la superficie cultivada en los estados de Michoacán, Jalisco y Colima favorece el surgimiento de problemas fitosanitarios que impactan directamente en la producción y comercialización de este cultivo. Entre los principales problemas fitosanitarios que afectan a la zarzamora, se ha documentado al mildiú vellosa, *Peronospora sparsa* Berk., (Rebollar-Alviter *et al.*, 2009), *Fusarium oxysporum* Schltdl. (Acosta-Gonzalez *et al.*, 2018), moho gris (*Botrytis cinérea* de Bary Whetzel 1945) (Williamson *et al.*, 2007), mosca de las alas manchadas (*Drosophila suzukii* Matsumura; Diptera: Drosophilidae) (Castro-Sosa *et al.*, 2017) y el trips occidental de las flores (*Frankliniella occidentalis* Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) (Rebollar-Alviter, 2011).

El trips occidental de las flores, *F. occidentalis* se considera una de las plagas más perjudiciales para una gran variedad de cultivos debido a que ocasiona daños directos por sus hábitos de alimentación y oviposición; además, transmite tospovirus (Vaello *et al.*, 2017). Esta especie se ha convertido en una plaga económicamente importante del cultivo de zarzamora. Causa daño al alimentarse del polen, genera malformaciones de las drupeolas. Debido al daño que ocasiona, se calculan pérdidas hasta del 50% de la producción (SIAP, 2018; Rebollar-Alviter, 2011).

En los últimos 20 años han aumentado los casos documentados de resistencia de trips a insecticidas de diferentes grupos toxicológicos, lo cual ha dificultado su control en diferentes cultivos a nivel mundial. Estudios recientes indican que las poblaciones de *F. occidentalis* de las principales zonas productoras de zarzamora de Michoacán y Jalisco mostraron resistencia a malatión, bifentrina y spinosad, insecticidas ampliamente usados para el manejo de trips (Cubillos-Salamanca, 2017).

Estudios sobre el comportamiento de *F. occidentalis* en cultivos como, pepino (*Cucumis satifus* [L.]), crisantemo (*Chrysanthemum* sp. L.), ciruela (*Prunus salicina* Lindl.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) indican que éste varía dependiendo la complejidad del hospedero (Kiers *et al.*, 2000; Allsopp, 2010; Nyasani *et al.*, 2013). Entre los factores que influyen en el comportamiento de *F. occidentalis* se encuentran la planta hospedera, estructura de la misma, disposición de flores, composición del paisaje y el patrón de invasión (Kiers *et al.*, 2000; Broadbent *et al.*, 2003; Holmes *et al.*, 2012). El conocimiento del comportamiento de trips, los sitios de oviposición preferidos, pupación, fluctuación poblacional, así como posibles hospederos alternos dentro y fuera de la zona productiva permite establecer protocolos de muestreo para esa especie y definir estrategias de manejo oportunas (Nyasani *et al.*, 2017; Singh *et al.*, 2018).

El uso de las herramientas geoestadísticas para el estudio de la disposición espacial de los insectos se han incorporado en programas de manejo integrado

de plagas (MIP), incluyendo el monitoreo, la elaboración de mapas y el muestreo, lo cual permite realizar aplicaciones racionales de insumos con mayor precisión (Dal Prá *et al.*, 2011). Los estudios sobre distribución espacial de plagas en los cultivos, han sido de gran interés incluyendo la comprensión de la estructura y dinámica de las poblaciones, comunidades y ecosistemas (Wu & Wang, 2019). Una de las técnicas más usadas es el análisis espacial por Índices de Distancia (SADIE). Esta técnica es relativamente nueva y se utiliza para determinar los patrones espaciales de las poblaciones de insectos. La técnica SADIE permite definir la densidad de individuos entre las unidades de muestreo y el grado de asociación, teniendo en cuenta explícitamente sus posiciones espaciales relativas. Los puntos de referencia y geoestadísticos pueden proporcionar una interpretación completa de los patrones espaciales de una plaga, lo que permite determinar, por ejemplo, el índice de agregación (I_a), los sitios específicos de agregación y las primeras infestaciones de un cultivo a través del tiempo (Perry, 1995). El programa es de gran utilidad en el estudio de los insectos plaga como *Ceutorhynchus pallidactylus* Marsham y *Brassicogethes aeneus* Fabricius, 1775 (Hlavjenka *et al.*, 2017); así como en el conocimiento de la asociación de *Therioaphis maculata* Buckten e *Hippodamia variegata* Goeze (Shayestehmehr *et al.*, 2017), *Megacopta cribraria* (F.) (Knight *et al.*, 2017) y *Riptortus pedestris* Fabricius (Jung & Lee, 2018) que han sido de interés económico para distintos cultivos.

En el cultivo de zarzamora, *F. occidentalis*, es uno de los insectos plaga más importantes que reduce significativamente la producción, existen pocas alternativas disponibles para su manejo, la frecuencia de aparición de poblaciones resistentes es elevada y falta información disponible de la influencia del cultivo en la dispersión, distribución espacial, fluctuación poblacional y diferentes aspectos bioecológicos del insecto en relación al desarrollo fenológico del cultivo. Los objetivos de la presente investigación fueron: a) describir los aspectos bioecológicos y b) determinar la distribución vertical y distribución espacio-temporal de *F. occidentalis* en el cultivo de zarzamora. El conocimiento

de estos aspectos permitirá optimizar las técnicas de muestreo y tiempos de aplicación de las herramientas para incorporarlas en el diseño de un programa de manejo integrado de este insecto en el cultivo de zarzamora.

Objetivo general

- Estimar los aspectos bioecológicos y evaluar la distribución espacial de *Frankliniella occidentalis* en el cultivo de zarzamora (*Rubus* sp.).

1.1.1 Objetivos específicos

- Estimar los aspectos bioecológicos y de abundancia de *F. occidentalis* en relación con el desarrollo floral del cultivo de zarzamora.
- Evaluar la distribución vertical y espacio-temporal de *F. occidentalis* en el cultivo de zarzamora.

Hipótesis

Ho1: Los estados de desarrollo de *F. occidentalis* están estrechamente asociados con el desarrollo floral de la planta de zarzamora.

Ho2. Existen diferencias en la dinámica poblacional de *F. occidentalis* en función de los estratos del cultivo.

Ho3. *F. occidentalis* tiene una distribución espacial agregada en el interior del cultivo. Esta agregación inicia en la periferia de la parcela y de ahí se extiende al interior del cultivo influenciada por el estado fenológico de las plantas de la parcela o sectores vecinos del cultivo.

CAPÍTULO I. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo de zarzamora

La planta de zarzamora (*Rubus* sp.) se consideró como una planta de frutas silvestres, originaria de Europa y Asia (Soshor *et al.*, 2015). Sin embargo, existen numerosas especies emparentadas de otros orígenes (Strik *et al.*, 2007). Las plantas de zarzamora tienen una gran diversidad genética debido al número de variedades que existen. Esta especie de planta se caracterizan por tener frutos agregados que consisten en una cantidad de drupeolas carnosas (Clark *et al.*, 2007).

Las zarzamoras son un grupo complejo de plantas heterogéneas con alta variabilidad genética. Se han reconocido más de 350 especies del género *Rubus* (Moore & Skirvin, 1990). Taxonómicamente, la zarzamora pertenece a la familia Rosaceae, tiene un crecimiento de forma arbustiva, y presenta tallos leñosos dotados de espinas. Las hojas tienden a distribuirse de forma imparipinnada, constando de tres a cinco folíolos, los cuales son ovados con bordes aserrados. El haz presenta coloración verde intenso brillante, mientras que el envés es blanquecino con pilosidad. Presenta flores de hasta tres centímetros de diámetro, las cuales crecen en racimos al final de las ramas, constan de 5 pétalos variando de blanco a rosado, y 5 sépalos. La infrutescencia forma una polidrupa, la cual consta de diversas drupas individuales arracimadas a un eje central (Berg, 2008).

2.2 El cultivo de zarzamora en México

En México, las berries o frutillas, constituyen un grupo al que pertenecen a un conjunto de cultivos importantes como la fresa, arándano, zarzamora y frambuesa. Las berries han registrado un incremento en superficie cultivada sostenido en los últimos años. Los estados productores más destacados son Michoacán, Jalisco y Colima. Algunos de los países de exportación son Estados Unidos de América, Países Bajos, Reino Unido, Italia, Bélgica, Francia, Canadá,

Alemania y Chile. El cultivo de la zarzamora ha tomado además un fuerte impulso en México debido a su elevada rentabilidad, rápido retorno del capital, empleo intensivo de mano de obra, pues genera aproximadamente 900 empleos (jornales) por hectárea, por la versatilidad en las formas de consumo del fruto y las grandes posibilidades y oportunidades de exportación (Zavala, 2006). En México, el cultivo de la zarzamora inició en 1985, en Tétela del Volcán, Morelos. Para 1995, se tenían 443 ha en el país, a partir de ese año el cultivo de zarzamora ha incrementado considerablemente (Pérez-Barraza & Vázquez-Valdivia, 2003).

Las compañías comercializadoras de zarzamoros llegaron a Los Reyes de Salgado, Michoacán en 1995, y en 2006 ya eran nueve, representando a tres países: Estados Unidos de América (Driscolls, Hursts y Sunny Ridge), Chile (Hortifrut y Sun Belle) y México (El Molinito, Exifrut y Expofrut) y una empresa mixta estadounidense-chilena (VBM-Giumarra). Hortifrut llegó en 1995 y logró monopolizar la producción hasta 1998. El primer año exportó 20,000 cajas de zarzamora y en 2006 estaba exportando 1,700,000 cajas (Chollett, 2009). Como efecto, la zarzamora en México se ha colocado como un cultivo de importancia agrícola. En el 2017 se tuvo una producción de 270,399.37 ton a nivel nacional, con un valor de producción (en miles de pesos) de \$ 10,558,069.37. El mayor estado productor de zarzamora en México es Michoacán, que para 2017 produjo el 96% de zarzamora, en su mayor parte (97%), la producción se exporta a Estados Unidos de América. El ingreso nacional en divisas representó 2.106 millones de dólares (SIAP, 2018; ANEBERRIES, 2018).

2.3 Sistema de producción forzada de zarzamora en México

En México, el área sembrada de zarzamora se ha multiplicado por 10, desde 1995 y el crecimiento sigue siendo exponencial. Los productores y compañías privadas han desarrollado sistemas de producción especializados a través de la investigación en fincas para extender la temporada de producción con la variedad 'Tupy' y otros cultivares erectos. Alrededor de 5-7 meses después de la emergencia de la primocaña, se aplica dos a tres veces un defoliante químico

(una combinación de urea o sulfato de amonio, sulfato de cobre y aceite mineral). Después, las plantas se podan cubriendo los bastones y acortando los laterales a aproximadamente 0.3 m. El ácido giberélico (GA) y el thidiazuron (TDZ) se usan aproximadamente 3 semanas después de la defoliación para mejorar la floración y promover la brotación. La cosecha de fruta comienza entre los 90 y 100 días después de la defoliación. Una vez que finaliza la primera cosecha, muchos productores podan nuevamente, retirando la porción de la caña que fructifica, y repiten el proceso de defoliación para obtener múltiples cosechas de una misma planta. Posteriormente, los productores cortan las cañas al nivel del suelo para repetir el ciclo. A menudo, las plantas se cultivan en túneles para proteger a la fruta de las condiciones climáticas adversas. Los productores tienen las huertas divididas en sectores, de esta manera su producción es escalonada. Ellos tienen sectores en defoliación y otros sectores en cosecha, lo que les permite cosechar durante largos periodos. Usando estos métodos, la temporada de fructificación mexicana se extiende desde mediados de octubre hasta principios de mayo para el mercado de exportación y de mayo a junio para los mercados locales (Strik *et al.*, 2007).

Las perspectivas de la agroindustria de la zarzamora son positivas. México encontró su ventaja competitiva en este sector y es capaz de explotarlo. Las exportaciones de zarzamoras frescas mexicanas siguen creciendo y en el mercado de los Estados Unidos de América alcanza casi el 98% del total de las importaciones (Stupková, 2016).

2.4 Principales enfermedades

El cultivo de zarzamora en México ha logrado colocarse dentro de los de mayor exportación y producción a nivel mundial. Sin embargo, diversas enfermedades afectan al cultivo de zarzamora, lo que ha puesto en riesgo la producción y áreas cultivadas.

2.4.1 Mildiu veloso, *Peronospora sparsa*

El mildiú veloso es una de las enfermedades más importantes de zarzamora en México. Bajo condiciones favorables como alta humedad y manejo agronómico inadecuado, esta enfermedad, puede ocasionar pérdidas de más del 90% de la producción (Rebollar-Alviter *et al.*, 2009). Dentro de los síntomas que muestra el mildiu en hojas, son manchas angulares de color púrpura que generalmente se localizan entre las venas a lo largo de la nervadura central y las venas principales. También se observa una decoloración rojiza en un lado del pedúnculo de la flor. El daño directo en el fruto joven infectado causa la pérdida de su brillo, se marchita y finalmente se seca (Rebollar-Alviter *et al.*, 2012). Se recomiendan aplicaciones de fosfito de potasio (sales de potasio derivadas del ácido fosfórico, también conocidas como fosfonatos, o ácido fosfónico) a los 8-10 días después de la defoliación cuando la planta inicia su actividad de crecimiento. Cerca de la época de cosecha, se continua con fungicidas químicos como azoxystrobin, pyraclostrobin o biológicos como *Bacillus subtilis*, extractos vegetales, fungicidas a base de cobre o polisulfuro de calcio (Rebollar-Alviter *et al.*, 2012).

2.4.2 Antracnosis y tizón de brotes, *Colletotrichum gloeosporioides* Penz.

La antracnosis en zarzamora la causa el hongo *Colletotrichum* sp., la cual es una enfermedad importante de la zarzamora cultivada en el mundo (Rueda-Hernández *et al.*, 2013). Los síntomas incluyen lesiones elípticas púrpuras en tallos, con forma redonda regular acompañada de erupción de masas anaranjadas de esporas en la superficie, redondeadas a lesiones irregularmente blanquecinas en espinas con pequeñas manchas negras y brotes e inflorescencias podridas (Tamayo, 2001). Aplicaciones preventivas con azufre, oxiclورو de cobre y pyraclostrobin, son herramientas de buena eficacia (Rebollar-Alviter, 2011).

2.4.3 Moho gris, *Botrytis cinérea* Pers.

Es un importante hongo patógeno responsable del moho gris en más de 230 especies de plantas en todo el mundo, incluida la zarzamora (Fernández-Ortuño *et al.*, 2014). El moho gris infecta flores, y sus conidios germinan en pétalos, estambres y pistilos. Las infecciones permanecen latentes hasta que las condiciones climáticas se vuelven favorables y los síntomas se expresan en frutos verdes y maduros. Las infecciones secundarias ocurren por contacto de fruta sana con material vegetal infectado o vía conidial que se extienden de la fruta infectada a sana por el viento y la lluvia (Williamson *et al.*, 2007).

Dentro de las actividades de manejo para moho gris, es recomendable la eliminación de fuentes de inóculo primario y evitar la acumulación de humedad. Durante la etapa de floración del cultivo se sugiere un manejo basado en la combinación o alternancia de fungicidas químicos y biológicos con actividad contra *B. cinerea* como son captan, fenhexamida, ciprodil+fludioxonil, pyraclostrobin+ boscalid, iprodiona, pirimetanil, y *B. subtilis* entre otros. Se recomiendan de 2 a 3 aplicaciones en floración o en pre-cosecha. Asimismo, *B. subtilis* se puede aplicar cada 8 a 10 días, iniciando en la floración y da resultados similares a dos aplicaciones de fungicidas (Rebollar-Alviter, 2011).

2.4.4 Cenicilla polvorienta, *Podosphaera aphanis* Wallr.

La cenicilla polvorienta causada por *P. aphanis* (conocido anteriormente como *Sphaerotheca macularis*), puede infectar hojas, pecíolos de hojas, ramas de flores, flores y frutos. Se trata de una enfermedad grave de las berries cultivadas (Harvey & Xu, 2010). Los conidios permanecen viables sólo por un corto periodo de tiempo y requieren de 4 a 6 h de alta humedad a una temperatura de alrededor de 25° C para la germinación. La temperatura óptima para la germinación de los conidios es 20-25° C. Sin embargo, la infección puede ocurrir a temperaturas que varían de 6 a 36° C (Miller *et al.*, 2003). La incidencia de la enfermedad se reduce a una temperatura por debajo de 10° C o por encima de 30° C (Carisse &

Bouchard, 2010). Las aplicaciones de penconazol, tetraconazol + azufre, quinoxifeno, bupirimato, kresoxim-metilo y piraclostrobina + boscalid generalmente brindan resultados satisfactorios (Pertot *et al.*, 2009).

2.5 Principales plagas

Las plagas también representan un significativo riesgo para la producción y calidad en el cultivo de zarzamora.

2.5.1 Araña roja, *Tetranychus urticae*

El ácaro de dos manchas, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) es una de las plagas más importantes en diversos cultivos agrícolas en todo mundo. La rápida tasa de desarrollo y el alto potencial reproductivo de *T. urticae* le permite alcanzar niveles de población dañinos muy rápidamente cuando las condiciones de crecimiento son buenas, lo que da como resultado una disminución igualmente rápida de la calidad de la planta huésped. Los parámetros de crecimiento poblacional de *T. urticae* tales como la tasa de desarrollo, supervivencia, reproducción y longevidad pueden variar en respuesta a cambios de temperatura, especies de plantas huésped, nutrición de la planta huésped, tipo de cultivo, estado fenológico, exposición a pesticidas y humedad relativa (Razmjou *et al.*, 2009). Los adultos y ninfas succionan la savia de los tejidos y como consecuencia se produce un amarillamiento y moteado de las hojas, cuando las poblaciones son altas provocan necrosis de las hojas y en ataques severos una defoliación (Rebollar-Alviter, 2011).

El aumento a la resistencia de acaricidas ha llevado a buscar nuevas alternativas para el control, algunos ejemplos son los extractos de plantas, como *Elettaria cardamomum*, e insecticidas botánicos derivados del árbol de neem. Se ha demostrado que *Phytoseiulus persimilis* y *B. bassiana* son efectivos en el control de *T. urticae*, cuando se aplican conjuntamente (Fatemikia *et al.*, 2014). Los extractos metanolicos de especies de *Cinnamomum* (familia Lauraceae) son acaricidas potenciales (Reddy *et al.*, 2014).

2.5.2 Mosca del Vinagre de Alas Manchadas, *Drosophila suzukii*

La mosca del vinagre de alas manchadas (*Drosophila suzukii* Matsumura), es originaria de Asia y se detectó por primera vez en América del Norte y Europa en 2008-2010. *D. suzukii* es una plaga invasora de cultivos de frutas pequeñas incluyendo el complejo de Berries, el daño que ocasiona es al ovipositar y dañar la fruta madura, lo que puede conducir a la pérdida del cultivo (Klesener *et al.*, 2018).

De acuerdo con Tochen *et al.* (2014), *D. suzukii* presenta hasta 13 generaciones por año, dependiendo de las condiciones climáticas. En los meses de verano, los adultos son más activos en temperaturas de 15°C y 20°C, y menos activos a temperaturas superiores o inferiores a dicho rango (Hamby *et al.*, 2014).

El monitoreo y trampeo de *D. suzukii* es fundamental en la integración de estrategias de manejo. Los productores hacen trampas comerciales con distintos cebos como azúcar con agua, puré de fruta y vinagre de manzana. Otra estrategia es la remoción de frutos que maduran de manera adelantada (Walsh *et al.*, 2011). El uso de algunos parasitoides como los cipídidos son exclusivamente primarios de *Drosophila* spp. (Dubuffet *et al.*, 2009).

2.5.3 El trips de las flores, *Frankiniella occidentalis*

El trips occidental de las flores, *F. occidentalis*, es una plaga importante en una amplia gama de cultivos hortícolas, ornamentales y frutales; causa pérdidas económicas en todo el mundo a más de 200 plantas hospederas (Reitz, 2009).

Los principales daños que ocasiona *F. occidentalis*, son por alimentación y oviposición, mismos que producen daños estéticos por cicatrices; además de ser uno de los principales vectores del género Tospovirus (Kirk & Terry, 2003). En el cultivo de zarzamora (*Rubus* sp.), el principal daño es por la alimentación directa sobre las partes florales, probablemente interfiriendo con la polinización lo que resulta en frutos deformes (Rebollar-Alviter, 2011).

Debido a que se ha convertido en una plaga difícil de manejar, en los últimos años se han implementados distintas estrategias de manejo integrado con el propósito de controlar las poblaciones. El uso de trampas, hongos entomopatogenos, enemigos naturales, extractos de plantas y el uso de feromonas son algunas de las herramientas que se han evaluado para el control del trips occidental de la flor (Demirozer *et al.*, 2012).

2.6 Generalidades del trips occidental de las flores *F. occidentalis*

2.6.1 Clasificación de *Frankliniella occidentalis*

El trips occidental de las flores se encuentra en la lista de plagas cuarentenarias de la región de la Organización Europea de Protección Fitosanitaria (EPPO), se encuentra como la especie no. 177 en la lista de plagas A2 (CABI, 2018).

Reino Animalia

Phylum Arthropoda

Subphylum Hexápoda

Clase Insecta

Subclase Pterygota

Orden Thysanoptera

Suborden Terebrantia

Familia Thripidae

Subfamilia Thripinae

Género *Frankliniella* Karny, 1910

Especies *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895).

2.6.2 Descripción morfológica de *Frankliniella occidentalis*

Huevos: Se distinguen por tener una forma reniforme (en forma de riñón), de color opaco y de aproximadamente 200 µm de largo. Generalmente *F. occidentalis* inserta los huevos en la capa epidérmica y mesófilica de la planta huésped. Los

huevos pueden ser depositados en hojas, estructuras de flores o frutas (Childers & Achor, 1995).

Ninfa: La ninfa pasa por dos estadios, los cuales son en forma fusiforme, y el color puede ser de blanco cremoso a amarillo. Los estadios de primer y segundo pueden diferenciarse mediante el número y colocación de pequeñas setas en el abdomen. Las ninfas son móviles, pero tienden a residir en lugares ocultos en las plantas, como dentro de las flores o en hojas en desarrollo o bajo el cáliz de los frutos (Agrawal *et al.*, 2000).

Pupa: Hay dos instares pupales y ninguno de ellos se alimenta. Aunque es capaz de moverse, ninguna de las etapas de la pupa se mueve activamente a menos que sea perturbada. Dependiendo de la arquitectura de la planta huésped, el trips occidental de la flor puede caer al suelo para formar pupas. La etapa prepupa y pupa tiene alas cortas y las antenas sobresalen hacia adelante desde la cabeza. La pupa tiene alas que se extienden a lo largo del abdomen, y las antenas se curvan hacia atrás sobre la cabeza. Ambos estadios suelen ser de color blanco a crema (CABI 2018).

Adultos: tienen alas completamente desarrolladas con largos flecos de cilios típicos de la mayoría de los thysanópteros. Los adultos son pequeños de menos de 2 mm de longitud, lo cual dificulta su caracterización morfológica con la de otras especies similares. Presenta 3 morfos de color. El color de las hembras puede variar de amarillo pálido a marrón oscuro o negro; los machos siempre son amarillentos (amarillo con una banda longitudinal oscura a lo largo del dorso del tórax y el abdomen). Los machos generalmente representan una proporción mucho menor de la población y son más pequeños y pálidos que las hembras (Tommasini & Maini, 1995; Reitz, 2009). *F. occidentalis* se puede diferenciar por algunas características que son clave para su diagnóstico: un pedicelo antenal liso, espinas que surgen del segundo segmento antenal que no son grandes, un par de setas oculares, cuatro pequeñas setas que surgen en el margen anterior del protórax entre las principales setas antemarginales y un peine microtrichial en

el segmento IX del abdomen que está completo y bien desarrollado en esta especie (Hunter & Ullman 1989).

