



Efficacy of botanical and biorational insecticides for thrips control (Thysanoptera: Thripidae) in mango trees in Veracruz, Mexico

Eficacia de insecticidas botánicos y biorracionales para el control de trips (Thysanoptera: Thripidae) en árboles de mango en Veracruz, México

Monteon-Ojeda, A.¹, Damián-Nava, A.¹, Cruz Lagunas, B.¹, Duran-Trujillo, Y.¹, Piedragil-Ocampo, B.², Grifaldo-Alcántara, P. F.³, Hernández-Castro, E.*¹, García-Escamilla, P.¹.

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Autónoma de Guerrero. Periférico Poniente S/N Frente a la Colonia Villa de Guadalupe, Iguala de la Independencia, Guerrero, México, CP 40040.

²Colegio de Postgraduados, Posgrado de Recursos Genéticos y Productividad - Fruticultura, km 35.5, Carr. México-Texcoco, Montecillo, C. P. 56230, Estado de México, México. ³Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa Sur, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara, Departamento de Producción Agrícola. Av. Independencia Nacional # 151, Autlán de Navarro, Jalisco, C.P. 48900

Cite this paper/Como citar este artículo: Monteon-Ojeda, A., Damián-Nava, A., Cruz Lagunas, B., Duran-Trujillo, Y., Piedragil-Ocampo, B., Grifaldo-Alcántara, P. F., Hernández-Castro, E., García-Escamilla, P. (2020). Efficacy of botanical and biorational insecticides for thrips control (Thysanoptera: Thripidae) in mango trees in Veracruz, Mexico. *Revista Bio Ciencias* 7, e1031. doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e1031>



ABSTRACT

Thrips are an economically important pest in multiple crops, including mango, where high densities of thrips cause significant losses. The conventional management is based on the use of systemic chemical insecticides that carry inconveniences as resistance selection, environmental contamination and intoxications. The aim of the study was to evaluate the insecticide effectiveness of biorational products, as alternatives of thrips management. Mango trees cv. Manila were used in a completely randomized experimental design; five insecticide treatments were applied, T1: Paraffinic oil, T2: garlic extract + hot bell pepper extract + cinnamon extract, T3: Neem extract

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: July 14th 2020.

Accepted/Aceptado: November 20th 2020.

Available on line/Publicado: December 03rd 2020.

RESUMEN

Los trips son una plaga de importancia económica en múltiples cultivos, entre ellos el mango; en donde altas densidades de trips causan pérdidas significativas. El manejo convencional se basa en el uso de insecticidas químicos sistémicos que conllevan inconvenientes como selección de resistencia, contaminación ambiental e intoxicaciones. El objetivo del estudio fue evaluar la efectividad insecticida de productos biorracionales, como alternativas de manejo de trips. Se utilizaron árboles de mango cv. Manila en un diseño experimental completamente al azar; se aplicaron cinco tratamientos insecticidas, T1: Aceite parafínico, T2: Extracto de ajo + extracto de chile picante + extracto de canela, T3: Extracto de neem + extracto de canela, T4: Extracto de aceite neem todos a 2.0 L/ha, T5: Spinetoram a 500 mL/ha y T6: testigo sin aplicación. Se realizó una evaluación previa y tres posteriores a la primera aplicación, se contabilizó y evaluó la cantidad de individuos por inflorescencia o brote vegetativo, con los datos de la fluctuación poblacional se realizó un análisis

*Corresponding Author:

Elías Hernández Castro. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Autónoma de Guerrero. Periférico Poniente S/N Frente a la Colonia Villa de Guadalupe, Iguala de la Independencia, Guerrero, México, CP 40040. E-mail: ehernandez@uagro.mx

+ cinnamon extract, T4: Neem oil extract all at 2.0 L/ha, T5: Spinetoram at 500 mL/ha and T6: control without application. It was carried out a previous evaluation and three after the first application, it was counted and evaluated the number of individuals per inflorescence or vegetative bud, with the data of population fluctuation was carried out an analysis of variance and comparison of means (Tukey, $p = 0.05$). The presence of *Frankliniella insector* was highlighted as a dominant specie. In the first evaluation, in a consistent way in all the experiment, Spinetoram (dose 500 mL/ha) obtained the best control efficacies; in the second and third evaluation date T2: Extract: garlic + chili + cinnamon (dose 2 L/ha) registered high control levels. Those treatments with mixture of extracts maintained high levels of control. Two consecutive weekly applications are enough to maintain low populations of thrips for 21 days.