2.6.3 Biología y ciclo

El periodo de duración de huevo a adulto de *F. occidentalis* a temperatura de 27 °C es de 10.2 días. A esta temperatura, una hembra adulta produce un promedio de 76.6 huevos en su vida. Existen dos estadios ninfales activos y dos estadios pupales que no se alimentan. La etapa de huevo es de 3.07, ninfa I 1.78, ninfa II 2.38, etapa de prepupa y pupa 2.04 días. El trips occidental de las flores se alimentan perforando las células de las plantas con sus partes bucales y aspirando los contenidos. La adición de polen aumenta la fecundidad y reduce el tiempo de desarrollo, principalmente durante la etapa ninfal (Hunter & Ullman 1989; Zhang *et al.*, 2007).

F. occidentalis tiene un sistema de reproducción haplodiploide, con hembras que se desarrollan a partir de huevos fertilizados y machos de huevos no fertilizados. En la reproducción arrenotoca, las hembras vírgenes de *F. occidentalis* inicialmente producen descendencia masculina; más tarde, cuando sus hijos son sexualmente maduros, las madres comienzan la reproducción bisexual mediante el apareamiento edípico con sus hijos. Debido a que una hembra virgen produce muchas crías masculinas antes de que se produzca el apareamiento edípico, es común el apareamiento edípico múltiple (Ding *et al.*, 2018).

2.6.4 Ecología y Hospederos

El desarrollo del trips occidental de las flores, depende de la temperatura y del huésped. Sin embargo, en la mayoría de los casos es muy rápido por lo que puede tener múltiples generaciones en una temporada de cultivo. La temperatura óptima para su desarrollo es de 25-30° C (Reitz, 2009).

F. occidentalis es versátil y oportunista. La cría se produce en una amplia gama de especies de plantas en muchos hábitats diferentes, desde las tierras bajas

hasta las zonas húmedas a áridas. *F. occidentalis* es una especie altamente polífaga con al menos 200 especies de plantas de más de 65 familias que son hospederos (CABI, 2018).

2.6.5 Etología

El trips occidental de las flores ha mostrado variación en el comportamiento y el ciclo de vida debido a los distintos factores del clima y los múltiples hospederos. La complejidad de las flores y el hecho de ser un insecto pequeño, permite a los trips ocultarse en distintos espacios diminutos donde pueden alimentarse, pupar o protegerse de cualquier peligro (Reitz, 2009). Teerling et al. (1993) identificaron la feromona de alarma del trips occidental que contiene dos componentes, acetato de decilo y acetado de dodecilo. Los machos adultos forman agregados de apareamiento en objetos brillantes e iluminados por el sol, como las flores. Las hembras visitan las agregaciones, se aparean y luego se van. Machos y hembras son atraídos por colores como el azul, blanco y violeta en presencia de mayor reflectancia UV, colores que presentan las flores de algunos cultivos de importancia económica (Terry & Dyreson, 1996). Debido a la atracción visual del trips y de olores, Mainali & Lim (2008) registraron en República de Corea del Sur, una trampa de modelo de flores imitando la flor de crisantemo como un nuevo método para atraer el trips en el laboratorio y en un invernadero de fresa.

La temperatura y el viento son factores que determinan el vuelo y distancia de desplazamiento de los trips, aunque también se ha demostrado que las feromonas influyen en el vuelo, lo que favorece su captura en el aire (Hamilton et al., 2005). Además, de estos factores, la velocidad del viento se asocia positivamente con la actividad de dispersión de los adultos de *F. occidentalis*. La dirección predominante del viento no influye en el patrón de dispersión de *F. occidentalis*. En investigaciones del cultivo de frijol, *F. occidentalis* se mueve hasta 7.2 m en el primer día (Nyasani et al., 2017). Para estimular las poblaciones y aumentar el número de capturas, se han conjugado las trampas pegajosas color

azul con un semiquímico, como una herramienta más del manejo integrado de los trips (Abdullah *et al.*, 2015).

2.6.6 Daños e interacción insecto-planta

Los daños que produce *F. occidentalis* son por la oviposición, alimentación y transmisión del virus de la familia *Tospoviridae* a más de 1200 especies de plantas (Montero-Astúa *et al.*, 2016). Las pérdidas anuales registradas en todo el mundo por la marchitez manchada de tomate (TSWV), se estiman en más de \$ 1 mil millones USD (Prins & Goldbach, 1998). Los trips tienen piezas bucales perforadoras que les permiten alimentarse de diferentes tipos de células vegetales y en múltiples sitios de la planta (Hunter & Ullman, 1989). La alimentación del polen durante la etapa de floración genera malformaciones de los frutos de fresa y zarzamora (Rebollar-Alviter, 2011; Renkema *et al.*, 2018). Todas las etapas de flor y fruta son susceptibles al daño de trips en el cultivo de fresa, sin embargo, las ninfas causan casi el doble de daño que los adultos (Sampson & Kirk, 2016). Los daños son estéticos en cultivos ornamentales como las rosas y crisantemos, pues afectan la apariencia de las flores y reducen su calidad en el mercado (Pizzol *et al.*, 2010). Existen sitios de preferencia de oviposición que dañan el tejido al romper la epidermis, causando oscurecimiento de las zonas y mala absorción de CO₂. En plantas de pepino tiene preferencias por ovipositar en las hojas verdes, en tomates la colocación de los huevos en los frutos provoca hendiduras que deforman los frutos (Kiers *et al.*, 2000). Las poblaciones altas de *F. occidentalis* generalmente ocurren en temporadas secas y calientes desde mediados hasta fines del verano. Las poblaciones de trips se desplazan de manera agregada dentro de los cultivos. A menos que el cultivo se encuentre cerca de una fuente importante de trips, como una granja de flores, el monitoreo semanal debe proporcionar una advertencia adecuada de que la densidad de población de trips está llegando a un nivel crítico (Steiner & Goodwin, 2005).

2.6.7 Resistencia a insecticidas

La base de datos de resistencia a los plaguicidas de los artrópodos que mantiene la Universidad Estatal de Michigan (www.pesticideresistance.org), enumera al menos 175 casos documentados de resistencia a insecticidas en poblaciones de *F. occidentalis* de todo el mundo. Estos casos de resistencia implican insecticidas en por lo menos siete de las clases químicas actualmente reconocidas por el Comité de Acción de Resistencia a Insecticidas (IRAC) los primeros casos datan en 1990 (Gao *et al.*, 2012).

Los estudios que utilizaron el sinergista de butóxido de piperonilo revelaron que la desintoxicación mediada por las monooxigenasas del citocromo P-450, es el principal mecanismo de resistencia a los insecticidas piretroides y carbamatos en *F. occidentalis* (Espinosa *et al.*, 2005). Los receptores nicotínicos de acetilcolina (nAChR), un objetivo molecular para espinosinas y neonicotinoides, han demostrado que las mutaciones en nAChR contribuyen al alto nivel de resistencia a estas dos clases de insecticidas en *F. occidentalis* (Wan *et al.*, 2018). La mutación puntual en quitina sintasa 1 confiere resistencia a las benzilureas, la glutatión S-transferasas en la resistencia a los piretroides, proteínas relacionadas con el desarrollo de resistencia a clorpirifos, el citocromo P450 monooxigenasas y CarE fue un mecanismo importante para la resistencia al tiametoxam (Gao *et al.*, 2014; Yan *et al.*, 2015; Suzuki *et al.*, 2017).

2.6.8 Bioecología de *F. occidentalis*

Algunos aspectos de bioecología se han descrito para *F. occidentalis*, cada uno de manera aislada y en una amplia gama de cultivos. En cultivo de pepino de invernadero, *Cucumis satifus* (L.) se determinó que la mayoría de los huevos se depositan en las hojas a lo largo de las venas y debajo de los pelos de las hojas, y solo unos pocos se colocan en tallos y flores (Kiers *et al.*, 2000). La tasa de oviposición se ve relacionada con el fotoperiodo; *F. occidentalis* tiene mayor actividad diurna (Whittaker & Kirk, 2004). El polen de pino *Pinus* spp. (Pinaceae)

aumenta la tasa de oviposición (Riley *et al.*, 2007). En su caso, Allsopp, (2010) confirmó que *F. occidentales* se introduce en flores de ciruela (*Prunus salicina* Lindl.) para poner huevos en los ovarios y otras partes de las flores antes de que los pétalos estén completamente abiertos, es decir, el daño por *F. occidentalis* puede ocurrir antes de que las flores abran.

Los estudios de la etapa de pupación de *F. occidentalis* han sido poco abordadas, debido a su comportamiento críptico y a que la mayoría de los trips se dejan caer en el suelo, no son fáciles de controlar con insecticidas químicos (Berndt *et al.*, 2004). Las ninfas se desarrollan en la etapa prepupal a una profundidad de entre 1,5 y 2,0 cm del suelo. La prepupa ya cuenta con brotes de ala y antenas, mismas que son más cortas que en adultos y no están segmentadas. Las prepupas tienen un color blanquecino y son inmóviles a menos que sean perturbadas. Al convertirse en una pupa, el insecto aún permanece debajo de la superficie del suelo y presenta antenas más largas que se curvan hacia atrás de la cabeza. El adulto emerge en la última muda y presenta un color blanquecino que se vuelve cada vez más oscuro en las 48 horas posteriores a la muda. Poco después de la emergencia del suelo, el trips adulto se alimenta de las hojas y flores de la planta huésped. El adulto comienza a poner huevos en tejidos parenquimatosos de su planta huésped dentro de las 72 h posteriores a la emergencia (Tommasini & Maini, 1995; Moritz, 1997). Al final de la segunda etapa ninfal, los trips dejan de alimentarse y caen al suelo o la hojarasca debajo de la planta y luego ingresan al suelo para pupar. La mayoría de las estrategias de manejo de trips se enfocaron en adultos y ninfas en las partes sobre el suelo de la planta en lugar de las etapas pupales que habitan en el suelo (Berndt *et al.*, 2004; Ansari *et al.*, 2007). *F. occidentalis* puede variar su comportamiento de pupación en diferentes plantas hospedadoras, dependiendo de la estructura y complejidad de la planta y la flor. Broadbent *et al.* (2003) evaluaron la incidencia de trips que pupan en el suelo y flor, concluyeron que *F. occidentalis* puede pupar en los flósculos de las inflorescencias de crisantemo. En presencia de flores, especialmente de inflorescencias complejas como crisantemos, una gran

proporción de *F. occidentalis* elige quedarse en la planta para pupar (Buitenhuis & Shipp, 2008). Steiner et al. (2011) y Holmes et al. (2012) encontraron la influencia directa de la humedad relativa en el comportamiento de pupación de *F. occidentalis*.

Requisitos previos para las estrategias de manejo integrado de plagas son los patrones de colonización de cultivos o las preferencias de las plantas hospedadoras de *F. occidentalis* (Hondelmann et al., 2017). En ausencia de cultivos agrícolas, los adultos tienen hospederos alternos, en los cuales sobreviven y se mantienen las poblaciones para posteriormente colonizar al cultivo. Las malezas y la vegetación silvestre en y alrededor de los huertos proporcionan una fuente continua de infestación potencial mientras las flores sigan siendo atractivas y vulnerables a *F. occidentalis*. La alimentación de *F. occidentalis* está influenciada directamente con la tasa de oviposición (Steinbach et al., 2012). Por su parte, Nyasani et al. (2013) analizaron los cultivos asociados a frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) como posibles reservorios de oviposición y alimentación de *F. occidentalis* y determinaron que el cultivo asociado de calabaza (*Cucurbita pepo* L.) y la maleza *Galinsoga parviflora* Cav. se muestran como fuente potencial de reservorios de *F. occidentalis* en cultivos de frijol. Se han evaluado las distintas plantas como hospederos de *F. occidentalis* en cultivos de frutales (Broughton et al., 2015), tomate (Macharia et al., 2016) y frijol *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) (Nyasani et al., 2013). Silva et al. (2018) investigaron las relaciones genéticas entre trips en algodón y otras especies de plantas hospederas y concluyeron que los trips resultaron ser genéticamente idénticos, los trips se mueven hacia las plantas de algodón de las poblaciones cercanas a las malezas. Las malezas desempeñan un papel importante en la ecología poblacional de los trips en la colonización de cultivos.

2.7 Análisis Espacial aplicado al estudio de las plagas

La variación espacial de las plagas es determinada por factores bióticos, factores abióticos y su interacción poblacional. La disposición espacial de una plaga está

influenciada por las infestaciones iniciales en el cultivo, disposición de alimentos, hospederos alternos, patrón de reinvasión, invernación, reproducción, compuestos volátiles vegetales, entre otros (Mazzi & Dorn, 2012; Sciarretta & Trematerra, 2014).

El análisis espacial de poblaciones de insectos es parte importante en el manejo integrado de plagas (Brenner *et al.*, 1998). Dichos análisis se han incorporado a las estrategias de MIP, con el objetivo de describir el comportamiento espacial y ecología. La información espacial expresada en mapas de distribución ayuda en el desarrollo y ejecución de un manejo de plagas espacialmente focalizado (por ejemplo, el manejo de plagas en áreas específicas o en sitios específicos) al tomar decisiones de manejo basadas en la información del mapa (Duarte *et al.*, 2015). Existen diversos métodos de análisis espacial usados ampliamente para el manejo integrado de plagas, que aportan información en la toma de decisiones, tales casos como; *Diaphorina citri* (Kuwayama) con la binomial negativa (Costa *et al.*, 2010); *Delia coarctata* con semivariogramas (Rogers *et al.*, 2015) y *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) con el índice de dispersión de Morisita (García & Godoy, 2017).

La columna vertebral del análisis geoestadístico es la determinación de la estructura de autocorrelación entre los datos y su uso en la predicción a través de las técnicas como *kriging* y *co-kriging*. El primer paso para entender los procesos ecológicos es identificar sus patrones espaciales (Giraldo, 2002; Gallardo, 2006).

2.7.1 Semivariograma

Un semivariograma es una herramienta de la geoestadística que representa la autocorrelación espacial entre los puntos de muestreo en el espacio (Sciarretta & Trematerra, 2014; Duarte *et al.*, 2015). Describe la variabilidad espacial de un fenómeno de interés, donde se responde a la siguiente pregunta; ¿Qué tan

similares son los puntos en el espacio a medida que estos se encuentran más alejados? (Gallardo, 2006).

La formulación teórica del variograma de una función intrínseca aleatoria esta expresado por:

$$y^* (h) = \frac{1}{2 N (h)} \sum_{i=1}^{N (h)} [z (x_i + h) - z (x_i)]^2$$

Donde:

$y^* (h)$ es el valor experimental del semivariograma para el intervalo de distancia h

$N (h)$ es el número de pares separados por el intervalo de distancia h

$z (x_i)$ es el valor de la variable de interés en el punto muestral

x_i y $z (x_i + h)$ es el valor de la variable de interés en el punto muestral $x_i + h$

Los puntos x y $x+h$ se debe entender que pueden estar en un espacio de n dimensiones como $n=1, 2$ ó 3 . En todos los casos es necesario determinar gama (h) en todas las direcciones posibles para identificar la orientación del comportamiento.

Las propiedades del semivariograma se muestran en la siguiente Figura 1.

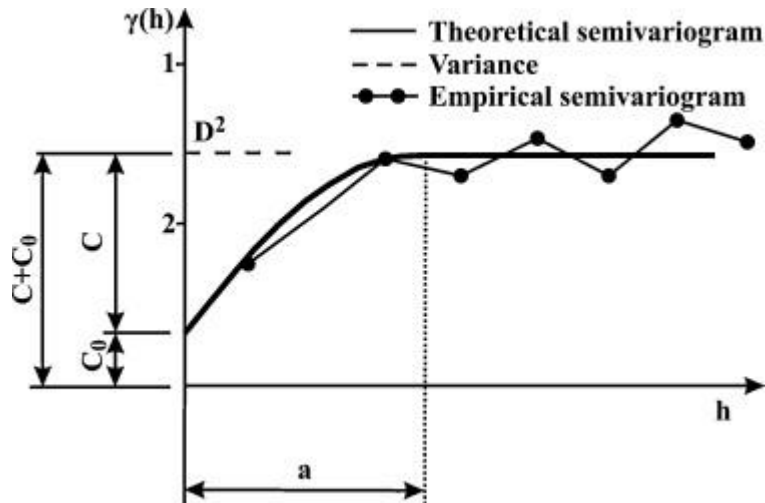


Figura 1. Propiedades del semivariograma, donde " a " es rango, " C " el umbral reducido y " C_0 " para el efecto pepita, " h " para la distancia de retardo y " D^2 " para la varianza (Füst, 2004).

- Efecto Pepita: Se denota por C_0 y representa una discontinuidad puntual del semivariograma en el origen.
- Meseta: Aparece como una función de aumento monótono que llega a un punto donde se estabiliza, el umbral ($C_0 + C$), representado por la asíntota del modelo, equivalente a la varianza de la muestra
- Rango: En términos prácticos corresponde a la distancia a partir de la cual dos observaciones son independientes (Webster & Oliver, 2007; Kovács *et al.*, 2012).

La aplicación de semivariogramas sobre la distribución de poblaciones de insectos, permite analizar la estructura espacial de la variable de interés (Duarte *et al.*, 2015). Algunos estudios de distribución espacial de plagas de importancia agrícola son, *Ephestia kuehniella* (Athanassiou *et al.*, 2016), *Tuta absoluta* (Martins *et al.*, 2018), *Anarsia lineatella* (Damos, 2018), *Azteca barbifex* (Farias *et al.*, 2018), entre otros.

2.7.2 Tipos de semivariogramas

Los modelos de semivariograma más utilizados son los esféricos, exponencial, gaussiano y puro efecto pepita.

Modelo esférico. Es uno de los más empleados en la práctica, cuando se presenta una distribución espacial en agregados. Se caracteriza porque alcanza la meseta para una distancia finita ($h=a$). Es indicativo de fenómenos continuos, aunque no derivables. Es decir, fenómenos cuya representación puede presentar quiebros.

Modelo exponencial. Este modelo se aplica cuando la dependencia espacial tiene un crecimiento exponencial respecto a la distancia entre las observaciones. También, al igual que el modelo esférico, el semivariograma exponencial es representativo de fenómenos continuos salvo en un conjunto de puntos (en una dimensión), líneas (en dos dimensiones) o planos (en tres dimensiones).

Modelo Gaussiano. Al igual que en el modelo exponencial, la dependencia espacial se desvanece solo en una distancia que tiende a infinito.

Efecto pepita puro. Este modelo es indicativo de un fenómeno sin ningún tipo de autocorrelación espacial, corresponde a un fenómeno puramente aleatorio, sin correlación entre muestras, independientemente de la distancia que separa a h (Webster & Oliver, 2007)

Efecto agujero. Es indicativo de fenómenos con componentes periódicos o casi periódicos. Este puede ser usado para representar procesos regularmente continuos y que muestran un comportamiento periódico, el cual es frecuentemente encontrado, donde existe una sucesión de zonas ricas y pobres.

Modelos monómicos. Se emplean para representar fenómenos no estacionarios (Samper & Carrera, 1996; Webster & Oliver, 2007).

Finalmente, para conocer el grado de relación entre los datos correspondientes resulta importante establecer el nivel de dependencia espacial. Este valor se obtiene al dividir el efecto pepita entre la meseta y expresando en porcentaje el resultado. Si el resultado es menor de 25% el nivel de dependencia espacial es alta, si se encuentra entre 26 y 75% el nivel de dependencia espacial es moderado y si es mayor del 76% el nivel de dependencia es bajo (Cambardella *et al.*, 1994).

2.8 Análisis SADIE

Otra metodología dentro de los nuevos desarrollos de la estadística espacial se encuentra la metodología llamada SADIE (Análisis Espacial por Índices de Distancia) que ha sido desarrollada por el Dr. Joe N. Perry del Departamento de Entomología y Nematología de Rothamsted Experimental Station (Reino Unido). SADIE tiene como objetivo identificar el modelo espacial para datos bidimensionales, con un índice asociado de la agregación y de una prueba para la desviación de la aleatoriedad basada en un algoritmo de atracción, el cual incorpora un modelo biológico para la dispersión de individuos de un origen en el que a cada individuo se le asigna un territorio dinámico. A grandes rasgos, una variable determinada puede tener fundamentalmente tres tipos de patrón espacial: agregado, regular o aleatorio. Utilizando una serie de índices de distancia, y apoyándose de forma importante en representaciones gráficas, SADIE permite caracterizar el patrón espacial de una variable dada dentro de la zona de estudio, así como estimar la contribución de cada punto de muestreo al patrón espacial global (Perry, 1998; Maestre, 2003).

La metodología de análisis espacial por índices de distancia SADIE se ha utilizado en una amplia gama de disciplinas de investigación, como la ecología de animales (Towerton *et al.*, 2016), ecología de ecosistemas (Silveira *et al.*, 2018), manejo forestal (Hirobe *et al.*, 2015), entomología (Kabir *et al.*, 2018), fitopatología (Pethybridge *et al.*, 2018), botánica (Hughes, 2017), ecosistemas

(Quero, 2006) Ciencia de malezas (Kulkarni *et al.*, 2017) y control biológico (Amaral *et al.*, 2016).

Los puntos de referencia y geoestadísticos pueden proporcionar una interpretación completa de los patrones espaciales de una plaga, lo que permite determinar, el índice de agregación (I_a), los sitios específicos de agregación y las primeras infestaciones de un cultivo a través del tiempo (Perry, 1995). La metodología de SADIE ha sido de gran utilidad en el estudio de plagas como *Ceutorhynchus pallidactylus* Marsham, 1802 y *Brassicoglyphus aeneus* Fabricius, 1775 (Hlavjenka *et al.*, 2017), asociación de *Therioaphis maculata* Buckten e *Hippodamia variegata* (Goeze) (Shayestehmehr *et al.*, 2017), *Megacopta cribraria* (F.) (Knight *et al.*, 2017) y *Riptortus pedestris* (Fabricius) (Jung & Lee, 2018).

El índice de agregación, I_a , proporciona una medida general del patrón espacial para un conjunto de datos e indica la naturaleza de dicho patrón, así como su significación estadística (Perry, 1998). I_a se estima al dividir el valor observado de D (distancia de la regularidad, que es la distancia total que se han desplazado los individuos en la zona de estudio) por el valor medio obtenido a partir de permutaciones. Usualmente, se dice que una muestra es agregada si $I_a > 1$, la muestra es espacialmente aleatoria si $I_a = 1$, y la muestra es regular si $I_a < 1$ (Perry, 1998; Quero, 2006). Un valor de P_a proporciona una prueba formal de aleatoriedad; la hipótesis nula de aleatoriedad espacial se puede rechazar, si $P_a < 0.025$ (en favor de una hipótesis alternativa de agregación), o si $P_a > 0.975$ (en favor de la alternativa de regularidad) dando el usual 5% de probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es verdad (Perry, 1998).

Li *et al.* (2012) demostraron que la metodología de SADIE para el cálculo de los índices de agrupación local, estadísticas clave del programa, no se ajusta adecuadamente a la ubicación absoluta o la magnitud de los conteos. Fue entonces que definieron un nuevo índice de agrupación local, que supera el problema asociado con los índices de agrupación originales relacionados con la

posición de muestreo y el tamaño del conteo. SADIE es una herramienta eficiente para recuento de datos, sin embargo, presenta inconvenientes como el llamado efecto de borde (Xu & Madden, 2003; Lavigne *et al.*, 2010). El nuevo índice se calcula sin romper el vínculo entre el recuento observado y su posición original y cuantifica la contribución de un recuento observado en esta posición particular a los huecos o parches locales para el patrón observado en relación con el esperado, bajo el supuesto de dependencia espacial entre conteos observados (Li *et al.*, 2012).

2.8.1 Análisis espacial aplicados al estudio *Frankliniella occidentalis*

Cho *et al.* (1998) y Cho *et al.* (2001) indicaron con la Ley de potencial de Taylor que *F. occidentalis* mostraban una distribución agregada, De igual manera Mateus *et al.* (2004) usó las mismas herramientas estadísticas, Ley de potencial de Taylor y regresión de parches de Iwao. En cultivo de rosas las poblaciones empezaron con una distribución aleatoria con una tendencia de agregación. Kasina *et al.*, (2009) usaron el software Genstat Statistical Software, concluyendo la importancia de tratar las poblaciones tempranas de *F. occidentalis*, y el constante monitoreo con ayuda de las trampas pegajosas. También Park *et al.* (2009) evaluaron la dinámica espacial de inmaduros y adultos de *F. occidentalis*. Para el análisis de comparación usaron el índice de Green, la ley de potencia de Taylor y el análisis espacial de los índices de distancia (SADIE). Se encontró que los trips tuvieron una distribución agregada. Asimismo, Atakan & Bayram (2011) encontraron que las poblaciones de *F. occidentalis* se encontraron concentradas en las partes superiores de las plantas. El análisis de la ley de potencia de Taylor mostró que los adultos de *F. occidentalis* mostraron un patrón agregado. Salvalaggio *et al.* (2017) encontraron que los trips presentan un patrón de distribución aleatorio en la primera mitad de desarrollo del cultivo, y presentaron un patrón agregado e la segunda mitad, los análisis fueron realizados bajo una comparación con las distribuciones esperadas bajo la Binomial, Poisson y modelos binomial negativa. Zhang *et al.* (2018) evaluaron la distribución espacial

de *F. occidentalis* en cultivo de pimiento, con la metodología de bondad de ajuste de chi-cuadrada índices de agregación y de regresión lineal. El trips mostró una distribución agregada causada por la heterogeneidad ambiental.

2.9 Literatura citada

- Abdullah, Z. S., Greenfield, B. P., Ficken, K. J., Taylor, J. W., Wood, M., & Butt, T. M. (2015). A new attractant for monitoring western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* in protected crops. *Springer Plus*, 4, 1-9
- Acosta-Gonzalez, U., Hernandez-Castrejon, J., Rebollar-Alviter, A., Silva-Rojas, H. V., Romero-Bautista, A., & Gonzalez-Villegas, R. (2018). Effect of chemical, biological fungicides and resistance inducers for the management of blackberry wilt caused by *Fusarium oxysporum*. In *Phytopathology*, 108, 175-176. Consultado en <https://www.researchgate.net/>
- Agrawal, A. A., Karban, R., & Colfer, R. G. (2000). How leaf domantia and induced plant resistance affect herbivores, natural enemies and plant performance. *Oikos*, 89, 70-80.
- Allsopp, E. (2010). Investigation into the apparent failure of chemical control for management of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), on plums in the Western Cape Province of South Africa. *Crop Protection*, 29, 824-831.
- Amaral, D. S., Venzon, M., dos Santos, H. H., Sujii, E. R., Schmidt, J. M., & Harwood, J. D. (2016). Non-crop plant communities conserve spider populations in chili pepper agroecosystems. *Biological Control*, 103, 69-77.
- ANEBERRIES (2018). Asociación Nacional de Exportadores de Berries. En línea www.aneberries.mx/ consultado el 18 de noviembre de 2018.

- Ansari, M. A., Shah, F. A., Whittaker, M., Prasad, M., & Butt, T. M. (2007). Control of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) pupae with *Metarhizium anisopliae* in peat and peat alternative growing media. *Biological Control*, 40(3), 293-297.
- Atakan, E., & Bayram, A. (2011). Distributions of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) and its predatory bug *Orius niger* (Hemiptera: Anthocoridae) assessed by coloured sticky traps and plant samplings in cotton. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 44, 1595-1608.
- Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G., Sciarretta, A., & Trematerra, P. (2016). Mating disruption of *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) in a storage facility: spatio-temporal distribution changed after long-term application. *Journal of Stored Products Research*, 67, 1-12.
- Berg, L. (2008). CHAPTER 9: *Flowers, Fruits and Seeds*. In: *Introductory Botany: Plants, People and the Environment* (2nda Edición). Editores. 174-197pp. E.U.A. ThomsonBrooks/Cole
- Berndt, O., Meyhöfer, R., & Poehling, H. M. (2004). The edaphic phase in the ontogenesis of *Frankliniella occidentalis* and comparison of *Hypoaspis miles* and *Hypoaspis aculeifer* as predators of soil-dwelling thrips stages. *Biological Control*, 30, 17-24.
- Broadbent, A. B., Rhainds, M., Shipp, L., Murphy, G., & Wainman, L. (2003). Pupation behaviour of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) on potted chrysanthemum. *The Canadian Entomologist*, 135, 741-744.
- Broughton, S., Bennington, J. M. A., & Cousins, D. A. (2015). Thrips (Thysanoptera) damage to apples and nectarines in Western Australia. *Crop Protection*, 72, 47-56.
- Buitenhuis, R., & Shipp, J. L. (2008). Influence of plant species and plant growth stage on *Frankliniella occidentalis* pupation behaviour in greenhouse ornamentals. *Journal of Applied Entomology*, 132, 86-88.

- CABI (2018). CABI, current year. Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. www.cabi.org/isc.
- Cambardella, C. A., Moorman, T. B., Parkin, T. B., Karlen, D. L., Novak, J. M., Turco, R. F., & Konopka, A. E. (1994). Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58, 1501-1511.
- Carisse, O., & Bouchard, J. (2010). Age-related susceptibility of strawberry leaves and berries to infection by *Podosphaera aphanis*. *Crop Protection*, 29, 969–978.
- Castro-Sosa, R., Castillo-Peralta, M. D. R., Monterroso-Rivas, A. I., Gómez-Díaz, J. D., Flores-González, E., & Rebollar-Alviter, Á. (2017). Potential distribution of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in relation to alternate hosts in Mexico. *Florida Entomologist*, 100, 787-794.
- Childers, C. C., & Achor, D. S. (1995). Thrips feeding and oviposition injuries to economic plants, subsequent damage and host responses to infestation. In *Thrips biology and management*, 19, 31-51.
- Cho, K., Kang, S. H., & Lee, J. O. (1998). Spatial distribution of thrips in greenhouse cucumber and development of a fixed-precision sampling plan for estimating population density. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 1, 163-170.
- Cho, K., Lee, J. H., Park, J. J., Kim, J. K., & Uhm, K. B. (2001). Analysis of spatial pattern of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on greenhouse cucumbers using dispersion index and spatial autocorrelation. *Applied Entomology and Zoology*, 36, 25-32.
- Chollett, D. L. (2009). From sugar to blackberries: Restructuring agro-export production in Michoacán, Mexico. *Latin American Perspectives*, 36, 79-92.
- Clark, J. R., Stafne, E. T., Hall, H. K., & Finn, C. E. (2007). Blackberry breeding and genetics. *Plant Breeding Reviews*, 5, 27-43.

- Costa, M. G., Barbosa, J. C., Yamamoto, P. T., & Leal, R. M. (2010). Spatial distribution of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) in citrus orchards. *Scientia Agricola*, 67, 546-554.
- Cubillos-Salamanca, Y. P. (2017). *Especies de trips asociadas a cultivos comerciales de zarzamora en Michoacán y Jalisco y estado de la resistencia a insecticidas de uso común*. (Tesis Maestría, Universidad Autónoma Chapingo, Edo. De México. Consultada en: www.chapingo.mx
- Damos, P. (2018). Geostatistical characterization of fruit damage caused by *Anarsia lineatella* (Lepidoptera: Gelechiidae) in organic fruit orchards and implications for its management. *International Journal of Pest Management*, 64, 148-156.
- Demirozer, O., Tyler-Julian, K., Funderburk, J., Leppla, N., & Reitz, S. (2012). *Frankliniella occidentalis* (Pergande) integrated pest management programs for fruiting vegetables in Florida. *Pest Management Science*, 68, 1537-1545.
- Ding, T., Chi, H., Gökçe, A., Gao, Y., & Zhang, B. (2018). Demographic analysis of arrhenotokous parthenogenesis and bisexual reproduction of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *Scientific Reports*, 8, 3346.
- Duarte, F., Calvo, M. V., Borges, A., & Scatoni, I. B. (2015). Geostatistics applied to the study of the spatial distribution of insects and its use in integrated pest management. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*, 35, 9-20.
- Dubuffet, A., Colinet, D., Anselme, C., Dupas, S., Carton, Y., & Poirié, M. (2009). Variation of *Leptopilina boulardi* success in *Drosophila* hosts: what is inside the black box?. *Advances in Parasitology*, 70, 147-188.
- Espinosa, P. J., Contreras, J., Quinto, V., Grávalos, C., Fernández, E., & Bielza, P. (2005). Metabolic mechanisms of insecticide resistance in the western

- flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Pest Management Science*, 61, 1009-1015.
- Farias, P. R. S., Harada, A. Y., Filgueiras, C. C., & Lima, B. G. (2018). Mapping *Azteca barbifex* Forel (Hymenoptera: Formicidae) dispersal in georeferenced orange (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) orchard in the Eastern Amazon, Brazil. *Insectes Sociaux*, 65, 345-350.
- Fatemikia, S., Abbasipour, H., Karimi, J., Saeedizadeh, A., & Gorjan, A. S. (2014). Efficacy of *Elettaria cardamomum* L. (Zingiberaceae) essential oil on the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 47(8), 1008–1014.
- Fernández-Ortuño, D., Grabke, A., Bryson, P. K., Beasley, E. D., Fall, L. A., Brannen, P. M., & Schnabel, G. (2014). First report of fludioxonil resistance in *Botrytis cinerea* from a blackberry field in Georgia. *Plant Disease*, 98(6), 848-848.
- Gallardo, A. (2006). Geoestadística. Ecosistemas, *Revista Científica y Técnica de Ecología del Medio Ambiente*, 15, 48-58
- Gao, C. F., Ma, S. Z., Shan, C. H., & Wu, S. F. (2014). Thiamethoxam resistance selected in the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae): Cross-resistance patterns, possible biochemical mechanisms and fitness costs analysis. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 114, 90-96.
- Gao, Y., Lei, Z., & Reitz, S. R. (2012). Western flower thrips resistance to insecticides: Detection, mechanisms and management strategies. *Pest Management Science*, 68, 1111–1121.
- Garcia, A. G., & Godoy, W. A. C. (2017). A theoretical approach to analyze the parametric influence on spatial patterns of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) populations. *Neotropical Entomology*, 46, 283-288.

- Giraldo, R. 2002. Introducción a la geoestadística: Teoría y aplicación. En: Simposio de Estadística de la Universidad Nacional de Colombia (12°, 2002, Universidad de Colombia) 2002. Bogota. Departamento de Estadística, Universidad Nacional de Colombia. 93p.
- Hlavjenka, V., Seidenglanz, M., & Šafář, J. (2017). Spatio-temporal Distributions and Associations of Cabbage Stem Weevil (*Ceutorhynchus Pallidactylus* Marsham, 1802) and Pollen Beetle (*Brassicogethes Aeneus* Fabricius, 1775) in winter oilseed rape. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 65, 839-847.
- Hamby, K. A., Bolda, M. P., Sheehan, M. E., & Zalom, F. G. (2014). Seasonal monitoring for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in California commercial raspberries. *Environmental Entomology*, 43, 1008-1018.
- Hamilton, J. G., Hall, D. R., & Kirk, W. D. (2005). Identification of a male-produced aggregation pheromone in the western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. *Journal of Chemical Ecology*, 31, 1369-1379.
- Harvey, N., & Xu, X. M. (2010). Powdery mildew on raspberry is genetically different from strawberry powdery mildew. *Journal of Plant Pathology*, 92(3), 775–779.
- Hirobe, M., Miyamoto, S., Sakamoto, K., Kondo, J., Otoda, T., Akaji, Y., & Yamanaka, N. (2015). The spatial distributions of understory trees in relation to dwarf bamboo cover in a cool-temperate deciduous broadleaf forest in Japan. *Journal of Forest Research*, 20, 357-362.
- Hondelmann, P., Nyasani, J. O., Subramanian, S., & Meyhöfer, R. (2017). Genetic structure and diversity of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* in a French bean agroecosystem of Kenya. *International Journal of Tropical Insect Science*, 37, 71-78.
- Hughes, F. M. (2017). Spatial pattern and cover effect on the abundance of a currently obliterated population of *Melocactus violaceus*: a threatened

- species in Brazilian sandy coastal plain. *Brazilian Journal of Botany*, 40, 915-922.
- Hunter, W. B., & Ullman, D. E. (1989). Analysis of mouthpart movements during feeding of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) and *F. schultzei* Trybom (Thysanoptera: Thripidae). *International journal of insect morphology and Embryology*, 18, 161-171.
- Jung, M., & Lee, D. H. (2018). Characterization of Overwintering Behaviors and Sites of Bean Bug, *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae), Under Laboratory and Field Conditions. *Environmental Entomology*, 47, 1280-1286.
- Kabir, M. F., Mwamula, A. O., Lee, J. K., Jeong, M., Lee, D., & Park, J. J. (2018). Spatial distribution of *Heterodera trifolii* in Chinese cabbage fields. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 21, 688-694.
- Kasina, M., Nderitu, J., Nyamasyo, G., Waturu, C., Olubayo, F., Obudho, E., & Yobera, D. (2009). Within-plant distribution and seasonal population dynamics of flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) infesting French beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Kenya. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 7, 652-659.
- Kiers, E., De Kogel, W. J., Balkema-Boomstra, A., & Mollema, C. (2000). Flower visitation and oviposition behavior of *Frankliniella occidentalis* (Thysan., Thripidae) on cucumber plants. *Journal of Applied Entomology*, 124, 27-32
- Kirk, W. D., & Terry, L. I. (2003). The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Agricultural and Forest Entomology*, 5, 301-310.
- Klesener, D. F., dos Santos, R. S. S., Gebler, L., & de Ross Marchioretto, L. (2018). Population fluctuation and infestation of *Drosophila suzukii* in berry crops in Southern Brazil. *African Journal of Agricultural Research*, 13, 499-511.

- Knight, I. A., Roberts, P. M., Gardner, W. A., Oliver, K. M., Reay-Jones, F. P., Reising, D. D., & Toews, M. D. (2017). Spatial Distribution of *Megacopta cribraria* (Hemiptera: Plataspidae) Adults, Eggs and Parasitism by *Paratelenomus saccharalis* (Hymenoptera: Platygasteridae) in Soybean. *Environmental Entomology*, 46, 1292-1298.
- Kulkarni, S. S., Dossall, L. M., Spence, J. R., & Willenborg, C. J. (2017). Field density and distribution of weeds are associated with spatial dynamics of omnivorous ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 236, 134-141.
- Lavigne, C., Ricci, B., Franck, P., & Senoussi, R. (2010). Spatial analyses of ecological count data: a density map comparison approach. *Basic and Applied Ecology*, 11, 734-742.
- Li, B., Madden, L. V., & Xu, X. (2012). Spatial analysis by distance indices: an alternative local clustering index for studying spatial patterns. *Methods in Ecology and Evolution*, 3, 368-377.
- Macharia, I., Backhouse, D., Wu, S. B., & Ateka, E. M. (2016). Weed species in tomato production and their role as alternate hosts of Tomato spotted wilt virus and its vector *Frankliniella occidentalis*. *Annals of applied biology*, 169, 224-235.
- Maestre, F. T., Cortina, J., Bautista, S., Bellot, J., & Vallejo, R. (2003). Small-scale environmental heterogeneity and spatiotemporal dynamics of seedling establishment in a semiarid degraded ecosystem. *Ecosystems*, 6, 630-643.
- Mainali, B. P., & Lim, U. T. (2008). Evaluation of chrysanthemum flower model trap to attract two *Frankliniella thrips* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 11, 171-174.
- Martins, J. C., Picanço, M. C., Silva, R. S., Gonring, A. H., Galdino, T. V., & Guedes, R. N. (2018). Assessing the spatial distribution of *Tuta absoluta*

- (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs in open-field tomato cultivation through geostatistical analysis. *Pest Management Science*, 74, 30-36.
- Mateus, C., Araújo, J., & Mexia, A. (2004). Spatial distribution of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in greenhouse crops: location of infestation foci and distribution patterns. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 39, 157-164.
- Mazzi, D., & Dorn, S. (2012). Movement of insect pests in agricultural landscapes. *Annals of Applied Biology*, 160, 97-113
- Miller, T. C., Gubler, W. D., Geng, S., & Rizzo, D. M. (2003). Effects of temperature and water vapor pressure on conidial germination and lesion expansion of *Sphaerotheca macularis* f. sp. *fragariae*. *Plant Disease*, 87, 484–492.
- Moore, J. N., & Skirvin, R. M. (1990). Blackberry management. El manejo de la zarzamora. *Small*, 214-244.
- Montero-Astúa, M., Ullman, D. E., & Whitfield, A. E. (2016). Salivary gland morphology, tissue tropism and the progression of tospovirus infection in *Frankliniella occidentalis*. *Virology*, 493, 39-51.
- Nyasani, J. O., Meyhöfer, R., Subramanian, S., & Poehling, H. M. (2013). Feeding and oviposition preference of *Frankliniella occidentalis* for crops and weeds in Kenyan French bean fields. *Journal of Applied Entomology*, 137, 204-213.
- Nyasani, J. O., Subramanian, S., Orindi, B., Poehling, H. M., & Meyhöfer, R. (2017). Short range dispersal of western flower thrips in field-grown French beans in Kenya. *International Journal of Tropical Insect Science*, 37, 79-88.
- Park, J. J., Lee, D. H., Shin, K. I., Lee, J. H., & Cho, K. (2009). Analysis of spatial and temporal associations of adult and immature *Frankliniella occidentalis*

- Pergande (Thysanoptera: Thripidae) in cucumber greenhouses. *Applied Entomology and Zoology*, 44, 569-577
- Pérez-Barraza, M. H., & Vázquez-Valdivia, V. (2003). comportamiento de la zarzamora en el clima cálido. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 9, 305-314.
- Perry, J.N. (1995) Spatial analysis by distance indices. *Journal of Animal Ecology*, 64, 303–314
- Perry, J. (1998). Measures of Spatial Pattern for Counts. *Ecology*, 79, 1008-1017.
- Pertot, I., Fiamingo, F., Tizianel, A., Fratton, S., & Elad, Y. (2009). Effect of the timing of applications of control agents on *Podosphaera aphanis* and effect of fungicides on the survival of biocontrol agents on strawberry leaves. *Acta Horticulturae*, 2, 733–738.
- Pethybridge, S. J., Hay, F. S., Gorny, A., & Kikkert, J. R. (2018). Spatiotemporal Attributes and Crop Loss Associated with Tan Spot Epidemics in Baby Lima Bean in New York. *Plant Disease*, 102, 405-412.
- Pizzol, J., Nammour, D., Hervouet, P., Bout, A., Desneux, N., & Mailleret, L. (2010). Comparison of two methods of monitoring thrips populations in a greenhouse rose crop. *Journal of Pest Science*, 83, 191-196.
- Prins, M., & Goldbach, R. (1998). The emerging problem of tospovirus infection and nonconventional methods of control. *Trends in Microbiology*, 6, 31-35.
- Quero, J. L. (2006). SADIE como herramienta de cuantificación de la heterogeneidad espacial: casos prácticos en el Parque Nacional de Sierra Nevada (Granada, España). *Revista Ecosistemas*, 15, 40-47.
- Razmjou, J., Tavakkoli, H., & Nemati, M. (2009). Life history traits of *Tetranychus urticae* Koch on three legumes (Acari: Tetranychidae). *Munis Entomology and Zoology*, 4, 204-211.

- Rebollar-Alviter, A., Silva-Rojas, H. V., Zelaya-Molina, L. X., & Ellis, M. A. (2009). First report of *Peronospora sparsa* causing downy mildew (Dryberry) of *Rubus fruticosus* in Mexico. *Plant Disease*, 93, 674-674.
- Rebollar-Alviter A. (2011) Principales plagas y enfermedades de la zarzamora. En: Manejo integral de la zarzamora. 58-72 pp.
- Rebollar-Alviter A. (2011). Manejo Del mildiú y el moho gris de la zarzamora en Michoacán. *Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México*. No. Pa folleto 3535.
- Rebollar-Alviter, A., Silva-Rojas, H. V., López-Cruz, I., Boyzo-Marín, J., & Ellis, M. A. (2012). Fungicide spray programs to manage downy mildew (dryberry) of blackberry caused by *Peronospora sparsa*. *Crop Protection*, 42, 49–55.
- Reddy, G. M., Srinivasa, N., & Muralidhara, M. S. (2014). Potentiality of Cinnamomum extracts to two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch and its predator *Neoseiulus longispinosus* (Evans). *Journal of Biopesticides*, 7, 11-14.
- Reitz, S. R. (2009). Biology and ecology of the western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae): the making of a pest. *Florida Entomologist*, 92, 7-13.
- Renkema, J. M., Evans, B., & Devkota, S. (2018). Management of flower thrips in Florida strawberries with *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) and the insecticide sulfoxaflor. *Florida Entomologist*, 101, 102-108.
- Riley, D. G., Chitturi, A., & Sparks Jr, A. N. (2007). Does natural deposition of pine pollen affect the ovipositional behavior of *Frankliniella occidentalis* and *Frankliniella fusca*?. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 124, 133-141.
- Rogers, C. D., Guimarães, R. M. L., Evans, K. A., & Rogers, S. A. (2015). Spatial and temporal analysis of wheat bulb fly (*Delia coarctata*, Fallén)

oviposition: consequences for pest population monitoring. *Journal of Pest Science*, 88, 75-86.

Rueda-Hernández, K. R., Cardona, A. S., Cadavid-Restrepo, G. E., Benjumea, C. I. S., Gutierrez, G. P. C., & Isaza, R. E. A. (2013). Differential Organ Distribution, Pathogenicity and Benomyl Sensitivity of *Colletotrichum spp.* from Blackberry Plants in Northern Colombia. *Journal of Phytopathology*, 161, 246–253.

Salvalaggio, A. E., López Lambertini, P. M., Cendoya, G., & Huarte, M. A. (2017). Temporal and spatial dynamics of Tomato spotted wilt virus and its vector in a potato crop in Argentina. *Annals of Applied Biology*, 171, 5-14.

Samper Calvete, F. J., & Carrera Ramirez, J. (1996). Geoestadística. *Aplicaciones a la Hidrología Subterránea (2a edición)*. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería. Barcelona, Spain, 484.

Sampson, C., & Kirk, W. D. J. (2016). Predatory mites double the economic injury level of *Frankliniella occidentalis* in strawberry. *BioControl*, 61, 661–669.

Sciarretta, A., & Trematerra, P. (2014). Geostatistical tools for the study of insect spatial distribution: practical implications in the integrated management of orchard and vineyard pests. *Plant Protection Science*, 50, 97-110.

Shayestehmehr, H., Karimzadeh, R., & Hejazi, M. J. (2017). Spatio-temporal association of *T. herioaphis maculata* and *Hippodamia variegata* in alfalfa fields. *Agricultural and Forest Entomology*, 19, 81-92.

SIAP, 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. En línea, consultada 13 de noviembre de 2018 <https://www.gob.mx/siap>.