KEY WORDS

Bioinsecticidas, *Frankliniella*, Integrated pest management, *Mangifera indica* L.

Introduction

In Mexico, mango (*Mangifera indica* L.) represents one of the main fruit crops with a crop area of 204,666 ha and an annual production of more than two million tons (SIAP, 2020). In the world, Mexico ranks first as an exporter with around 450,000 tons per year (FAO, 2020). The crop presents a wide range of phytosanitary problems, among which diseases such as anthracnose (*Colletotrichum* spp.), powdery mildew (*Oidium mangiferae*), Witches' Broom (*Fusarium* spp.) and rotting and dieback (*Lasiodiplodia theobromae*) (Omar *et al.*, 2018; Pérez *et al.*, 2017; Tovar-Pedraza *et al.*, 2020; Rodríguez-Gálvez *et al.*, 2017). As for arthropod pests, there are the fruit fly species (*Anastrepha* spp.), white mango scale (*Aulacaspis tubercularis*), the mite complex (*Aceria mangiferae*, *Oligonychus mangiferus*, *Cisaberoptus kenya*, *Tetranychus urticae*) and thrips (*Heliethrips* spp., *Frankliniella* spp., *Scirtothrips* spp., *Leucothrips* spp. and *Karnyothrips* spp.) where in high populations they cause significant losses (Abu-shosha *et al.*, 2017; Aguirre *et al.*, 2013; Ayala-Ortega *et al.*, 2019; López-Guillén *et al.*, 2014; Duran-Trujillo *et al.*, 2017; Virgen-Sánchez *et al.*, 2011).

de varianza y comparación de medias (Tukey, $p = 0.05$). Se destacó la presencia de *Frankliniella insector* como especie dominante. En la primera evaluación, de manera consistente en todo el experimento Spinetoram (dosis 500 mL/ha) obtuvo las mejores eficacias de control; en la segunda y tercera fecha de evaluación T2: Extracto: ajo + chile + canela (dosis 2 L/ha) registró altos niveles de control. Aquellos tratamientos con mezcla de extractos mantuvieron altos niveles de control. Dos aplicaciones semanales consecutivas, son suficientes para mantener bajas poblaciones de trips por 21 días.

PALABRAS CLAVE

Bioinsecticidas, *Frankliniella*, Manejo integrado de plagas, *Mangifera indica* L.

Introducción

En México, el mango (*Mangifera indica* L.) representa una de los principales cultivos frutícolas con una superficie sembrada de 204,666 ha y una producción anual de más de dos millones de toneladas (SIAP, 2020). En el mundo, México figura en el primer puesto como exportador con alrededor de 450,000 toneladas al año (FAO, 2020). El cultivo presenta una amplia gama de problemas fitosanitarios, entre los que destacan enfermedades como antracnosis (*Colletotrichum* spp.), cenicilla (*Oidium mangiferae*), escoba de bruja (*Fusarium* spp.) y declinamiento o muerte descendente (*Lasiodiplodia theobromae*) (Omar *et al.*, 2018; Pérez *et al.*, 2017; Tovar-Pedraza *et al.*, 2020; Rodríguez-Gálvez *et al.*, 2017). En cuanto a plagas artrópodas, se encuentra el complejo de moscas de la fruta (*Anastrepha* spp.), la escama blanca (*Aulacaspis tubercularis*), el complejo de ácaros (*Aceria mangiferae*, *Oligonychus mangiferus*, *Cisaberoptus kenya*, *Tetranychus urticae*) y trips (*Heliethrips* spp., *Frankliniella* spp., *Scirtothrips* spp., *Leucothrips* spp. y *Karnyothrips* spp.) en donde en altas poblaciones ocasionan pérdidas significativas (Abu-shosha *et al.*, 2017; Aguirre *et al.*, 2013; Ayala-Ortega *et al.*, 2019; López-Guillén *et al.*, 2014; Duran-Trujillo *et al.*, 2017; Virgen-Sánchez *et al.*, 2011).