Silva, R., Hereward, J. P., Walter, G. H., Wilson, L. J., & Furlong, M. J. (2018). Seasonal abundance of cotton thrips (Thysanoptera: Thripidae) across crop and non-crop vegetation in an Australian cotton producing region. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 256, 226-238.

- Silveira, A. P., Martins, F. R., Menezes, B. S., & Araújo, F. S. (2018). Is the spatial pattern of a tree population in a seasonally dry tropical climate explained by density-dependent mortality?. *Austral Ecology*, 43, 191-202.
- Sochor, M., Vašut, R. J., Sharbel, T. F., & Trávníček, B. (2015). How just a few makes a lot: speciation via reticulation and apomixis on example of European brambles (*Rubus* subgen. *Rubus*, Rosaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 89, 13-27.
- Steinbach, D., Kumm, S., & Moritz, G. (2012). Effects of different diets on oviposition rate of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 47, 151-159.
- Steiner, M. Y., & Goodwin, S. (2005). Management of thrips (Thysanoptera:Thripidae) in Australian strawberry crops: Within-plant distribution characteristics and action thresholds. *Australian Journal of Entomology*, 44, 175–185.
- Steiner, M. Y., Spohr, L. J., & Goodwin, S. (2011). Relative humidity controls pupation success and dropping behaviour of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *Australian Journal of Entomology*, 50, 179-186.
- Strik, B. C., Clark, J. R., Finn, C. E., & Bañados, M. P. (2007). Worldwide blackberry production. *HortTechnology*, 17, 205-213
- Stupková, L. C. (2016). Global Value Chain in Agro-export Production and Its Socio-economic Impact in Michoacán, Mexico. *Agris On-Line Papers in Economics & Informatics*, 8 25–36.
- Suzuki, Y., Shiotsuki, T., Jouraku, A., Miura, K., & Minakuchi, C. (2017). Benzoylurea resistance in western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae): the presence of a point mutation in chitin synthase 1. *Journal of Pesticide Science*, 42, 93-96.

- Tamayo, M. (2001). Principales enfermedades del tomate de árbol, la mora y el lulo en Colombia. *Boletín Técnico*, 12, 40. Consultado de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/>
- Teerling, C. R., Pierce, H. D., Borden, J. H., & Gillespie, D. R. (1993). Identification and bioactivity of alarm pheromone in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Journal of Chemical Ecology*, 19, 681–697.
- Terry, L. I., & Dyreson, E. (1996). Behavior of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) within aggregations, and morphometric correlates of fighting. *Annals of the Entomological Society of America*, 89, 589-602.
- Tochen, S., Dalton, D. T., Wiman, N., Hamm, C., Shearer, P. W., & Walton, V. M. (2014). Temperature-related development and population parameters for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on cherry and blueberry. *Environmental Entomology*, 43, 501-510.
- Tommasini, M. G., & Maini, S. (1995). *Frankliniella occidentalis* and other thrips harmful to vegetable and ornamental crops in Europe. *Biological Control of Thrips Pest*, 95, 1-42.
- Towerton, A. L., Dickman, C. R., Kavanagh, R. P., & Penman, T. D. (2016). Control of the red fox in remnant forest habitats. *Wildlife Research*, 43, 169-177.
- Walsh, D. B., Bolda, M. P., Goodhue, R. E., Dreves, A. J., Lee, J., Bruck, D. J., ... & Zalom, F. G. (2011). *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. *Journal of Integrated Pest Management*, 2, 1-7.
- Webster, R., & Oliver, M. A. (2007). *Geostatistics for environmental scientists* (ed. 2) John Wiley & Sons, Ltd. 330 p.

- Whittaker, M. S., & Kirk, W. D. (2004). The effect of photoperiod on walking, feeding, and oviposition in the western flower thrips. *Entomologia experimentalis et applicata*, 111, 209-214.
- Williamson, B., Tudzynski, B., Tudzynski, P., & Van Kan, J. A. L. (2007). Botrytis cinerea: The cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology*, 8, 561–580.
- Xu, X., & Madden, L. V. (2003). Considerations for the use of SADIE statistics to quantify spatial patterns. *Ecography*, 26, 821-830.
- Yan, D. K., Hu, M., Tang, Y. X., & Fan, J. Q. (2015). Proteomic Analysis Reveals Resistance Mechanism Against Chlorpyrifos in *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology*, 108(4), 2000-2008.
- Zavala, G. C. (2006). Producción forzada de zarzamora en México. *III Simposio nacional do morango II Encontro sobre pequenas frutas e Frutas nativas do Mercosul*, 67-78.
- Zhang, Z. J., Wu, Q. J., Li, X. F., Zhang, Y. J., Xu, B. Y., & Zhu, G. R. (2007). Life history of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysan., Thripae), on five different vegetable leaves. *Journal of Applied Entomology*, 131, 347–354.
- Zhang, Z., Wu, S., Lei, Z., Kang, P., & Zhang, L. (2018). Spatial distribution pattern of *Frankliniella occidentalis* during pepper flowering stage in Ningxia. *Journal of Northwest A & F University-Natural Science Edition*, 46, 142-147.

CAPÍTULO 2. ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DE *Frankliniella occidentalis* Pergande EN ZARZAMORA

RESUMEN

El trips occidental de las flores *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) causa daños en el cultivo de zarzamora al alimentarse del polen, generando malformaciones de las drupeolas. En los últimos años se ha reportado resistencia a insecticidas en las principales zonas productoras, demandando la implementación de estrategias de manejo integrado basadas en información biológica y su interacción ecológica con la zarzamora. El objetivo del estudio fue conocer la preferencia de los distintos estados de desarrollo de *F. occidentalis* en relación a las etapas de desarrollo floral del cultivo de zarzamora, la abundancia estacional en un sistema de producción forzada. El trabajo se realizó en dos parcelas comerciales de Ziracuaretiro, Michoacán., durante 3 etapas de floración 2018-2019. Se colectaron las distintas etapas de desarrollo floral de zarzamora, partiendo desde botón cerrado hasta caída de pétalos para evaluar los aspectos

bioecológicos del trips. Para estimar la abundancia poblacional se colectaron 30 flores semanalmente en ambas parcelas durante abril-marzo, y 100 trampas adhesivas color azul en dos temporadas (octubre-noviembre y noviembre-enero). Se colectaron 30 muestras de arvenses de cada parcela como posibles reservorios del trips. Los resultados mostraron la abundancia de huevos, ninfas en 1st y 2nd instar en etapas de flores con pétalos aún cerrados. Se sugiere el comportamiento del trips al pupar en el suelo, debido a la cuantificación de ninfas 2nd instar tardías que se dejaron caer sobre plásticos. *Oxalis latifolia* y *Commelina benghalensis* fueron identificadas como reservorios de trips en los alrededores de las parcelas de zarzamora. Los adultos prefirieron las flores completamente abiertas. La incidencia del trips estuvo fuertemente relacionada en mayores porcentajes de floración.

Palabras Clave: bioecología, interacción ecológica, abundancia poblacional, manejo integrado de plagas.

ABSTRACT

Bioecological aspects of *Frankliniella occidentalis* Pergande in blackberry

The western flower thrips *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) causes damage to the blackberry crop by feeding on pollen, generating malformations of the drupeolas. In recent years' resistance to insecticides has been reported in the main producing areas, demanding the implementation of integrated management strategies based on biological information and their ecological interaction with the blackberry. The objective of the study was to know the preference of the different stages of development of *F. occidentalis* in relation to the stages of floral development of the blackberry cultivation, the seasonal abundance in a system of forced production. The work was carried out in two commercial plots of Ziracuaretiro, Michoacán., During 3 stages of flowering 2018-2019. The different stages of floral development of blackberry were collected, starting

from a closed button to falling petals to evaluate the bioecological aspects of thrips. To estimate the population abundance, 30 flowers were collected weekly in both plots during April-March, and 100 blue adhesive traps in two seasons (October-November and November-January). 30 weed samples from each plot were collected as possible thrips reservoirs. The results showed the abundance of eggs, nymphs in 1st and 2nd instar in flower stages with petals still closed. The behavior of thrips to pupate in the soil is suggested, due to the quantification of late 2nd instar nymphs that were dropped on plastics. *Oxalis latifolia* and *Commelina benghalensis* were identified as reservoirs of thrips in the surroundings of the blackberry plots. Adults preferred fully open flowers. The incidence of thrips was strongly related in greater percentages of flowering.

Keywords: bioecology, ecological interaction, population abundance, integrated pest management.

2.1 INTRODUCCIÓN

En México, la zarzamora (*Rubus* sp.) es el segundo fruto del complejo de berries que más se exporta; es decir, en promedio el 96% de la producción se envían cada año a Chile, Estados Unidos y Canadá principalmente (SIAP). El trips occidental de las flores, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae), es una de las limitantes más importantes a la producción de frutos de zarzamora de calidad. Esta especie causa malformaciones a las drupeolas derivados de alimentarse del polen. Por efecto de esta plaga se calculan pérdidas hasta del 50% de la producción de dicho cultivo (SIAP, 2018).

F. occidentalis es una de las plagas más perjudiciales en varios cultivos, ya que además de los daños directos por alimentación y oviposición, es el principal vector de tospovirus (Vaello *et al.*, 2017). Se trata de una especie altamente polífaga, ataca flores, frutos y hojas de una amplia gama de plantas cultivadas, entre las cuales se encuentran tomate (*Lycopersicon esculentum* L.), pimiento (*Capsicum annuum* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), crisantemo (*Chrysanthemum* L. sp.), fresa (*Fragaria* L. sp.) y zarzamora (*Rubus* L. sp.) (Zhang *et al.*, 2007; Zhi *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2016; Suganthy *et al.*, 2016; Sampson & Kirk, 2016; Rhodes & Liburd, 2017). El manejo de esta plaga se dificulta debido a que las ninfas de *F. occidentalis* se encuentran resguardadas en las flores, su capacidad de pupar en el suelo y la movilidad del adulto (Castresana *et al.*, 2008; Reitz, 2009). Entre los factores que influyen en su comportamiento se encuentran las especies de plantas hospederas, su arquitectura, disposición de flores, composición del paisaje y el patrón de invasión. *F. occidentalis* ha mostrado distinta etología y comportamiento dependiendo del hospedero, la complejidad de la planta y la estructura de la flor (Broadbent *et al.*, 2003; Holmes *et al.*, 2012).

El conocimiento del comportamiento de *F. occidentalis*, los sitios de oviposición preferidos, pupación, fluctuación poblacional en relación a la fenología del

hospedero, así como posibles hospederos alternos dentro y fuera de la zona productiva permite establecer protocolos eficientes de muestreo para esa especie y definir estrategias de manejo oportunas (Nyasani *et al.*, 2017; Singh *et al.*, 2018). En los últimos años, en el cultivo de zarzamora esta plaga se ha convertido en un problema fitosanitario clave y demanda cada vez más la implementación de estrategias de manejo integrado basadas en información biológica y su interacción ecológica con el cultivo. A pesar de la importancia económica de esta plaga, se desconocen muchos aspectos bioecológicos en relación al desarrollo floral en el cultivo de zarzamora y su fluctuación poblacional. El objetivo de la presente investigación fue determinar la preferencia de los distintos estados de desarrollo de *F. occidentalis* en relación a las etapas de desarrollo floral del cultivo de zarzamora, la abundancia estacional en un sistema de producción forzada y los posibles hospederos alternos.

2.2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.2.1 Localización de los experimentos

El estudio se realizó en dos parcelas comerciales de zarzamora con manejo convencional en el municipio de Ziracuaretiro, Michoacán, México. La primera parcela se estableció en el Rancho “Santa María” (19°24’1.84” N, 101°55’ 58.92” W) y la segunda en el Rancho “La Esperanza” (19°23’36.41” N, 101°56’29.5” W). En una primera temporada de cultivo, el estudio se desarrolló del 11 de abril al 22 de mayo de 2018, en la segunda temporada del 5 de octubre al 16 de noviembre, y la tercera durante el 30 de noviembre de 2018 al 11 de enero de 2019, en cultivos de zarzamora cv ‘Tupy’. En todos los casos, el estudio inició cuando las plantas mostraban los primeros botones florales. Con la finalidad de determinar la asociación del trips con las etapas de desarrollo floral, en ambas parcelas se seleccionaron 6 surcos de 35 m de longitud a una distancia entre surcos de 2 m. Se seleccionaron semanalmente 30 flores al azar en 6 etapas de desarrollo a partir de botón cerrado hasta caída de pétalos. Posteriormente, para

determinar la abundancia estacional en cada surco se seleccionaron 30 plantas al azar, de las cuales se recolectaron 30 flores abiertas por semana, durante 7 semanas.

En las tres temporadas de estudio, se registró la temperatura y humedad relativa. En la primera temporada, los datos se obtuvieron de la estación meteorológica de Ziracuaretiro-San Ángel Z (A1759) de la Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de Aguacate de México, A.C. Para las siguientes temporadas, en las parcelas se colocó un Dataloger (WatchDog Modelo 450 Spectrum Technologies, Inc. Plainfield, IL) colocado en el centro de cada parcela a la altura media del seto del cultivo.

Durante el proceso de la investigación, en la primera temporada el productor realizó aplicaciones de Exalt[®] (spinosad) en El Rancho “Santa María” y aplicaciones de Entrust[®], Agriver[®] (abamectina) y aceite de neem en El Rancho “Esperanza”. Durante la segunda y tercera temporada no se realizaron aplicaciones de insecticidas. El productor realizó las labores de mantenimiento de la plantación durante el desarrollo del cultivo.

2.2.2 Preferencia de los estados de desarrollo de *F. occidentalis* en relación a las etapas de desarrollo floral de la zarzamora

Durante las dos temporadas de cultivo, para evaluar los estados de desarrollo de *F. occidentalis* se recolectaron al azar 30 flores de cada una de las distintas etapas fenológicas de la flor: botón cerrado (BC), botón con separación de sépalos (BSDS), botón abriendo (BA), botón abierto (BAB), flor completamente abierta (FA) y flor sin pétalos (FSP) (Fig. 2). Las muestras se colocaron en frascos de plástico de 10 x 6 cm de diámetro con una apertura en las tapas de 3 cm de diámetro selladas con papel filtro para permitir la aireación. Las muestras se procesaron en el Laboratorio, mediante el uso del microscopio estereoscópico (Zeigen[®] Modelo ZEZ 300). Se revisó la parte exterior de cada muestra, posteriormente se realizó la disección de cada flor en cada una de las etapas

para contabilizar el número de individuos presente (huevos, ninfa I, ninfa II y adultos). Las muestras que presentaban oviposturas se mantuvieron a condiciones del laboratorio (22 + 2 °C) hasta la emergencia de los diferentes estados de desarrollo y confirmar que se tratara de la especie *F. occidentalis*. Para la identificación de ninfas y adultos se usaron las claves de Borbon (2007) y Cavalleri & Mound (2012).

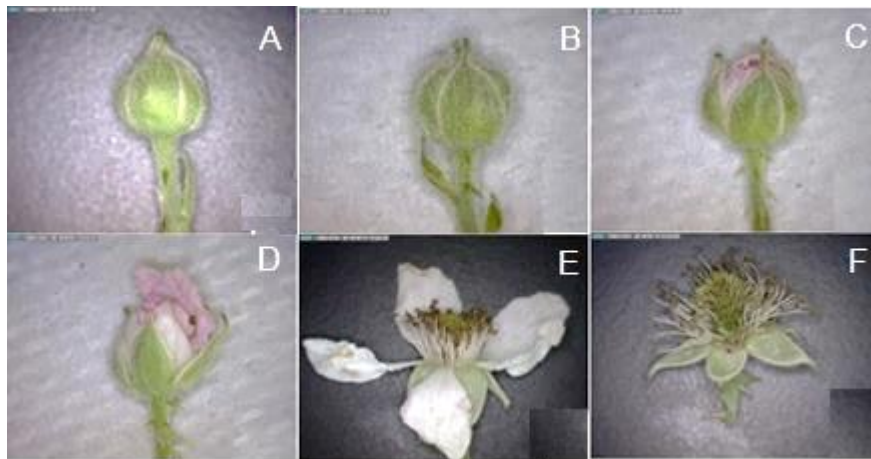


Figura 2. Etapas de desarrollo floral de zarzamora (*Rubus* sp.) consideradas en la evaluación la preferencia del sitio de oviposición de *F. occidentalis*. A; botón cerrado (BC), B; botón separación de sépalos en la parte apical (BSDS), C; botón abriendo (BA), D; botón abierto (BAB), E; flor abierta (FA) y F; flor sin pétalos (FSP).

Los datos de número de huevos, ninfas I y II, y adultos para cada etapa de desarrollo floral se analizaron en un diseño completamente al azar considerando los factores: etapa de desarrollo floral y estados de desarrollo del insecto. Etapa y estado de desarrollo se consideraron como efectos fijos, y repeticiones como efecto aleatorio. Debido a que, en este caso, las variables analizadas fueron conteos, se asumió la distribución Binomial negativa como mejor opción como se ha documentado previamente (Gbur et al. 2012) y Log como función vínculo (*link function*) usando para ello Proc Glimmix de SAS Versión 9.4. Posteriormente, se realizó una comparación de medias de Fisher LSD ($\alpha=0.05$) en la escala Log. Los

valores de las medias se transformaron a su escala original solicitando la función inversa por medio de la opción *ilink* de SAS.

2.2.4 Evaluación del sitio de pupación

Para determinar el sitio de pupación de *F. occidentalis*, en el periodo del 30 de noviembre de 2018 al 11 de enero de 2019, en 2 racimos florales de 14 plantas, se colocaron acetatos transparentes de 10 x 10 cm, cubiertos con pegamento sujetos al lateral fructificante de la planta (Fig. 3). Cada semana se recogieron los acetatos y se analizaron en el laboratorio. Se separaron los trips y se depositaron en una solución de alcohol al 70% para su conservación y posterior análisis. En algunos casos se procedió al montaje de preparaciones en portaobjetos o inclusiones permanentes en bálsamo de Canadá (Johansen & Mojica, 1998). Para la confirmación taxonómica de las ninfas II, prepupa y pupa, se emplearon las claves de Lacasa (1990) y Borbon (2007). Las pupas de *F. occidentalis* se diferencian de las prepupas y pupas de otros estados de desarrollo en la presencia de pequeños esbozos alares, antenas muy cortas sin artejos diferenciados, color blanquecino, quetotaxia acentuada y nula actividad. La pupa también sin movilidad, pero con los esbozos alares más desarrollados y antenas diferenciadas en artejos. Estas se encuentran plegadas sobre el dorso del insecto. El estado de pupa tiene las mismas dimensiones que las del adulto (Lacasa, 1990). Posteriormente se procedió al reconocimiento bajo un microscopio estereoscópico y conteo.



Figura 3. Colocación de acetatos de 10 x 10 cm con pegamento colocados en el lateral fructificante de plantas de zarzamora para detectar ninfas de 2nd instar en preparación para pupación de *F. occidentalis*. Ziracuaretiro, 2018.

2.2.5 Fluctuación poblacional de *F. occidentalis* en el período de floración de la zarzamora

La abundancia de *F. occidentalis* en la etapa de floración de zarzamora se determinó entre del 11 de abril al 22 de mayo de 2018. Para ello, se seleccionaron 30 flores al azar de las dos parcelas. Las flores se depositaron en frascos ventilados como se indicó arriba y en laboratorio se procedió a la cuantificación del número de trips. Los datos meteorológicos durante esta temporada se tomaron de la estación meteorológica de Ziracuaretiro, Michoacán. En la temporada 2 y 3, del 28 de septiembre al 16 de noviembre y del 30 de noviembre de 2018 al 11 de enero de 2019, respectivamente, la dinámica poblacional del trips se cuantificó colocando 100 trampas pegajosas azules Horiver (Koppert®) con dimensiones de 10 x 25 cm a una altura de 1.50 m de la planta en 10 surcos de 50 ± 5 m de largo en una separación de 2 m, distribuidas cada 5 metros dentro

del surco. Las trampas se cambiaron semanalmente y en el laboratorio se cuantificó el total, dividiendo la trampa en cuadrículas de 5 cm. A partir de estos valores, se obtuvo el promedio por semana para construir la fluctuación en el tiempo y su relación con las condiciones ambientales registradas con un Datalogger, previamente colocado en cada parcela.

2.2.6 Plantas hospederas

Al finalizar los periodos de producción de zarzamora, con la metodología de Katayama (2006), se realizó un reconocimiento cualitativo de las arvenses como posibles hospederas alternas en ausencia del cultivo. De cada parcela, se obtuvieron 30 muestras de cada especie de planta y se colocaron en bolsas ziploc para su posterior identificación a especie con base a la literatura de Royo-Esnal et al., (2008) y Grabiele et al., (2009). Se colocaron los individuos en frascos de alcohol al 70% y se identificaron morfológicamente los trips presentes (Cavalleri & Mound, 2012) posteriormente se contabilizó el número de individuos que correspondieran a *F. occidentalis*.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Preferencia de *F. occidentalis* de las etapas de desarrollo floral de zarzamora

En la primera temporada el análisis indicó que la interacción entre estados de desarrollo del *F. occidentalis* (Fig.4) y las etapas de desarrollo floral fue significativa ($F=26.19$; $DF= 696$; $P< 0.0001$). Hubo diferencias significativas entre etapas de desarrollo floral en el número de huevos ($F=87.55$; $DF= 696$; $P< 0.0001$) (Fig. 4a). La etapa de desarrollo floral con mayor número de huevos fue en BAB seguido de FA. La oviposición de los trips fue más baja en las flores en las primeras etapas de desarrollo (etapas BC y BSDS). El estado de Ninfas I fue

significativamente diferente en las etapas de desarrollo floral ($F=12.11$; $DF= 696$; $P< 0.0001$), fue mayor el número de ninfas I en las etapas BA y FSP (Fig. 4b). El número de ninfas I más bajo fue en la etapa de BC. Para los estados de desarrollo de ninfas II fue significativamente diferente entre las distintas etapas florales ($F=13.16$; $DF= 696$; $P< 0.0001$) (4c). El mayor número de ninfas II se concentró en la etapa BAB y el menor número en la etapa de BC, algunas características de estos estados de desarrollo del trips en la Figura 6. Los adultos fueron significativamente diferentes en las etapas de desarrollo floral ($F=72.92$; $DF= 696$; $P< 0.0001$), con el mayor número en la etapa FA y mostrando menor número en las etapas BC y Bsds (4d).

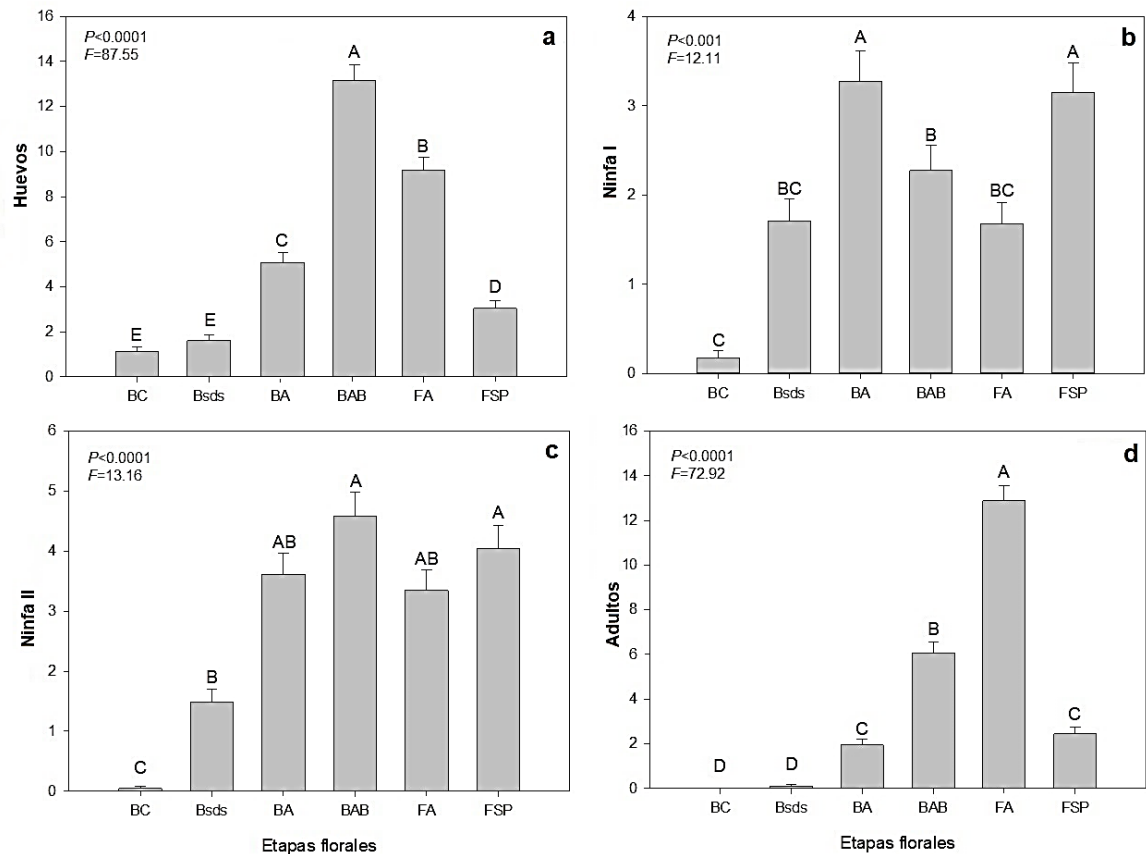


Figura 4. Temporada 1. Número de huevos, Ninfa I, Ninfa II y adultos de *Frankliniella occidentalis* en etapas de desarrollo de floración de zarzamora (*Rubus* sp.). Las barras indican los medios \pm SE por las distintas etapas de desarrollo floral, BC; botón cerrado, Bsds; botón separación de sépalos en la parte apical, BA; botón abriendo, BAB; botón abierto, FA; flor abierta y FSP; flor sin

pétalos. Las medias seguidas por las mismas letras mayúsculas indican que no hay diferencias significativas entre las distintas etapas de desarrollo de floración.

En el segundo período de floración, la interacción entre etapas y estados de desarrollo fue significativa ($F=6.16$; $DF= 580$; $P< 0.0001$). Los datos indicaron que hubo diferencias significativas entre las etapas de desarrollo floral ($F=7.97$; $DF= 580$; $P< 0.0001$) en el número de huevos (5a). Nuevamente, la etapa con los valores más altos del número de huevos, fue en BAB, confirmando la tendencia de la temporada anterior. En el estado de ninfas I, el número de individuos fue diferente en las etapas de desarrollo ($F= 6.17$; $DF= 580$; $P< 0.0001$) (5b), con la mayor concentración en las etapas FA, BAB y BA y menor en BC. Para las ninfas II las etapas florales interfirieron en el número de individuos ($F=7.69$; $DF= 580$; $P<0.0001$) (5c). Sin embargo, la preferencia permaneció en la etapa floral de BAB, como en la temporada 1, y el menor número se presentó en la etapa de BC. Los adultos fueron significativamente diferentes entre las distintas etapas florales ($F= 38.55$; $DF= 580$; $P< 0.0001$) (5d). El mayor número de adultos, prevaleció en la etapa FA, validando la tendencia de la temporada anterior y menor número en la etapa de BC.

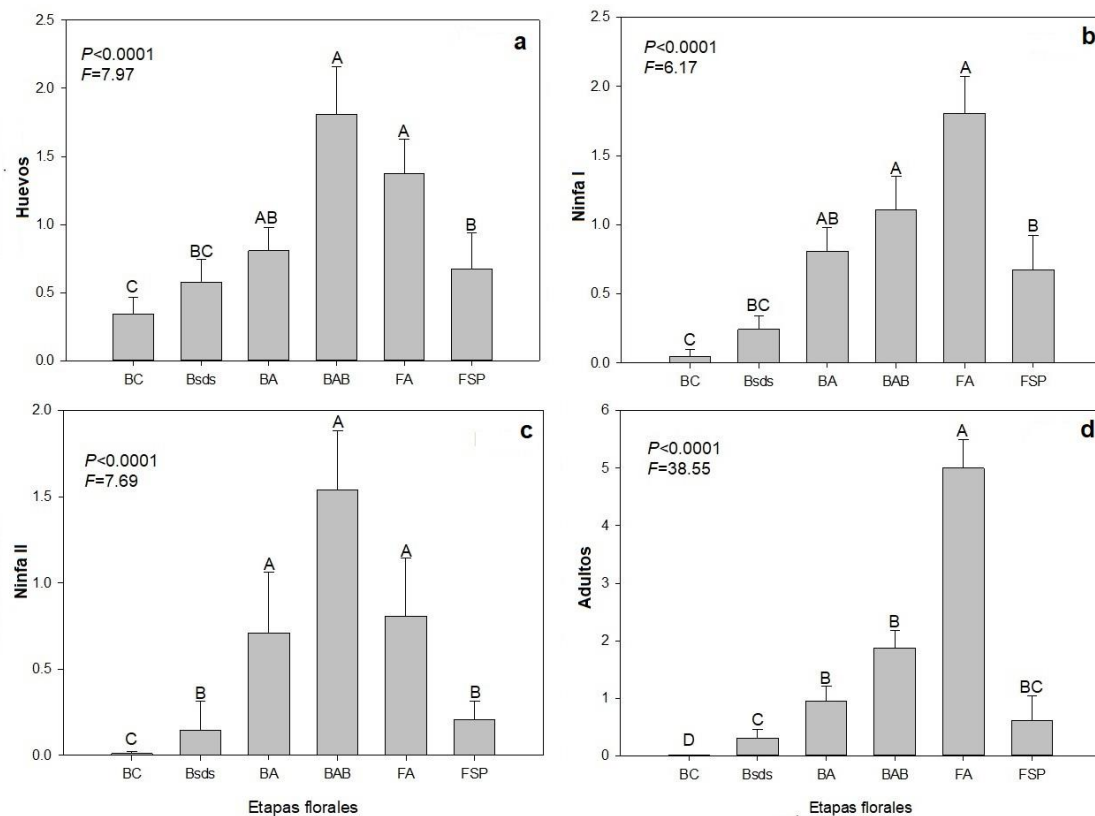


Figura 5. Temporada 2. Número de huevos, Nínfa I, Nínfa II y adultos de *Frankliniella occidentalis* en etapas de desarrollo de floración de zarzamora (*Rubus* sp.). Las barras indican los medios \pm SE por las distintas etapas de desarrollo floral, BC; botón cerrado, Bsds; botón separación de sépalos en la parte apical, BA; botón abriendo, BAB; botón abierto, FA; flor abierta y FSP; flor sin pétalos. Las medias seguidas por las mismas letras mayúsculas indican que no hay diferencias significativas entre las distintas etapas de desarrollo de floración.

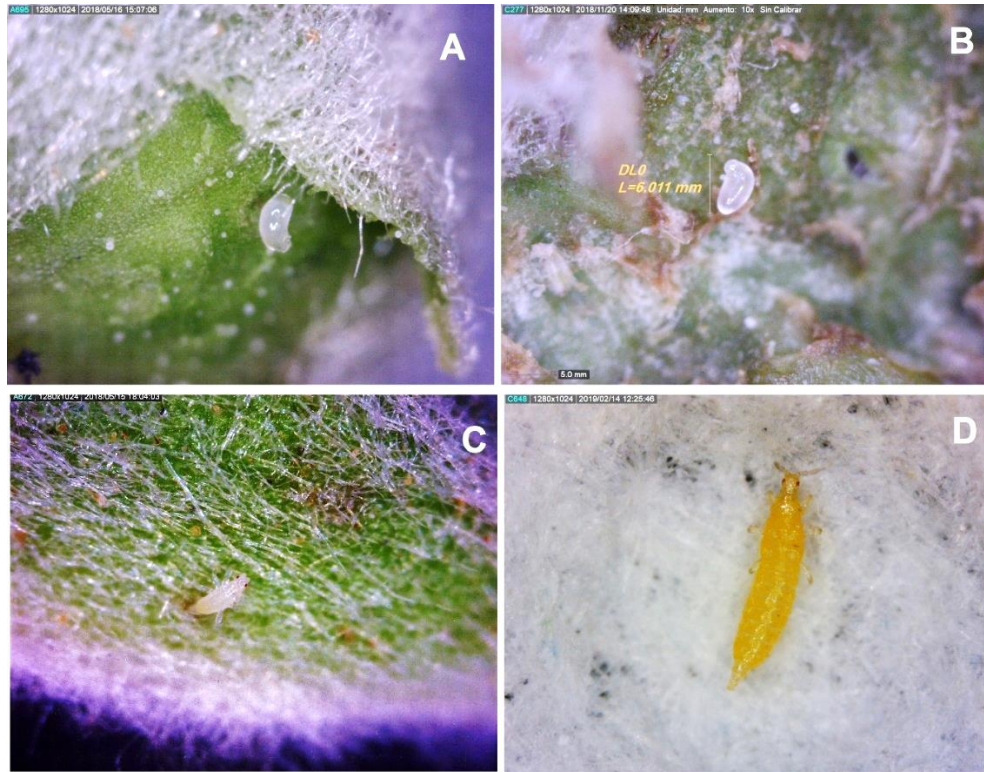


Figura 6. Estados de desarrollo de *F. occidentalis* en distintas etapas de desarrollo floral de zarzamora. A; huevo bajo la epidermis de botón abierto, B; características del huevo, blanquecino con forma arriñonada, C; ninfa I emergiendo de una ovipostura entre la epidermis y D; ninfa II.

2.3.3 Sitios de pupación

La proporción media de *F. occidentalis* recuperada de 14 acetatos fue de 3.429 ± 0.465 (media \pm error estándar). En total 48 ninfas II en estado tardío se dejaron caer de las plantas de zarzamora en los acetatos. Se caracterizaron morfológicamente las ninfas II (Fig. 7) las cuales correspondieron a *F. occidentalis*, según Lacasa (1990) y Borbon (2007).

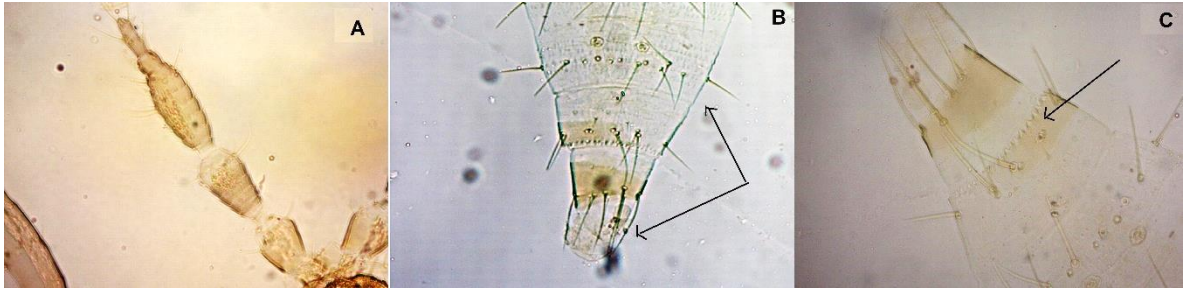


Figura 7. Características morfológicas de ninfa de segundo estadio de *F. occidentalis*. A) antena, B) Vista dorsal de segmentos VIII, IX y X, y C) Dientes posteromarginales en el segmento IX.

2.3.4 Abundancia de *F. occidentalis* en el periodo de floración

El número de adultos de *F. occidentalis* (Fig. 8) en la primera temporada bajo la metodología del muestreo de flores en la parcela “La Esperanza” (Fig. 9A), fue significativamente diferente entre semanas ($F=18.11$; $DF= 209$; $P< 0.0001$). Sin embargo, el número de individuos, en la semana 3 y 4 no mostró diferencias significativas. Durante el mismo periodo de evaluación con la misma metodología la parcela “Santa María” (Fig. 9B), mostró diferencias significativas entre semanas ($F=39.80$; $DF= 209$; $P< 0.0001$). El mayor número de individuos se registró en las semanas 5 y 7. En la temporada 2 (Fig. 9C) con la implementación de la metodología de trampas, en la parcela “La Esperanza” hubo diferencias significativas entre semanas ($F=53.87$; $DF= 699$; $P< 0.0001$). El número menor de individuos se registró en las semanas 1 y 2 y el número mayor de individuos en las semanas 5 y 7. Durante la última etapa de evaluación (Fig. 9D), bajo la misma metodología de trampas, en la parcela “Santa María” las distintas fechas entre semanas fueron significativamente diferentes ($F=116.07$; $DF= 699$; $P<0.0001$). El número mayor de individuos se encontró en la semana 7 y el menor en la semana 1.



Figura 8. Características del adulto de *F. occidentalis*. A; ala delantera casi uniformemente pálida o débilmente sombreada, B; antenas, C; segmentos abdominales y D; hembra de *F. occidentalis*.

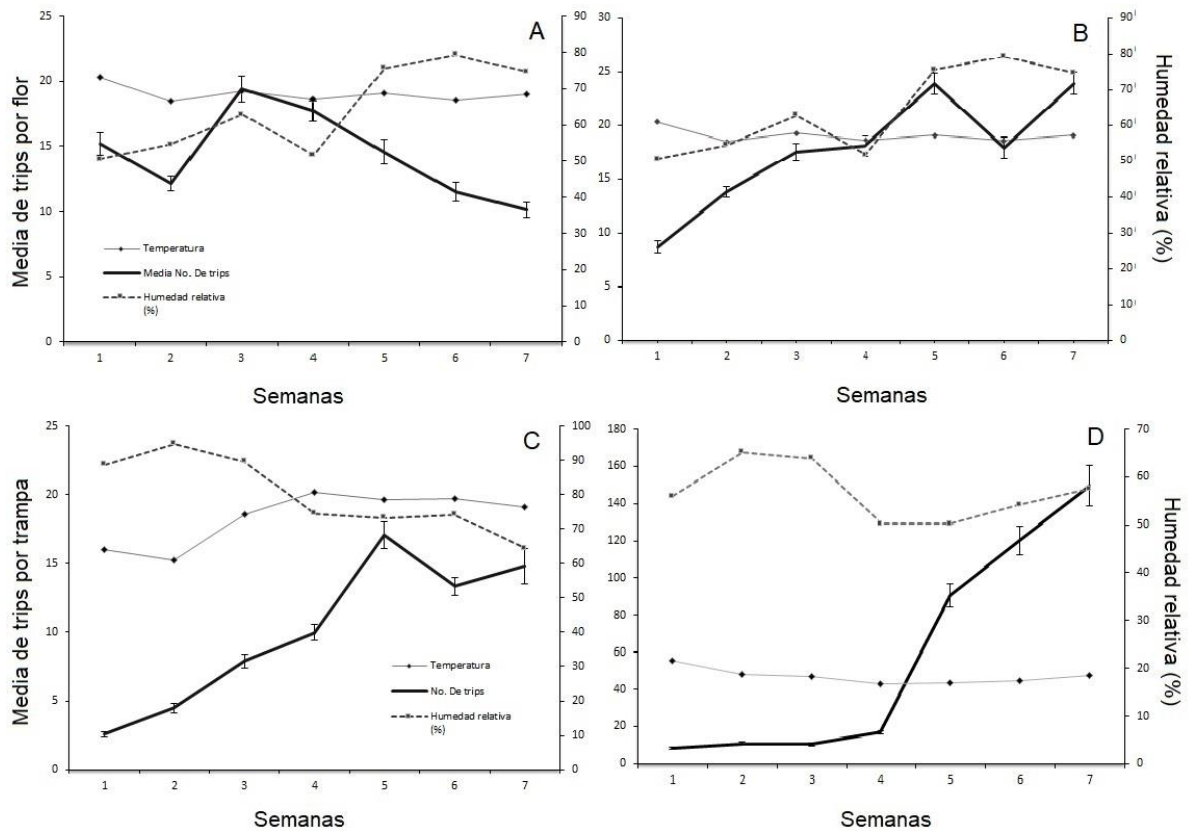


Figura 9. Fluctuación poblacional de *F. occidentalis* en dos etapas de floración, temperatura promedio por semana (°C), humedad relativa (%) y media del número de individuos (\pm SE) de trips *F. occidentalis*. A y B metodología de muestreo en flores las semanas del 11/04/18 al 22/05/18; C; metodología de trampas semanas del 05/10/18 al 16/11/18 y D; Semanas del 30/11/18 al 11/01/19.

2.3.5 Plantas hospederas

De la exploración y muestreo de plantas asociadas a la zarzamora, en total se encontraron dos especies de malezas perennes presentes, de las familias Commelinaceae y Oxalidaceae (Fig. 10). Se identificó a *Oxalis latifolia* Kunt (Royo-Esnal *et al.*, 2008) como reservorio de *F. occidentalis*, presentó una media de 1.1 ± 0.18 de adultos. Otra, *Commelina benghalensis* L. (Grabiele *et al.*, 2009), presentó un mayor número de individuos (3.067 ± 0.36).



Figura 10. Características de las distintas malezas encontradas como reservorios de *F. occidentalis* en el cultivo de zarzamora. A) Flores y hojas de *Oxalis latifolia* dentro del cultivo, B) folíolos de bordes rectilíneos de *Oxalis latifolia*, C) flores y hojas de *Commelina benghalensis* y D) malezas dentro de la plantación de zarzamora.

2.4 Discusión

Los estudios de bioecología indicaron que *F. occidentalis* oviposita principalmente en las flores en etapa de botón abierto, pero las hembras de esta especie pueden ovipositar en botones florales de zarzamora, previo a la apertura de los sépalos. Este comportamiento es consistente con los estudios reportados por Ben-Mahmoud et al. (2018) en el cultivo de tomate, en el cual demostraron la preferencia de la hembra de *F. occidentalis* por la oviposición en etapas de flores que comienzan a abrirse y flores completamente abiertas. Las ninfas recién

emergidas en estado I se localizaron en etapas de desde botón abriendo a flor sin pétalos. Por su parte, los resultados indicaron la prevalencia de ninfas II en botón abierto y adultos en flores abiertas. Asimismo, similar a lo reportado por Ugine et al., (2006) en flores de impatiens (*Impatiens wallerana* Hook. f.) y González-Zamora & García-Marí (2003) en flores de fresa, nuestros resultados indicaron que los adultos de *F. occidentalis* se concentraron principalmente en flores abiertas. Lo anterior confirma la preferencia de alimentación de adultos por el polen. Sin embargo, en altas densidades pueden dañar la base de la antera y la maduración del polen, daños que generan malformaciones en frutos (Coll et al., 2007). El tamaño pequeño del trips (alrededor de 2 mm de largo) le permite mantenerse resguardado en las flores y de esa forma evitar el contacto con los insecticidas. En consecuencia, los tratamientos químicos repetidos son frecuentemente necesarios para asegurar una cobertura completa de las plantas (Sampson, 2018; Wu et al., 2018). La respuesta del trips para mantenerse resguardado en flores de zarzamora, pudo haber influido directamente con la resistencia a distintas moléculas químicas, reportado por Cubillos-Salamanca, (2017). Estudios realizados por Pearsall & Myers (2000) y Allsopp (2010) confirman el fracaso del control químico en poblaciones de *F. occidentalis*, al reafirmar que el trips se introduce en flores para depositar sus huevos antes de que los pétalos estén completamente abiertos.

Estados inmaduros de ninfa II se recuperaron de acetatos con pegamento, colocados bajo los racimos florales, lo que sugiere que el proceso de pupación ocurre en el suelo. Los resultados en esta parte de la investigación coincidieron con Broadbent et al. (2003), Berndt et al. (2004) y Steiner et al. (2011) quienes documentaron que las ninfas II se dejaron caer (en su caso, sobre plásticos tratados con pegamento) para llevar el proceso de pupación en los cultivos crisantemos, frijol y pepino. La mayoría de ninfas II tardías dejan las plantas para buscar un sitio óptimo para pupar; se considera que el 98% de los trips llevan a cabo este proceso en el suelo, dependiendo de la estructura de la planta y condiciones propias del suelo (Buitenhuis & Shipp, 2008; Steiner et al., 2011). En

nuestro estudio, los estados de prepupa y pupa no se localizaron en ninguna de las etapas de desarrollo floral de la zarzamora. *F. occidentalis* ha demostrado permanecer en inflorescencias complejas como crisantemos y rosas, no así en flores simples como, lo que podría ser el caso de las inflorescencias de zarzamora que no presentan condiciones propias para llevar a cabo el proceso de pupación (Broadbent *et al.*, 2003; Buitenhuis & Shipp, 2008).

Las fluctuaciones de *F. occidentalis* en las distintas etapas del cultivo, se presentaron con bajos números en las primeras etapas del desarrollo floral, pero a medida que se presentó un porcentaje mayor de floración (>80%) las poblaciones incrementaron. Las infestaciones se presentaron constantes y altas con la metodología de monitoreo en flores en los meses de abril y mayo, periodos donde la temperatura media se mantuvo entre los 18.4 y 20.3 °C y una humedad relativa de 50 y 79%. La abundancia del trips en los meses de octubre a noviembre con la metodología de trampas adhesivas, fueron bajas ante la presencia de humedad alta (88 a 95%) y temperaturas medias de 16 a 18 °C. Chaisuekul & Riley (2005) y Cao *et al.*, (2018) señalaron que, en temperaturas más cálidas y constantes, el trips muestra un desarrollo rápido (huevo a adulto 9.57 y 10.62 días) y mayor fecundidad (r_m 0.173 y 0.160 y R_0 46.31 y 36.86). Los periodos de mayor presencia de trips en cultivos se han documentado a fines de primavera y principios de verano (Reitz, 2002; Silva *et al.*, 2018). Otra factor que influye en el número de individuos es la disposición de flores (Elimem & Chermiti, 2009; Shakya *et al.*, 2009). La densidad de población aumenta ante la presencia de flores, esto explica las poblaciones bajas cuando el cultivo de zarzamora comienza la etapa de floración. El monitoreo es más preciso en flores directamente. Sin embargo, la metodología de trampas adhesivas toma dos veces menos tiempo (Pizzol *et al.*, 2010). En México el cultivo de zarzamora se mantiene casi todo el año debido al sistema de producción escalonado, no obstante, el periodo de enero a junio representa la etapa de riesgo de daños por trips.

Se confirmó a *O. latifolia* y *C. benghalensis* como plantas hospederas alternas, similar a lo previamente documentado por Macharia *et al.*, (2016). Es probable que las malezas dentro y fuera del cultivo aseguren una migración y fuente potencial de infestación de trips (Nyasani *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2018).

2.5 Conclusión

Los datos indicaron que la oviposición de las hembras de *F. occidentalis* se da en las primeras etapas de desarrollo floral de zarzamora, por lo cual los estados siguientes del trips, ninfas I y II, se encuentran en etapas de botón abriendo, mientras que los adultos se concentraron principalmente en flores abiertas. El estado de ninfa II tardío se deja caer al suelo para llevar el proceso de pupación en este lugar. Las abundancias poblacionales fueron mayores en el cultivo cuando el porcentaje de floración fue superior al 80%. *Oxalis latifolia* y *Commelina benghalensis* se identificaron como plantas hospederas alternas *F. occidentalis*, en el interior y alrededor del cultivo de zarzamora.

Los resultados del presente estudio contribuirán a ajustar el manejo integrado del trips de la flora y las recomendaciones derivadas serán difundidas para los productores de zarzamora.