En el caso particular de trips, se ha documentado que altas densidades poblacionales (>1500/inflorescencia) reducen la vida media de las inflorescencias, que resulta en un bajo o nulo amarre de frutos (Esquinca *et al.*, 2004). El daño es ocasionado por ninfas y adultos durante la alimentación, con su aparato bucal raspador – chupador, ya que succionan el contenido celular de los tejidos y producen lesiones

In the particular case of thrips, it has been documented that high population densities (>1500/inflorescence) reduce the half-life of the inflorescences, resulting in low or no fruit attachment (Esquinca *et al.*, 2004). The damage is caused by nymphs and adults during feeding, with their scraping-sucking mouthparts, since they suck the cellular content of the tissues and produce superficial whitish lesions in the epidermis that later become necrotic. In their saliva, thrips contain phytotoxic substances that lead to deformation of the foliage (Pardey, 2009). In addition, the presence of thrips is associated with deformations, staining, cracking, discoloration and premature fall of developing fruits (Ávila *et al.*, 2005; Aguirre *et al.*, 2013; Sánchez, 2001). In addition to the above, there is the harmful effect on the presentation of the product in its final stage, significantly decreasing the volume with quality for the international market.

In Mexico and many parts of the world, thrips control is conventionally based on the use of systemic, contact, ingestion and broad-spectrum chemical insecticides such as chloronicotinyls (imidacloprid), cyclic ketoenols (spiromesifen, spirotetramat), phenylpyrazoles (fipronil) and pyrethroids such as cypermethrin, deltamethrin and abamectin (Dequech *et al.*, 2011; Elbert *et al.*, 1990; Espinosa *et al.*, 2005; Groves *et al.*, 2001; Kay *et al.*, 2010; Khaliq *et al.*, 2014; Loera-Barocio *et al.*, 2011; Pardey, 2009; Planes *et al.*, 2015; Seal *et al.*, 2006). However, although the efficacy of these products on thrips mortality is indisputable, they have other drawbacks such as possible resistance selection, environmental contamination, human intoxication during application, in addition to putting food safety at risk (Baker *et al.*, 2004; Bielza, 2008; Jensen, 2000; Lebedev *et al.*, 2013; Zhao *et al.*, 1995).

Plants produce compounds with insecticidal properties with potential for incorporation into pest control (Amoabeng *et al.*, 2019; Dinesh *et al.*, 2014; Pavela, 2016); several secondary metabolites derived from plant extracts have remarkable insecticidal effects, among these compounds are: saponins, piperamides, capsaicin, linalool, nicotine, rotenone, veradrine, azadirachtin A, karanjin, pyrethrin I - R = CH₃, and pyrethrin II - R = CO₂CH₃ (Chaieb, 2010; McKenzie *et al.*, 2010; Miresmailli *et al.*, 2014; Pavela, 2011a; Pavela, 2011b; Pavela, 2016; Scott *et al.*, 2008). Based on the above, the importance of generating and evaluating more environmentally friendly, safe and effective technologies that can be incorporated into an integrated pest management system and that also ensure good yields and high product quality is emphasized. For this reason,

superficiales de color blanquecino en la epidermis que más tarde se necrosan. En su saliva, los trips contienen sustancias fitotóxicas que dan lugar a deformaciones en el follaje (Pardey, 2009). Además, la presencia de trips está asociada a deformaciones, manchado, agrietamiento, decoloraciones y caída de prematura de frutos en desarrollo (Ávila *et al.*, 2005; Aguirre *et al.*, 2013; Sánchez, 2001). Adicional a lo anterior, se encuentra el efecto nocivo en la presentación del producto en su etapa final, disminuyendo significativamente el volumen con calidad para el mercado internacional.