Agradecimientos

Al PhD. Ángel Rebollar por sus aportaciones, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento de la maestría y a los Productores por la disposición de sus parcelas.

2.6 Literatura citada

- Allsopp, E. (2010). Investigation into the apparent failure of chemical control for management of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), on plums in the Western Cape Province of South Africa. *Crop Protection*, 29(8), 824-831.
- Ben-Mahmoud, S., Smeda, J. R., Chappell, T. M., Stafford-Banks, C., Kaplinsky, C. H., Anderson, T., ... & Ullman, D. E. (2018). Acylsugar amount and fatty acid profile differentially suppress oviposition by western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, on tomato and interspecific hybrid flowers. *PLoS one*, 13(7), e0201583.
- Berndt, O., Meyhöfer, R., & Poehling, H. M. (2004). The edaphic phase in the ontogenesis of *Frankliniella occidentalis* and comparison of *Hypoaspis miles* and *Hypoaspis aculeifer* as predators of soil-dwelling thrips stages. *Biological Control*, 30(1), 17-24.
- Blanca, A. (2015). Las malas hierbas de América del Norte. *Diario de plantas nativas*, 16, 72-72.
- Broadbent, A. B., Rhoads, M., Shipp, L., Murphy, G., & Wainman, L. (2003). Pupation behaviour of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) on potted chrysanthemum. *The Canadian Entomologist*, 135(5), 741-744.
- Buitenhuis, R., & Shipp, J. L. (2008). Influence of plant species and plant growth stage on *Frankliniella occidentalis* pupation behaviour in greenhouse ornamentals. *Journal of Applied Entomology*, 132(1), 86-88.
- Cao, Y., Yang, H., Li, J., Zhang, G., Wang, Y., Li, C., & Gao, Y. (2018). Population development of *Frankliniella occidentalis* and *Thrips hawaiiensis* in constant and fluctuating temperatures. *Journal of Applied Entomology*, 143, 49-57.
- Castresana, J., Gagliano, E., Puhl, L., Bado, S., Vianna, L., & Castresana, M. (2008). Atracción del trips *Frankliniella Occidentalis* (Pergande)

- (Thysanoptera: Thripidae) con trampas de luz en un cultivo de *Gerbera Jamesonii* (G.). *Idesia*, 26(3), 51–56.
- Cavalleri, A., & Mound, L. A. (2012). Toward the identification of *Frankliniella* species in Brazil (Thysanoptera, Thripidae). *Zootaxa*, 3270, 1-30.
- Chaisuekul, C., & Riley, D. G. (2005). Host plant, temperature, and photoperiod effects on ovipositional preference of *Frankliniella occidentalis* and *Frankliniella fusca* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of economic Entomology*, 98(6), 2107-2113.
- Chau, A., Heinz, K. M., & Davies, F. T. (2005). Influences of fertilization on population abundance, distribution, and control of *Frankliniella occidentalis* on chrysanthemum. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 117(1), 27-39.
- Coll, M., Shakya, S., Shouster, I., Nenner, Y., & Steinberg, S. (2007). Decision-making tools for *Frankliniella occidentalis* management in strawberry: consideration of target markets. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 122(1), 59-67.
- Cubillos-Salamanca, Y. P. (2017). *Especies de trips asociadas a cultivos comerciales de zarzamora en Michoacán y Jalisco y estado de la resistencia a insecticidas de uso común*. (Tesis Maestría, Universidad Autónoma Chapingo, Edo. De México. Consultada en: www.chapingo.mx
- de Borbon, C. M. (2007). A key for the identification of second instar larvae of some common thrips (Thysanoptera: Thripidae). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 39(1), 69-81.
- Elimem, M., & Chermiti, B. (2009). Population dynamics of *Frankliniella occidentalis* Pergande (1895) (Thysanoptera: Thripidae) and evaluation of its different ecotypes and their evolution in a rose (*Rosa hybrida*) greenhouse in the Sahline Region, Tunisia. *Tunisian Plant Science and*

Biotechnology I. The African Journal of Plant Science and Biotechnology, 3, 53-62.

- Grabiele, M., Honfi, A. I., Grabiele, M., Debat, H. J., & Daviña, J. R. (2009). Caracterización morfológica y cromosómica de *Commelina benghalensis* L. (Commelinaceae) de Argentina. *Gayana. Botánica*, 66(1), 18-27.
- Gaum, W. G., Giliomee, J. H., & Pringle, K. L. (1994). Life history and life tables of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), on English cucumbers. *Bulletin of Entomological Research*, 84(2), 219-224.
- Gbur, E.E., Stroup, W.W., McCarter K.S., Durham, S., Young, L.J., Christman, M., West, M., Kramer, M., 2012. Analysis of Generalized Linear Mixed Models in the Agricultural and Natural Resources Sciences. Ed. ASA, CSSA and SSA. Wisconsin, USA. 283 p
- González-Zamora, J. E., & Garcia-Marí, F. (2003). The efficiency of several sampling methods for *Frankliniella occidentalis* (Thysan., Thripidae) in strawberry flowers. *Journal of Applied Entomology*, 127(9-10), 516-521.
- Holmes, N., Bennison, J., Maulden, K., & Kirk, W. (2012). The pupation behaviour of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 47(1), 87-96.
- Hulshof, J., Ketoja, E., & Vänninen, I. (2003). Life history characteristics of *Frankliniella occidentalis* on cucumber leaves with and without supplemental food. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 108(1), 19–32.
- Johansen, R. M., & Mojica-Guzman, A. (1998). The genus *Scirtothrips* Shull, 1909 (Thysanoptera: Thripidae, Sericothripini) in Mexico. *Folia Entomologica Mexicana*. 104, 23-108.
- Katayama, H. (2006). Seasonal prevalence of the occurrence of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) on

- weed hosts growing around ornamental fields. *Applied Entomology and Zoology*, 41, 93-98.
- Kiers, E., Kogel, W. D., Balkema-Boomstra, A., & Mollema, C. (2000). Flower visitation and oviposition behavior of *Frankliniella occidentalis* (Tysan., Thripidae) on cucumber plants. *Journal of Applied Entomology*, 124(1), 27-32.
- Lacasa, A. (1990). Datos de taxonomía, biología y comportamiento de *Frankliniella occidentalis*. *Cuadernos Phytoma España*, 4, 9-15.
- Macharia, I., Backhouse, D., Wu, S. B., & Ateka, E. M. (2016). Weed species in tomato production and their role as alternate hosts of tomato spotted wilt virus and its vector *Frankliniella occidentalis*. *Annals of Applied Biology*, 169(2), 224-235.
- Nyasani, J. O., Meyhöfer, R., Subramanian, S., & Poehling, H. M. (2013). Feeding and oviposition preference of *Frankliniella occidentalis* for crops and weeds in Kenyan French bean fields. *Journal of Applied Entomology*, 137(3), 204-213.
- Nyasani, J. O., Subramanian, S., Orindi, B., Poehling, H. M., & Meyhöfer, R. (2017). Short range dispersal of western flower thrips in field-grown French beans in Kenya. *International Journal of Tropical Insect Science*, 37(2), 79-88.
- Pearsall, I. A., & Myers, J. H. (2000). Population dynamics of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) in nectarine orchards in British Columbia. *Journal of Economic Entomology*, 93(2), 264-275.
- Pizzol, J., Nammour, D., Hervouet, P., Bout, A., Desneux, N., & Mailleret, L. (2010). Comparison of two methods of monitoring thrips populations in a greenhouse rose crop. *Journal of Pest Science*, 83(2), 191-196.

- Reitz, S. R. (2002). Seasonal and within plant distribution of *Frankliniella* thrips (Thysanoptera: Thripidae) in north Florida tomatoes. *Florida Entomologist*, 85(3), 431-439.
- Reitz, S. R. (2009). Biology and ecology of the Western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae): The making of a pest. *Florida Entomologist*, 92(1), 7–13.
- Rhodes, E. M., & Liburd, O. E. (2017). Flower thrips (Thysanoptera: Thripidae and Phlaeothripidae) species complex on Florida blackberries and the effect of blackberry cultivar. *Florida Entomologist*, 100, 478-481.
- Royo-Esnal A., López-Fernández M.L., (2008). Biología de *Oxalis latifolia*: revisión acerca de su origen, ciclo anual, características biológicas más notables y formas taxonómicas. *Agron Meso* 19(2) 299-309.
- Sampson, C., & Kirk, W. D. (2016). Predatory mites double the economic injury level of *Frankliniella occidentalis* in strawberry. *BioControl*, 61, 661-669.
- Sampson, C. (2018). Sustainable management of the Western flower thrips in strawberry crops. *Outlooks on Pest Management*, 29(4), 180-184.
- Shakya, S., Weintraub, P. G., & Coll, M. (2009). Effect of pollen supplement on intraguild predatory interactions between two omnivores: the importance of spatial dynamics. *Biological Control*, 50(3), 281-287.
- SIAP, 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. En línea, consultada 13 de noviembre de 2018 <https://www.gob.mx/siap>.
- Silva, R., Hereward, J. P., Walter, G. H., Wilson, L. J., & Furlong, M. J. (2018). Seasonal abundance of cotton thrips (Thysanoptera: Thripidae) across crop and non-crop vegetation in an Australian cotton producing region. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 256, 226-238.
- Singh, J., Chandel, R. S., & Sharma, P. L. (2018). Spatial distribution and interaction of *Eriosoma lanigerum* and *Aphelinus mali* on apple under dry-

temperate conditions of India. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 88(1), 383-390.

- Steiner, M. Y., Spohr, L. J., & Goodwin, S. (2011). Relative humidity controls pupation success and dropping behaviour of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *Australian Journal of Entomology*, 50(2), 179-186.
- Suganthy, M., Rageshwari, S., Senthilraja, C., Nakkeeran, S., Malathi, V. G., Ramaraju, K., & Renukadevi, P. (2016). New record of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande)(Thysanoptera: Thripidae) in South India. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 1, 857-867.
- Thrips Wiki. 2018. *Thrips Wiki—providing information on the World's thrips*. ([http://thrips.info/wiki/Main Page](http://thrips.info/wiki/Main_Page)) (accessed 25 mayo 2018).
- Ugine, T. A., Sanderson, J. P., & Wraight, S. P. (2006). Within-plant and temporal distribution of nymphal and adult western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), on flowers and foliage of greenhouse impatiens, *Impatiens wallerana*, and implications for pest population sampling. *Environmental entomology*, 35(2), 507-515.
- Vaello, T., Casas, J. L., Pineda, A., De Alfonso, I., & Marcos-García, M. Á. (2017). Olfactory response of the predatory bug *Orius laevigatus* (Hemiptera: Anthocoridae) to the aggregation pheromone of its prey, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Environmental Entomology*, 46(5), 1115–1119.
- Yudin, L. S., Cho, J. J., & Mitchell, W. C. (1986). Host range of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), with special reference to *Leucaena glauca*. *Environmental Entomology*, 15(6), 1292-1295.

- Wang, Z. H., Gong, Y. J., Jin, G. H., Li, B. Y., Chen, J. C., Kang, Z. J., ... & Wei, S. J. (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.
- Wu, S., Tang, L., Zhang, X., Xing, Z., Lei, Z., & Gao, Y. (2018). A decade of a thrips invasion in China: lessons learned. *Ecotoxicology*, 27(7), 1032-1038.
- Zhang, Z. J., Wu, Q. J., Li, X. F., Zhang, Y. J., Xu, B. Y., & Zhu, G. R. (2007). Life history of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera, Thripidae), on five different vegetable leaves. *Journal of Applied Entomology*, 131, 347-354.
- Zhi, J., Li, J., & Gai, H. (2010). Life table for experimental population of *Frankliniella occidentalis* feeding on leguminous vegetables. *Chinese Bulletin of Entomology*, 47, 313-317.

CAPÍTULO 3. DISTRIBUCIÓN VERTICAL Y ESPACIO TEMPORAL DEL TRIPS DE LAS FLORES, *Frankliniella occidentalis* Pergande, EN EL CULTIVO DE ZARZAMORA

RESUMEN

El estudio de distribución espacial se ha incorporado en las herramientas del manejo integrado de plagas. En los últimos años las principales zonas productoras de México de zarzamora, Michoacán y Jalisco han sido afectadas por el trips occidental de las flores (*Frankliniella occidentalis*) que ha generado resistencia a distintos insecticidas. Por lo tanto, los objetivos del presente estudio fueron determinar la distribución vertical y espacio-temporal de *F. occidentalis* en el cultivo de zarzamora. Para evaluar la distribución vertical se colocaron trampas azules de 10 x 25 cm a distintos estratos de la planta (superior, medio y bajo). Se cuantificaron semanalmente, durante 3 y 7 semanas. La distribución

espacial se obtuvo en dos temporadas colocando en 100 puntos de muestreo georreferenciados trampas azules, durante 7 semanas. El análisis de datos se realizó mediante semivariogramas y análisis espacial por índices de distancia (SADIE). Los resultados indicaron que la población de *F. occidentalis* se mantiene en los estratos superiores de la planta, por las invasiones de las parcelas vecinas. Los análisis de distribución espacial indicaron distribución espacial en agregados, los mapas generados mostraron que las primeras infestaciones ocurren de los bordes de las parcelas, y las infestaciones se ven influenciadas por el estado de desarrollo floral de sectores aledaños.

Palabras Clave: geoestadística, infestación, agregación, semivariogramas.

ABSTRACT

Vertical distribution and spatio-temporal of the trips of the flowers, *Frankliniella occidentalis* Pergande, in the blackberry cultivation

The study of spatial distribution has been incorporated into the tools of integrated pest management. In recent years the main producing areas of Mexico of blackberry, Michoacán and Jalisco have been affected by the western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) that has generated resistance to different insecticides. Therefore, the objectives of the present study were to determine the vertical and spatio-temporal distribution of *F. occidentalis* in the cultivation of blackberry. To evaluate the vertical distribution, 10 x 25 cm blue traps were placed in different strata of the plant (upper, middle and lower). They were quantified weekly, for 3 and 7

weeks. The spatial distribution was obtained in two seasons placing in 100 sampling points georeferenced blue traps, during 7 weeks. The data analysis was performed by semivariograms and spatial analysis by distance indexes (SADIE). The results indicated that the population of *F. occidentalis* is maintained in the upper strata of the plant, by the invasions of neighboring plots. The spatial distribution analyzes indicated spatial distribution in aggregates, the generated maps showed that the first infestations occur from the borders of the plots, and the infestations are influenced by the state of floral development of nearby sectors.

Keywords: geostatistics, infestation, aggregation, semivariograms.

3.1 INTRODUCCIÓN

En México, el cultivo de zarzamora inició en 1985, en Tetela del Volcán, Morelos (Pérez-Barraza & Vázquez, 2003; Cancino *et al.*, 2011). Este cultivo rentable en México. En 2017 se tuvo una producción de 270,399.37 toneladas a nivel nacional, y el 96% de esta producción se concentra en el estado de Michoacán (SIAP, 2018).

El trips occidental de las flores, *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae), se ha convertido en una de las plagas agrícolas más importantes a nivel mundial y una de las más estudiadas del orden Thysanoptera (Reitz, 2009). Desde la década de los 70's, se extendió en Estados Unidos de América y Canadá, se documentó por primera vez en los Países Bajos en 1983, en México durante 1989 y en China en 2003 (Kirk & Terry, 2003; Zhang *et al.* 2003). En el cultivo de zarzamora, *F. occidentalis* causa deformación de los frutos debido a los efectos adversos a la polinización y en consecuencia afecta formación normal de las drupeolas, dando como resultado el deterioro de la calidad comercial (Cubillos-Salamanca, 2017). Esta plaga puede ocasionar hasta 50% de pérdidas en la producción de zarzamora, por lo que es necesario diseñar un programa eficaz de manejo integrado de esta especie.

El trips occidental de las flores presenta un alto potencial biótico, dinámico y poblacional, su bioecología depende de varios parámetros abióticos tales como temperatura, humedad relativa, fotoperiodo, fenología y tipo de planta hospedera (Elimem *et al.*, 2011; Cao *et al.*, 2018). La arquitectura y fenología de la planta hospedera impacta directamente en el comportamiento y distribución intra-planta de *F. occidentalis* (Osekre *et al.*, 2009). Al respecto, Lacasa (1990) documentó que normalmente las poblaciones de esta especie se encuentran en las partes superiores de las plantas. La distribución no se ve influenciada por las corrientes de viento y son las hembras de *F. occidentalis* las que muestran mayor capacidad de dispersión (Rhainds & Shipp, 2004; Nyasani *et al.*, 2017).

Los estudios de distribución espacial han sido de gran importancia para comprender la estructura y dinámica de las poblaciones, comunidades y ecosistemas (Wu & Wang, 2019). El uso de las herramientas geoestadísticas se han incorporado en programas de manejo integrado de plagas, incluyendo el monitoreo, la elaboración de mapas y el muestreo, lo cual permite realizar con mayor precisión aplicaciones racionales de insumos (Dal Prá *et al.*, 2011; Park *et al.*, 2011). El conocimiento de la distribución espacial (DE) de una población de insectos plaga permite planificar estrategias de manejo integrado, desarrollar muestreos eficientes para prevenir el daño a los cultivos. La DE se ha utilizado en varios estudios a través de diferentes métodos (Shayestehmehr *et al.*, 2017). Por ejemplo, Healey *et al.* (2017) evaluaron las diferencias en la distribución temporal y la abundancia de *F. occidentalis* y *F. schultzei* Trybom por medio del coeficiente de correlación de Pearson en cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), lechuga (*Lactuca sativa* L.) y calabacín francés (*Curbita* sp. L.) y determinaron que el momento oportuno para el monitoreo y control de estas especies es la etapa de pre-floración. Por su parte, Zhang *et al.* (2018) emplearon el método de ajuste de Chi-cuadrada, índices de agregación y regresión lineal para evaluar el patrón de distribución espacial de *F. occidentalis* durante la etapa de floración en el cultivo de chile pimiento (*Capsicum annum* L.). Martins *et al.* (2018) para la caracterizaron de la distribución espacial de *Tuta absoluta* (Meyrick) emplearon el método de semivariogramas en campos abiertos de tomate con la finalidad de conocer cómo se introduce y se propaga esta plaga en este cultivo. Singh *et al.* (2018) estudiaron la abundancia estacional y la distribución espacial del pulgón *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) y de su parasitoide *Aphelinus mali* (Haldeman) con el uso de la metodología de relación varianza media.

El análisis espacial por índices de distancia (SADIE, de Spatial Analisis by Distance Indice) es una técnica que ha permitido determinar los patrones espaciales de las poblaciones de insectos. El SADIE permite definir la intensidad de la presencia de individuos entre las unidades de muestreo y el grado de

asociación, teniendo en cuenta explícitamente sus posiciones espaciales relativas. Los puntos de referencia y geoestadísticos pueden proporcionar una interpretación completa de los patrones espaciales de una plaga, lo que permite determinar el índice de agregación (I_a), los sitios específicos de agregación y las primeras infestaciones de un cultivo a través del tiempo (Perry, 1995). Esta metodología ha sido de gran utilidad en el estudio de los insectos plaga como el comportamiento espacial de trips (Insecta: Thysanoptera) (Ramírez *et al.*, 2013), *Ceutorhynchus pallidactylus* Marsham, 1802 y *Brassicogethes aeneus* Fabricius, 1775 (Hlavjenka *et al.*, 2017), así como en la asociación de *Therioaphis maculata* Buckten e *Hippodamia variegata* Goeze (Shayestehmehr *et al.*, 2017) y *Megacopta cribraria* F. (Knight *et al.*, 2017) y *Riptortus pedestris* Fabricius (Jung & Lee, 2018).

En el cultivo de zarzamora, bajo el sistema de producción forzada, no se conocen los patrones de invasión, la disposición espacio-temporal ni la distribución intra-planta de *F. occidentalis*. El desconocimiento de esta información deriva en exceso de confianza en el uso irracional de insecticidas químicos, lo que ha causado problemas de resistencia acelerada en las poblaciones de esta especie en el cultivo de zarzamora (Cubillos-Salamanca, 2017). El objetivo de este trabajo consistió en determinar la distribución vertical y espacio-temporal de *F. occidentalis* en el cultivo de zarzamora.

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1 Área de estudio

El estudio se realizó en dos parcelas comerciales de zarzamora convencional (cv 'Tupy') en dos temporadas en el municipio de Ziracuaretiro, Michoacán, México. La primera se estableció en el Rancho "La Esperanza" (19°23'36.41" N - 101°56'29.5" W) y la segunda en el Rancho "Santa María" (19° 24' 1.84" N – 101° 55' 58.92" W). En ambas plantaciones, los surcos de este cultivo fueron de 50 ± 5 m de largo, con una separación entre surcos de 2 m. Durante el desarrollo de

la investigación, no se realizaron aplicaciones de insecticidas. El productor realizó las labores de mantenimiento de la plantación tales como, podas, fertilización y control de malezas durante el desarrollo del cultivo.

3.2.2. Distribución vertical de *F. occidentalis*

El experimento de distribución vertical se estableció en dos temporadas de cultivo: la primera del 26 de abril al 22 de mayo de 2018 y la segunda del 28 de septiembre al 16 de noviembre de 2018 en el rancho “La Esperanza”. El experimento se estableció en un diseño de bloques completos al azar, en 4 surcos de 40 ± 5 m de largo con separación de 2 m entre surco; estos surcos se dividieron en secciones de 10 m de largo (bloques). En el centro de cada bloque se colocaron 3 trampas adhesivas Horiver® de color azul (10 x 25 cm; Koppert® Biological Systems, Rodenrijs, Holanda) en tres estratos de la planta: estrato superior (a los 150 cm del suelo), medio (a los 70 cm) y bajo (a los 30 cm del suelo), los cuales representaron los tratamientos. Las trampas se revisaron, y reemplazaron cada semana, durante 3 y 7 semanas por cada una de las temporadas (Allan & Gillett *et al.*, 2018). En el laboratorio, las trampas se revisaron y se contabilizó el número total de trips por trampa. Los datos de capturas por trampa, en un diseño en bloques completos al azar con medidas repetidas (fechas de muestreo) asumiendo que los conteos de trips por trampa por semana son descritos por una distribución binomial negativa (Gbur *et al.* 2012). Para ello, se usó la función Log como vínculo (link function) a través del procedimiento Glimmix (Generalized Linear Mixed Models) de SAS Versión 9.4. Posteriormente, se realizó una comparación de medias de Fisher LSD ($\alpha = 0.05$) en la escala Log. Los valores de las medias se regresaron a su escala original solicitando la función inversa por medio de la opción *ilink* de SAS con el mismo procedimiento antes mencionado.

3.2.3 Análisis patrón espacial

Para determinar el patrón espacial de *F. occidentalis*, el estudio se desarrolló durante dos temporadas de floración de zarzamora. La primera del 5 de octubre de 2018 al 16 de noviembre de 2018 en la parcela “La Esperanza” y la segunda del 30 de noviembre de 2018 al 11 de enero de 2019 en la parcela “Santa María”. Ambas plantaciones en la etapa de floración (aparición de botón cerrado en al menos el 15% de las plantas). En cada parcela, se seleccionaron 10 surcos, se colocaron 10 trampas pegajosas de color azul de 10 x 25 cm Horiver® (Koppert® Biological Systems, Rodenrijs, Holanda), separadas cada 5 m (Fig. 11). Las trampas se colocaron a 1.50 m sobre el dosel de la planta, se usó un GPS (Garmin, Othale, KS, USA) para registrar la posición de cada punto de muestreo en el sistema de coordenadas Universal Transverse Mercator (UTM). En el laboratorio se contó el número de adultos por trampa cada semana en el microscopio estereoscópico (Zeigen® Modelo ZEZ 300). Para el conteo, las trampas se dividieron en cuadrículas de 5 cm. El conteo se realizó en 7 semanas durante todo el período de floración de cada temporada.

3.2.4 Análisis de datos

El análisis del patrón espacial se determinó mediante el uso de semivariogramas (Journel & Huijbregts, 1978) y el SADIE (Perry, 1995). La formulación teórica del variograma de una función intrínseca aleatoria se expresa como:

$$y^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i + h) - z(x_i)]^2$$

Donde:

$y^*(h)$ es el valor experimental del semivariograma para el intervalo de distancia h

$N(h)$ es el número de pares separados por el intervalo de distancia h

$z(x_i)$ es el valor de la variable de interés en el punto muestral

x_i y $z(x_i + h)$ es el valor de la variable de interés en el punto muestral $x_i + h$

La estimación del semivariograma se realizó mediante el Proc Variogram de SAS ver 9.4. A partir de los datos (número de trips por trampa) recolectados en cada temporada y fecha de muestreo. Primeramente, se determinó el semivariograma empírico. Después del análisis exploratorio de los datos, se procedió a ajustar los modelos más comunes (Gaussiano, Esférico, Exponencial, Sin- Hole y Matern). El ajuste de los diferentes modelos de semivariograma teóricos se realizó de manera automatizada con el PROC VARIAGRAMA de SAS, con el cual se generó el estimado de los parámetros de los modelos (la meseta, rango y la pepita). El modelo de mejor ajuste, fue el que tuvo el valor más bajo de la suma de cuadrados del error y el criterio de información de Akaike (AIC).

El nivel de dependencia espacial se obtuvo al dividir el efecto pepita entre la meseta y expresando en porcentaje el resultado. Si el resultado es menor de 25% el nivel de dependencia espacial es alta, si se encuentra entre 26 y 75% el nivel de dependencia espacial es moderado y si es mayor de 76% el nivel de dependencia es bajo (Cambardella *et al.*, 1994).

Una vez seleccionado el modelo de mejor ajuste, la predicción espacial se realizó por medio del método de Krigging ordinario usando el PROG KRIGE2D de SAS ver 9.4. Los valores estimados y los errores estándar se usaron para elaborar mapas de contorno usando el software Surfer® Ver 16 (Golden Software Inc. 809, Golden, Colorado, USA).

Adicional al análisis de Semivariograma, por cada temporada y fecha de muestreo se realizó un análisis de autocorrelación espacial basado en el índice de Moran global (IMG), bajo la hipótesis nula de aleatoriedad. Este índice es útil para detectar incluso la influencia que tienen regiones más alejadas, cuando se calcula en base en matrices de contigüedad de órdenes sucesivos. Este índice es análogo al coeficiente de correlación y sus valores se extienden a partir de 1

(autocorrelación espacial positiva fuerte) a -1 (autocorrelación espacial negativa fuerte) y cercano a 0 indica la no presencia de autocorrelación (Moran, 1950).

El análisis de la distribución espacial de *F. occidentalis*, también se realizó mediante el SADIE. Este índice se usó para determinar el índice general de agregación I_a , para cada semana durante las dos temporadas de floración (Perry 1995). La probabilidad de agregación (P_a), basada en la comparación entre las distancias observadas y permutadas a la regularidad. Los valores de $I_a > 1$ indican agregación espacial, $I_a = 1$ datos ordenados aleatoriamente, y los valores de $I_a < 1$ indican recuentos dispuestos regularmente (Perry, 1996). Para identificar las características de cada unidad de muestreo, se generó el índice de agrupamiento (v_i, v_j) el cual se calcula un índice de agrupación positivo (v_i) y el índice de agrupación negativo (v_j) para los conteos por debajo de la media, lo que da origen a “manchas” y “claros”, respectivamente. Los valores mayores que 1.5 representan altas agrupaciones de individuos; la aleatoriedad se indica con valores de coordenadas entre 1.5 y -1.5, y los espacios en blanco se indican con valores de coordenadas < -1.5 (Klick *et al.*, 2016). El análisis por SADIE se realizó con el software WSADIE (Li *et al.*, 2012). La agrupación significativa y los valores de los índices de agrupamiento se usaron para elaborar mapas de contorno usando para ello interpolación lineal por Krigging ordinario con el software Surfer® Ver 16 (Golden Software).



Figura 11. Ubicación de las parcelas comerciales de zarzamora y diseño de la cuadrícula de muestreo. A; Rancho La Esperanza y B; Rancho Santa María. Cada punto marcado representa una trampa de color azul de 10 x 25 cm. Imagen © 2018 DigitalGlobe.

3.3 Resultados

3.3.1 Distribución vertical de *F. occidentalis* en plantas de zarzamora

En análisis de datos en la primera temporada indicó que la interacción entre el estrato de la planta (superior, medio o bajo), con el tiempo (26 de abril al 22 de mayo de 2018) no fue significativa ($F=2.7$; $DF= 8.891$; $P=0.1$). Es decir, el nivel de captura de adultos de trips, no dependió del tiempo o fecha de evaluación. Sin embargo, hubo diferencias significativas entre los estratos ($F=1974.65$; $DF= 9.216$; $P<0.0001$). En esta temporada, la comparación de medias indicó que, en general, el estrato superior concentró el número más alto de capturas de trips, seguido de los estratos medio y bajo (Cuadro 1; Fig. 12). En la segunda temporada, de manera similar, los datos indicaron que la interacción entre los factores estrato y tiempo fue significativa ($F=6.32$; $DF= 4.929$; $P=0.02$). En este caso, el número adultos de trips por estrato estuvo influenciado por una fecha de muestreo, resultado en interacción significativa. Entre los estratos hubo diferencias significativas ($F=40.05$; $DF= 9.103$; $P<0.0001$), siendo nuevamente el

estrato superior concentró el mayor número de trips (Cuadro 1), con excepción en la semana 4, donde el estrato medio superó ligeramente al estrato superior (Fig. 13).

Cuadro 1. Altura de los diferentes estratos de la planta de zarzamora y promedio del número total de trips (\pm EE) por trampa en las temporadas 2018-2019 en la parcela “La Esperanza” en Ziracuaretiro, Michoacán.

		TEMPORADA 1	TEMPORADA 2
		Número de trips	Número de trips
Estrato	A (150 cm)	800.34 \pm 10.156 a	15.35 \pm 1.379 a
	B (70 cm)	331.44 \pm 6.483 b	7.381 \pm 0.999 b
	C (30 cm)	138.81 \pm 3.836 c	0.988 \pm 0.312 c

EE, error estándar. Cada valor seguido de letras distintas, son significativamente diferentes (Alpha = 0.05)

LS-medias con la misma letra no son significativamente diferente

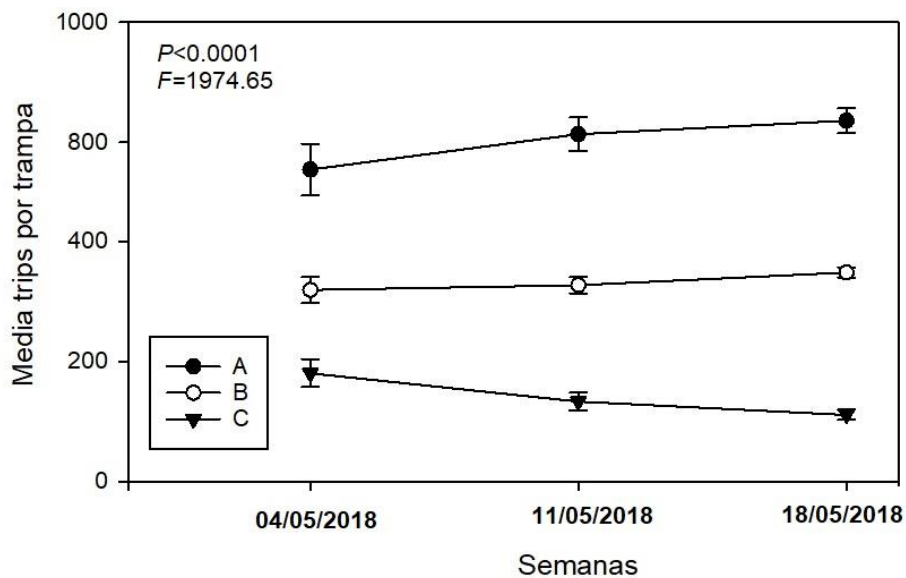


Figura 12. Número de trips por trampa en la temporada 1 en los distintos estratos de la planta de zarzamora. Las barras verticales sobre los puntos indican el error estándar de la media. Semanas del 27 de abril al 18 de mayo de 2018. Las letras corresponden a los distintos estratos superior (A), medio (B), y bajo (C) de la planta.

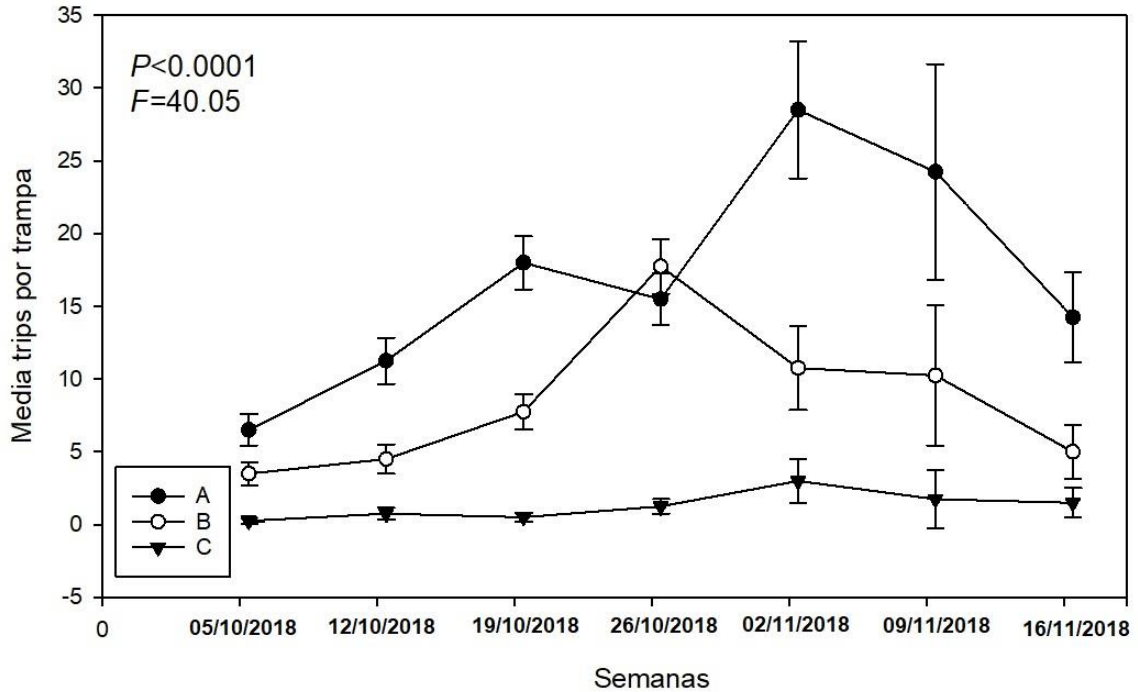


Figura 13. Número de trips por trampa en la temporada 2 en los distintos estratos de la planta de zarzamora. Las barras verticales sobre los puntos indican el error estándar de la media. Semanas del 28 de septiembre al 16 de noviembre de 2018. Las letras corresponden a los distintos estratos superior (A), medio (B), y bajo (C) de la planta.

3.3.2 Análisis del patrón espacial

Autorrelación espacial y ajuste de semivariogramas

El análisis de autocorrelación espacial con base en la I de Moran, indicó que en la primera temporada de muestreo en la fecha 1 se presentó una autocorrelación positiva espacial en el número de trips por trampa (Cuadro 2); es decir, el número de trips cercanos tuvieron una tendencia de valores similares. Las fechas 5, 6 y 7, presentaron una autocorrelación; es decir, una distribución agregada, aunque no como en la fecha 1. En el resto de las fechas la autocorrelación no fue significativa, resultando en una distribución aleatoria de los datos. Para la temporada 2, el análisis de autocorrelación se presentó fuerte para 6 de las 7 semanas del experimento, con excepción de la semana 6 donde hubo una autocorrelación baja (Cuadro 3).

Con respecto al análisis de dependencia espacial, en general, los modelos tuvieron un ajuste cuestionable; de estos, el modelo SHE (*Sin Hole Effect*) fue uno de los más frecuentes para ambas temporadas. Aunque el nivel de dependencia espacial en general coincidió con el análisis de autocorrelación espacial. En todos los casos se tuvo un efecto pepita (Nugget effect), indicando ya sea un alto error en el muestreo en unidades de muestreo vecinas o que la mayor parte de la variación ocurre a un retraso espacial menor al mostrado en el semivariograma empírico. La distancia máxima hasta la cual existe una dependencia espacial mostrada por el rango, osciló en la temporada 1 entre los 4 y 38 m, en la temporada 2 de 1 a 404 m, los datos no se ajustaron a un rango aceptable debido a la alta variabilidad por error de muestreo,

Cuadro 2. Parámetros de semivariogramas de los modelos ajustados del número de trips en la temporada 1, 2018 en la parcela “La Esperanza” de zarzamora. Ziracuaretiro, Michoacán.

Semana	Fecha	Rango (m)	Meseta	pepita	Nivel de dependencia espacial	Modelo	I Moran (Z)	P (Z)	Patrón espacial
1	05/10/18	4	1554.8	1.75	Alta	SHE-Sph	3.72	0.0002*	Agregado
2	12/10/18	38.7	3.764	8.74	Baja	SHE	0.91	0.3603	Al azar
3	19/10/18	15.6	74.50	103	Baja	Gau	0.99	0.3176	Al azar
4	26/10/18	14.8	0.108	0.187	Baja	SHE	0.37	0.7107	Al azar
5	02/11/18	4	97.87	0.187	Alta	Gau-Sph	2.22	0.0266*	Agregado
6	09/11/18	33.6	9.18	37.8	Baja	SHE	1,92	0.0549	Agregado
7	16/11/18	17.8	0.10	0.378	Baja	SHE	1.42	0.1569	Agregado

SHE Efecto pepita puro, *Sph* Esférico, *Gau* Gaussiano. * Significativos al 0.05%

Cuadro 3. Parámetros de semivariogramas de los modelos ajustados del número de trips en la temporada 2, 2018-2019 en la parcela “Santa María” de zarzamora. Ziracuaretiro, Michoacán.

Se ma na	Fecha	Rango (m)	Meseta	pepita	Nivel de dependencia espacial	Modelo	I Moran (Z)	P (Z)	Patrón espacial
1	30/11/18	24.62	51.1862	15.04	Moderada	SHE	6.21	0.0001*	Agregado
2	07/12/18	404.04	2489.64	24.88	Alta	Exp-Gau	2.32	0.0204*	Agregado
3	14/12/18	166.77	436.3	21.34	Alta	Mat	4.05	0.0001*	Agregado
4	21/12/18	123.69	481.06	48.66	Alta	Gau-Mat	2.38	0.0175*	Agregado
5	28/12/18	4.08	83617	2381.5	Alta	Sph-SHE	2.62	0.0089*	Agregado
6	04/01/19	1.116	5227.95	0	Baja	Gau-SHE	0.822	0.4112	Al azar
7	11/01/19	2.83	6.10 ⁶	4965.4	Alta	SHE-Sph	2.8	0.0051*	Agregado

SHE Efecto pepita puro, Sph Esferico, Gau Gaussiano, Exp Exponencial, Mat Matern * Significativos al 0.05%

3.3.3 Determinación del Patrón de distribución espacial de *F. occidentalis* mediante SADIE

En la temporada 1, la distribución espacial fue agregada en las 7 semanas de colectas. El patrón espacial fue significativamente alto en las semanas 1, 2, 4 y 5. Los valores de agregación local v_i y v_j representaron altas agregaciones de *F. occidentalis* en las semanas 1 y 5 (Fig. 14). En la temporada 2 (Cuadro 5), el número de trips fue mayor, y el comportamiento de distribución continuó siendo agregado en todas las semanas. Se mostró una probabilidad de agregación significativa en 5 de las 7 semanas, con excepción de las semanas 2 y 5. Por su parte, durante esta temporada se presentaron mayores agrupaciones de *F. occidentalis* en las semanas 1, 3, 4 y 7 (Fig. 15).

Los mapas muestran mayores niveles de agregación en los márgenes de la parcela, lo que sugiere migración proveniente de fuentes de infestación aledañas a las parcelas en estudio (Fig.14 y 15).

Cuadro 4. Datos resumidos de los análisis espaciales por índices de distancia (SADIE) de las poblaciones de *Frankliniella occidentalis* que colonizaron el cultivo de zarzamora durante la temporada 2018 en la parcela “La Esperanza”, Ziracuaretiro, Michoacán.

Semana	Fecha	Número promedio de trips \pm EE	I_a	P_a	Media V_j	$P V_j$	Media V_i	$P V_i$	Patrón espacial
1	05/10/2018	2.59 \pm 0.201	2.404	0.0002*	-2.257	0.0001*	2.058	0.0001*	Agregado
2	12/10/2018	4.49 \pm 0.347	1.298	0.048*	-1.255	0.0633	1.224	0.0719	Agregado
3	19/10/2018	7.9 \pm 0.487	1.098	0.22	-1.026	0.3526	1.113	0.1884	Agregado
4	26/10/2018	9.97 \pm 0.557	1.34	0.033*	-1.324	0.0362*	1.267	0.0528	Agregado
5	02/11/2018	17.06 \pm 0.99	1.596	0.002*	-1.594	0.0015*	1.552	0.0022*	Agregado
6	09/11/2018	13.33 \pm 0.65	1.059	0.294	-1.042	0.3095	1.026	0.3441	Agregado
7	16/11/2018	14.82 \pm 1.28	1.198	0.118	-1.167	0.1468	1.105	0.2076	Agregado

EE; Error estándar de la media del número de trips, *Significativo al $P < 0.05$. I_a , Índice de agregación; P_a , probabilidad del I_a al 0.05. V_j media de valores que representan un claro “gap”; $P V_j$ probabilidad. V_i , media de valores que representan una mancha “patch” con su probabilidad $P V_i$.

Cuadro 5. Datos resumidos de los análisis espaciales por índices de distancia (SADIE) de las poblaciones de *Frankliniella occidentalis* que colonizaron el cultivo de zarzamora durante la temporada 2018-2019 en la parcela “Santa María”, Ziracuaretiro, Michoacán.

Semana	Fecha	Número medio de trips (\pm EE)	I_a	P_a	V_j	$P V_j$	V_i	$P V_i$	Patrón espacial
1	30.11.18	8.43 \pm 0.678	1.889	0.0003*	-1.751	0.0012*	1.744	0.0013*	Agregado
2	07.12.18	11.01 \pm 0.37	1.226	0.097	-1.149	0.1647	1.161	0.1431	Agregado
3	14.12.18	10.6 \pm 0.886	2.031	0.0002*	-1.952	0.0001*	1.821	0.0001*	Agregado
4	21.12.18	16.92 \pm 0.83	2.22	0.0002*	-2.278	0.0001*	2.008	0.0001*	Agregado
5	28.12.18	90.45 \pm 6.21	1.242	0.081	-1.137	0.1711	1.222	0.0781	Agregado
6	04.01.19	120.13 \pm 7.8	1.312	0.042*	-1.244	0.0761	1.18	0.1202	Agregado
7	11.01.19	149.8 \pm 10.9	1.965	0.0002*	-1.95	0.0001*	1.859	0.0001*	Agregado

EE; Error estándar de la media del número de trips, *Significativo al $P < 0.05$. I_a , Índice de agregación; P_a , probabilidad del I_a al 0.05. V_j media de valores que representan un claro “gap”; $P V_j$ probabilidad. V_i , media de valores que representan una mancha “patch” con su probabilidad $P V_i$.

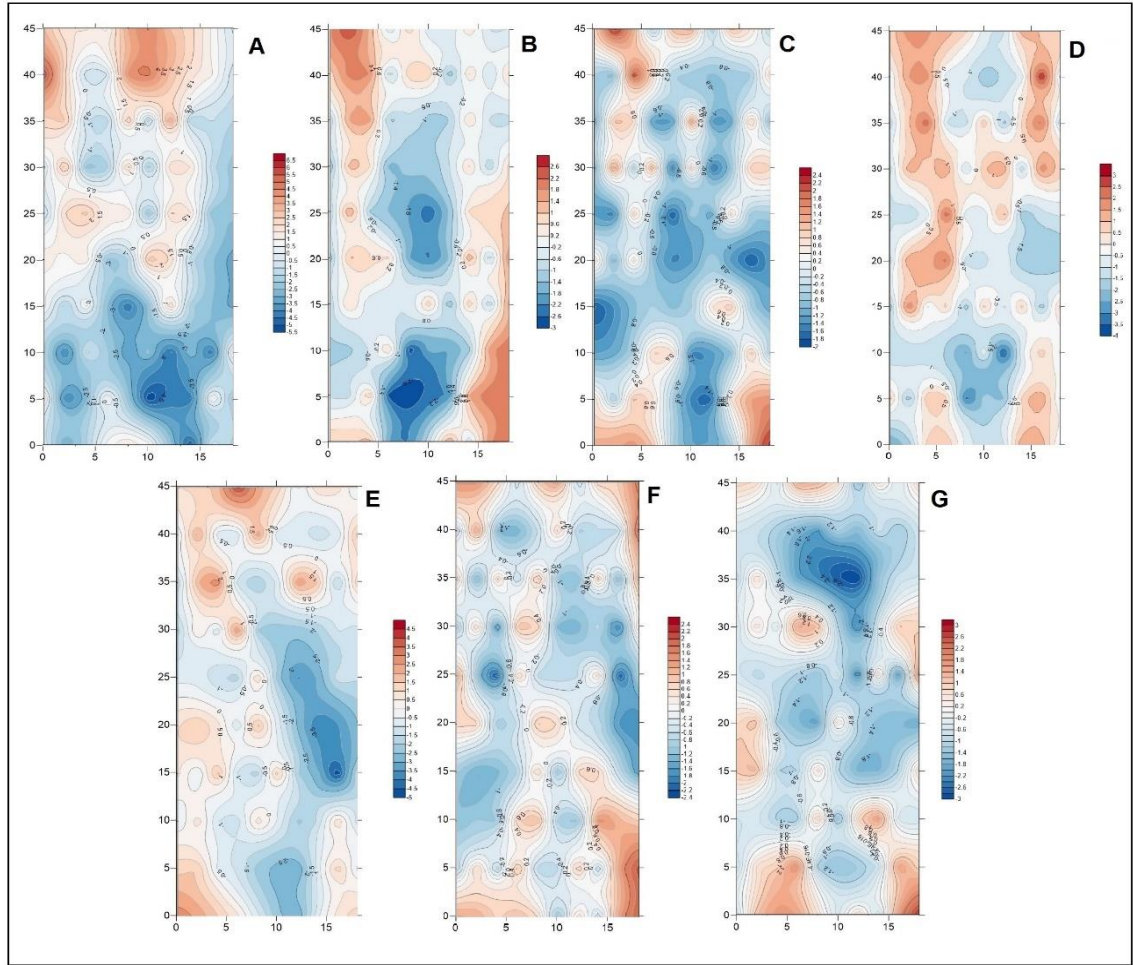


Figura 14. Mapas de distribución espacial de la parcela de zaramora cv ‘Tupy’ “La esperanza”, representación de cada semana: A; 5/10/18, B; 12/10/18, C; 19/10/18, D; 26/10/18, E; 2/11/18, F; 9/11/18, G; 16/11/18. Cada barra de escala en el lado derecho de cada mapa representa índices de agregación local (rojo) y claros (azul). Ziracuaretiro, Michoacán.

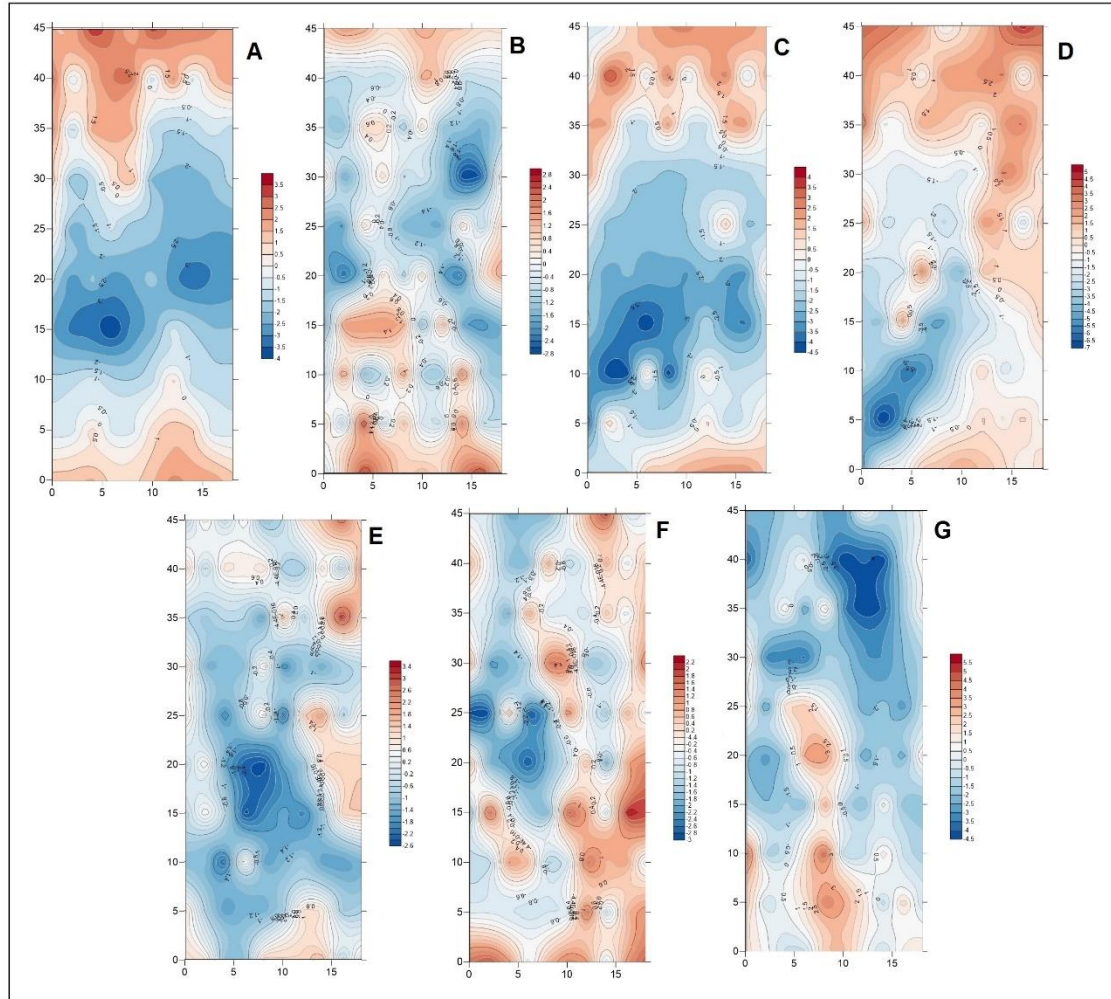


Figura 15: Mapas de distribución espacial de la parcela de zaramora cv ‘Tupy’ “Santa María”, representación de cada semana A; 30/11/18, B; 07/12/18, C; 14/12/18, D; 21/12/18, E; 28/12/18, F; 04/01/19 y G; 11/01/19. Cada barra de escala en el lado derecho de cada mapa representa índices de agregación local (rojo) y claros (azul). Ziracuaretiro, Michoacán.

3.4 Discusión

El estudio de la distribución vertical de *F. occidentalis* reveló que, desde el inicio del periodo de floración, las poblaciones de *F. occidentalis* se mantienen preferentemente en el estrato superior de las plantas de zaramora, aún en temporadas de baja densidad, lo cual se debe a las migraciones de las parcelas aledañas como se demostró en el estudio de distribución espacial. Ugine et al. (2006) demostraron que los adultos de *F. occidentalis* se mantienen en los

estratos superiores donde se concentra el mayor número de flores, debido a la preferencia de flores abiertas con polen, como ha sido ampliamente documentado (Hansen *et al.*, 2003; Kasina *et al.*, 2009). Además, la distribución del trips dentro de la planta, también puede ser influenciada por la fenología de las plantas y sus estructuras florales (Chau *et al.*, 2005). Estudios realizados por Kasina *et al.* (2009) mostraron la infestación de *F. occidentalis* en cultivos de frijol en estratos inferiores y flores tempranas, contrario a lo documentado en cultivos de tomate, pimiento, crisantemos (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev), arándano (*Vaccinium* spp. L.) y algodónero (*Gossypium* sp. L.) en los cuales se evidenció la mayor presencia del trips en estratos superiores (Chau *et al.*, 2005; Atakan & Bayram, 2011; Elimem *et al.*, 2018a; Elimem *et al.*, 2018b), similar a los resultados obtenidos en este estudio. Este estudio relaciona la permanencia de trips en las partes superiores de las plantas de zarzamora, debido a que los trips hacen vuelos justo por encima del dosel de la planta (Brødsgaard, 1989). La importancia del conocimiento de la distribución dentro de la planta radica en las aplicaciones de muestreos eficientes dentro de un sistema de cultivo (Ugine *et al.*, 2006).

El hecho de que la mayor densidad poblacional se concentre en los estratos medios y superiores, sugiere que las migraciones de adultos de fuentes contiguas a la parcela juegan un papel importante. Los estudios de bioecología (Capítulo 2) evidenciaron la alta probabilidad de que *F. occidentalis* pupa en el suelo, lo que en parte podría explicar las densidades poblaciones en estrato bajo.

El análisis del patrón espacial por medio del índice de Moran mostraron alta dependencia espacial en la primera semana y baja en el 50% de las semanas. En la segunda temporada predominó la alta dependencia espacial en las diferentes unidades de muestreo, estos resultados indican que el patrón de distribución de *F. occidentalis* es agregado, consistente con lo documentado por Arévalo & Liburd, (2007) y Rhodes *et al.* (2011). Los rangos se mostraron entre los 4 y 38 m en la primera temporada, coincidiendo con lo reportado a especies

de trips en el cultivo de arándano (Rhodes *et al.*, 2011). En la segunda temporada, los rangos correspondieron a datos pequeños (1 m) y extremadamente grandes (404 m), debido a los altos valores de efectos pepita. Los datos se ajustaron en su mayoría a un modelo *Sin Hole Effect* o efecto pepita puro. La técnica del semivariograma ha mostrado ajustes de modelos esféricos y gaussianos, principalmente relacionados con *F. occidentalis* (Rhodes *et al.*, 2011; Maldonado *et al.*, 2017). En general, se sabe que la técnica de semivariogramas tiene una baja sensibilidad distintos factores, incluido datos extremos y bajos de infestaciones, en varianzas y medios, ubicación y espaciado de los puntos de muestra (Blom & Fleischer 2001). Nuestros resultados pudieron asociarse a la variabilidad de números de *F. occidentalis* en las trampas y la conglomeración de los puntos de muestreo, similar a lo documentado por Farias *et al.* (2004) y Rijal *et al.* (2016) donde el efecto pepita fue alto y semivariogramas *Sin Hole Effect*. Estos resultados fueron similares a los obtenidos con el SADIE en ambas parcelas de *F. occidentalis* en el cultivo de zarzamora. Esta técnica mostró que las poblaciones tienen una distribución espacial agregada, como se ha reportado previamente (Atakan & Bayram 2011; Maldonado *et al.*, 2017; Zhang *et al.*, 2018). El análisis de distribución espacial con el SADIE, mostró ser una herramienta adecuada para el análisis espacial de *F. occidentalis*, al ajustarse en los puntos de muestreo en donde el número de trips fueron bajos o nulos. Los mapas generados en el presente estudio indicaron en la temporada 1, semana 1 infestaciones agregadas al norte de la parcela por el borde, que en dicha orientación se encontraba un sector de zarzamora en etapa de cosecha, es decir, el número de flores era relativamente bajo. De igual manera, en la temporada 2, las infestaciones provenientes ocurrieron de los puntos cardinales norte y sur de la parcela, donde se situaban sectores de cultivos de zarzamora en defoliación y cosecha, respectivamente. Lo anterior explica que el patrón de invasión de *F. occidentalis* en las parcelas seleccionadas se dio principalmente por los bordes, influenciado por el estado de desarrollo de las plantas en los otros sectores aledaños a la parcela en estudio. Efectos similares han sido documentados para

plagas como *F. schultzei*, *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae) y *Tetranychus urticae* CL Koch (Acari: Tetranychidae), donde las infestaciones ocurren de parcelas vecinas (Karimzadeh *et al.*, 2011; Kakkar *et al.*, 2012; Rijal *et al.*, 2016). La presencia de flores es la razón para migrar a otros campos de cultivo; además de que *F. occidentalis* usa señales visuales y olfativas para ubicar a sus hospederos (Teulon *et al.*, 1999; Kasina *et al.*, 2009).

El sistema de producción forzada aplicado en la producción de zarzamora en México, favorece la reproducción de artrópodos plaga y enfermedades, al diseminarse de un sector de cultivo a otro dentro de la misma parcela, dependiendo de la disposición de alimento y condiciones favorables. Lo anterior debido a que el productor programa las cosechas en función de la demanda en el mercado. Al tener sectores de cultivo en diferentes etapas fenológicas las poblaciones de insectos como trips, migran de un sector a otro dependiendo el estado de desarrollo del cultivo, lo que complica la implementación de estrategias de manejo integrado. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio evidenciaron los patrones de invasión de *F. occidentalis* a cultivos que inician la floración, lo que permitirá implementar prácticas en un marco del MIP, que reduzcan la densidad y capturen las poblaciones migrantes antes de llegar a los sectores de cultivo al inicio de la floración.

3.5 Conclusiones

Los resultados de este estudio indicaron que los adultos de *F. occidentalis* se concentran principalmente en los estratos superior y medio de las plantas de zarzamora a lo largo de la temporada de floración.

El análisis de patrones espaciales indicó que las primeras infestaciones de *F. occidentalis* inician en los bordes de las parcelas con un patrón espacial agregado y con fuerte dependencia espacial entre las áreas de muestreo influenciada

principalmente por el estado de desarrollo fenológico del cultivo en sectores aledaños a la parcela de zarzamora que inicia la floración.

Agradecimientos

Al PhD. Ángel Rebollar por sus aportaciones, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento de la maestría y a los Productores por la disposición de sus parcelas.

3.6 Referencias

- Atakan, E., & Bayram, A. (2011). Distributions of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) and its predatory bug *Orius niger* (Hemiptera: Anthocoridae) assessed by colored sticky traps and plant samplings in cotton. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, *44*(16), 1595-1608.
- Arévalo, H. A., & Liburd, O. E. (2007). Horizontal and Vertical Distribution of Flower Thrips in Southern Highbush and Rabbiteye Blueberry Plantings, with Notes on a New Sampling Method for Thrips Inside Blueberry Flowers. *Journal of Economic Entomology*, *100*(5), 1622-1633.
- Blom, P. E., & Fleischer, S. J. (2001). Dynamics in the spatial structure of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology*, *30*(2), 350-364.
- Brødsgaard, H. F. (1989). Coloured sticky traps for *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera, Thripidae) in glasshouses. *Journal of Applied Entomology*, *107*(1-5), 136-140.
- Cancino-Escalante, G. O., Sánchez-Montaña, L. R., Quevedo-García, E., & Díaz-Carvajal, C. (2011). Caracterización fenotípica de accesiones de especies de *Rubus* L. de los municipios de Pamplona y Chitagá, región Nororiental de Colombia. *Universitas Scientiarum*, *16*(3), 219–233.

- Cao, Y., Yang, H., Li, J., Zhang, G., Wang, Y., Li, C., & Gao, Y. (2018). Population development of *Frankliniella occidentalis* and Thrips hawaiiensis in constant and fluctuating temperatures. *Journal of Applied Entomology*, *143*, 49-57.
- Cambardella, C. A., Moorman, T. B., Parkin, T. B., Karlen, D. L., Novak, J. M., Turco, R. F., & Konopka, A. E. (1994). Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, *58*(5), 1501-1511.
- Chau, A., Heinz, K. M., & Davies Jr, F. T. (2005). Influences of fertilization on population abundance, distribution, and control of *Frankliniella occidentalis* on chrysanthemum. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, *117*(1), 27-39.
- Cubillos-Salamanca, Y. P. (2017). *Especies de trips asociadas a cultivos comerciales de zarzamora en Michoacán y Jalisco y estado de la resistencia a insecticidas de uso común*. (Tesis Maestría, Universidad Autónoma Chapingo, Edo. De México. Consultada en: www.chapingo.mx
- Dal Prá, E., Guedes, J. V. C., Cherman, M. A., Jung, A. H., da Silva, S. J. P., & Ribas, G. G. (2011). Geostatistical use for characterization of the spatial distribution of larvae of *Diloboderus abderus*. *Ciência Rural*, *41*(10), 1689-1694.
- Elimem, M., Harbi, A., & Chermiti, B. (2011). Dynamic population of *Frankliniella occidentalis* Pergande (1895) (Thysanoptera: Thripidae) in a pepper crop greenhouse in the region of Moknine (Tunisia) in relation with environmental conditions. *The African Journal of Plant Science and Biotechnology*, *5*(1), 30-34.
- Elimem, M., Harbi, A., Hafs, A., OTHMEN, S., Limem-Sellemi, E., Michel, B., & Chermiti, B. (2018a). *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera; Thripidae) sex-ratio evaluation in pepper crop greenhouses in relation with biotic and abiotic parameters. *Journal of New Sciences*, *49*, 2979-2991.

- Elimem, Mohammed & Harbi, Ahlem & Hafsi, A & Ben Othmen, S & Lahfef, Chaima & Sellami, Essia & Abbes, Khaled & B, Chermiti. (2018b). Within plant vertical distribution of *Frankliniella occidentalis* Pergande (1895) (Thysanoptera; Thripidae) on greenhouse pepper crop: effects of climatic conditions and implications for populations surveillance and control programs. *Journal of New Sciences, Sustainable Livestock Management*, 6, 124-135.
- Farias, P. R., Roberto, S. R., Lopes, J. R., & Perecin, D. (2004). Geostatistical characterization of the spatial distribution of *Xylella fastidiosa* sharpshooter vectors on citrus. *Neotropical Entomology*, 33(1), 13-20.
- Gbur, E.E., Stroup, W.W., McCarter K.S., Durham, S., Young, L.J., Christman, M., West, M., Kramer, M., 2012. Analysis of Generalized Linear Mixed Models in the Agricultural and Natural Resources Sciences. Ed. ASA, CSSA and SSA. Wisconsin, USA. 283 p.
- Hansen, E. A., Funderburk, J. E., Reitz, S. R., Ramachandran, S., Eger, J. E., & McAuslane, H. (2003). Within-plant distribution of *Frankliniella* species (Thysanoptera: Thripidae) and *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthocoridae) in field pepper. *Environmental Entomology*, 32(5), 1035-1044.
- Healey, M. A., Senior, L. J., Brown, P. H., & Duff, J. (2017). Relative abundance and temporal distribution of adult *Frankliniella occidentalis* (Pergande) and *Frankliniella schultzei* (Trybom) on French bean, lettuce, tomato and zucchini crops in relation to crop age. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(3), 859-865.
- Hlavjenka, V., Seidenglanz, M., & Šafář, J. (2017). Spatio-temporal Distributions and Associations of Cabbage Stem Weevil (*Ceutorhynchus Pallidactylus* Marsham, 1802) and Pollen Beetle (*Brassicogethes Aeneus* Fabricius, 1775) in winter oilseed rape. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 65(3), 839-847.

- Journel, A.G., & Huijbregts, C.J. (1978). *Mining Geostatistics*. Academic Press, Londres, Reino Unido, 600p.
- Jung, M., & Lee, D. H. (2018). Characterization of Overwintering Behaviors and Sites of Bean Bug, *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae), Under Laboratory and Field Conditions. *Environmental Entomology*, 47(5), 1280-1286.
- Kakkar, G., Seal, D. R., & Kumar, V. (2012). Assessing abundance and distribution of an invasive thrips *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) in south Florida. *Bulletin of Entomological Research*, 102(3), 249-259.
- Karimzadeh, R., Hejazi, M. J., Helali, H., Iranipour, S., & Mohammadi, S. A. (2011). Analysis of the spatio-temporal distribution of *Eurygaster integriceps* (Hemiptera: Scutelleridae) by using spatial analysis by distance indices and geostatistics. *Environmental Entomology*, 40(5), 1253-1265.
- Kasina, M., Nderitu, J., Nyamasyo, G., Waturu, C., Olubayo, F., Obudho, E., & Yobera, D. (2009). Within-plant distribution and seasonal population dynamics of flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) infesting French beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Kenya. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 7(3), 652-659.
- Kirk, W. D. J., & Terry, L. I. (2003). The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Agricultural and Forest Entomology*, 5(4), 301–310.
- Klick, J., Yang, W. Q., Walton, V. M., Dalton, D. T., Hagler, J. R., Dreves, A. J., ... & Bruck, D. J. (2016). Distribution and activity of *Drosophila suzukii* in cultivated raspberry and surrounding vegetation. *Journal of Applied Entomology*, 140(1-2), 37-46.
- Knight, I. A., Roberts, P. M., Gardner, W. A., Oliver, K. M., Reay-Jones, F. P., Reisig, D. D., & Toews, M. D. (2017). Spatial Distribution of *Megacopta*

cribraria (Hemiptera: Plataspidae) Adults, Eggs and Parasitism by *Paratelenomus saccharalis* (Hymenoptera: Platygastridae) in Soybean. *Environmental Entomology*, 46(6), 1292-1298.

Lacasa, A. (1990). Un trienio de *Frankliniella occidentalis* en España, evolución temporal y espacial de una plaga importada. *Phytoma España*, 6, 3-8.

Li, B., Madden, L. V., & Xu, X. (2012). Spatial analysis by distance indices: an alternative local clustering index for studying spatial patterns. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(2), 368-377.

Maldonado, F. I., Ramírez, J. F., Rubí, M., Antonio, X., Lara, A. V., Acosta, A. D., & Ávila, A. L. (2017). Modelling the spatial behavior of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in growing avocado. *Phyton, International Journal of Experimental Botany*, 86, 97-111.

Martins, J. C., Picanço, M. C., Silva, R. S., Gonring, A. H., Galdino, T. V., & Guedes, R. N. (2018). Assessing the spatial distribution of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs in open-field tomato cultivation through geostatistical analysis. *Pest Management Science*, 74(1), 30-36.

Moran, P. A. (1950). Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika*, 37(12), 17-23.

Nyasani, J. O., Subramanian, S., Orindi, B., Poehling, H. M., & Meyhöfer, R. (2017). Short range dispersal of western flower thrips in field-grown French beans in Kenya. *International Journal of Tropical Insect Science*, 37(2), 79-88.

Osekre, E. A., Wright, D. L., Marois, J. J., & Funderburk, J. (2009). Population dynamics and within-plant distribution of *Frankliniella* spp. thrips (Thysanoptera: Thripidae) in cotton. *Environmental Entomology*, 38(4), 1205-1210.

Park, J. J., Lee, J. H., Shin, K. I., Lee, S. E., & Cho, K. (2011). Geostatistical analysis of the attractive distance of two different sizes of yellow sticky

- traps for greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae), in cherry tomato greenhouses. *Austral Entomology*, 50(2), 144-151.
- Pérez-Barraza, M. H., & Vázquez-Valdivia, V. (2003). comportamiento de la zarzamora en el clima cálido. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 9(2), 305-314.
- Perry, J.N. (1995) Spatial analysis by distance indices. *Journal of Animal Ecology*, 64, 303–314
- Perry, J. N. (1996). Simulating spatial patterns of counts in agriculture and ecology. *Computers and Electronics in Agriculture*, 15(2), 93-109.
- Ramírez Dávila, J. F., Solares Alonso, V M., Figueroa Figueroa, D. K., & Sánchez Pale, J. R. (2013). Comportamiento espacial de trips (Insecta: Thysanoptera), en plantaciones comerciales de aguacate (*Persea americana* Mill.) en Zitácuaro, Michoacán, México. *Acta zoológica mexicana*, 29(3), 545-562.
- Reitz, S. R. (2009). Biology and Ecology of the Western Flower Thrips (Thysanoptera: Thripidae): *The Making of a Pest. Florida Entomologist*, 92(1), 7–13.
- Rhainds, M., & Shipp, L. (2004). Dispersal of adult western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) in greenhouse crops. *The Canadian Entomologist*, 136(2), 241-254.
- Rhodes, E. M., Liburd, O. E., & Grunwald, S. (2011). Examining the spatial distribution of flower thrips in southern highbush blueberries by utilizing geostatistical methods. *Environmental Entomology*, 40(4), 893-903.
- Rijal, J. P., Wilson, R., & Godfrey, L. D. (2016). Characterization of spatial distribution of *Tetranychus urticae* in peppermint in California and implication for improving sampling plan. *Experimental and Applied Acarology*, 68(2), 155-171.

- Teulon, D. A., Hollister, B., Butler, R. C., & Cameron, E. A. (1999). Colour and odour responses of flying western flower thrips: wind tunnel and greenhouse experiments. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 93(1), 9-19.
- SAS Institute Inc. (2004). SAS/STAT® 9.2 User's guide. (Ver. 9.4).
- Shayestehmehr, H., Karimzadeh, R., & Hejazi, M. J. (2017). Spatio-temporal association of *Therioaphis maculata* and *Hippodamia variegata* in alfalfa fields. *Agricultural and Forest Entomology*, 19(1), 81-92.
- SIAP, 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. En línea, consultada 13 de noviembre de 2018 <https://www.gob.mx/siap>.
- Singh, J., Chandel, R. S., & Sharma, P. L. (2018). Spatial Distribution and Interaction of *Eriosomalanagerum* and *Aphelinusmali* on Apple Under Dry-Temperate Conditions of India. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 88(1), 383-390.
- Ugine, T. A., Sanderson, J. P., & Wraight, S. P. (2006). Within-plant and temporal distribution of nymphal and adult western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), on flowers and foliage of greenhouse impatiens, *Impatiens wallerana*, and implications for pest population sampling. *Environmental Entomology*, 35(2), 507-515.
- Wu, P., & Wang, C. (2019). Differences in spatiotemporal dynamics between soil macrofauna and mesofauna communities in forest ecosystems: The significance for soil fauna diversity monitoring. *Geoderma*, 337, 266-272.
- Zhang, Y. J., Wu, Q. J., Xu, B. Y., & Zhu, G. R. (2003). The occurrence and damage of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae): a dangerous alien invasive pest in Beijing. *Plant Prot*, 4, 58-59.
- Zhang, Z., Wu, S., Lei, Z., Kang, P., & Zhang, L. (2018). Spatial distribution pattern of *Frankliniella occidentalis* during pepper flowering stage in

Ningxia. *Journal of Northwest A & F University-Natural Science Edition*, 46(3), 142-147.