En México y muchas partes del mundo, el control de trips se basa convencionalmente en el uso de insecticidas químicos sistémicos, de contacto, ingestión y de amplio espectro como los cloronicotinilos (imidacloprid), ketoenoles (spiromesifen, spirotetramat), fenil-pirazoles (fipronil) y piretroides como cipermetrina, deltametrina y abamectina (Dequech *et al.*, 2011; Elbert *et al.*, 1990; Espinosa *et al.*, 2005; Groves *et al.*, 2001; Kay *et al.*, 2010; Khaliq *et al.*, 2014; Loera-Barocio *et al.*, 2011; Pardey, 2009; Planes *et al.*, 2015; Seal *et al.*, 2006). Sin embargo, aunque la eficacia de estos productos en la mortalidad de trips es indiscutible; conllevan otros inconvenientes como la posible selección de resistencia, contaminación ambiental, intoxicación humana durante la aplicación, además de poner en riesgo la inocuidad alimenticia (Baker *et al.*, 2004; Bielza, 2008; Jensen, 2000; Lebedev *et al.*, 2013; Zhao *et al.*, 1995).

Las plantas producen compuestos con propiedades insecticidas con potencial para su incorporación en el control de plagas (Amoabeng *et al.*, 2019; Dinesh *et al.*, 2014; Pavela, 2016); diversos metabolitos secundarios derivados de los extractos de las plantas tienen efectos insecticidas notables, entre estos compuestos destacan: las saponinas, piperamidas, capsaicina, linalool, nicotina, rotenona, veradrina, azadirachtina A, karanjina, piretrina I - R = CH₃, y piretrina II - R = CO₂CH₃ (Chaieb, 2010; McKenzie *et al.*, 2010; Miresmailli *et al.*, 2014; Pavela, 2011a; Pavela, 2011b; Pavela, 2016; Scott *et al.*, 2008). Sobre la base anterior, se hace hincapié en la importancia de generar y evaluar tecnologías más afables con el ambiente, inocuas y efectivas que puedan incorporarse a un sistema de manejo integrado de plagas y que, además, aseguren buenos rendimientos y alta calidad de los productos. Es por ello que, en la presente investigación se planteó el objetivo principal de evaluar la efectividad insecticida de cinco productos biorracionales y sus posibles efectos fitotóxicos, como alternativas de control en programas IPM en el cultivo de mango.

the core aim of this research was to evaluate the insecticide effectiveness of five biorational products and their possible phytotoxic effects, as control alternatives in IPM programs in mango cultivation.

Material and Methods

Experimental site.

The study was conducted during May and June 2019 in the Ejido “Los ídolos”, Actopan, Veracruz (N 19° 25' 57.6" W 96° 30' 27.6" at 253 masl); temperature and relative humidity variables were recorded during the whole experiment by means of an electronic temperature and relative humidity meter (HOBO® model U12), with oscillations in 28 ± 2 °C and 70 ± 10 % respectively.

Vegetal material and treatments application.

Mango trees (*M. indica* L.) cv. Manila of 5 years old in open field in stage of vegetative growth and flowering, arranged in a topological arrangement in real frame of 6 x 5 meters were used. Treatments application was made in the morning 7:30 - 8:30 am when the temperature was lower and the wind was 0 - 6 km/h. In total, there were two applications with a 7-day interval between them; the sprinkles were made via foliar with a 25 cc Honda® gasoline motorized sprinkler backpack conditioned with a full cone nozzle at a constant pressure of 290 - 320 psi and calibrated with an expenditure of 400 L/ha. Treatments were applied T1: Paraffinic oil (95 %) at a dose of 2.0 L/ha, T2: Garlic extract (*Allium sativum*) 25 % + hot bell pepper extract (*Capsicum frutescens*) 25 % + cinnamon extract (*Cinnamomum zeylanicum*) 10 % at a dose of 2.0 L/ha, T3: Neem extract (*Azadirachta indica*) 55 % + cinnamon extract (*C. zeylanicum*) 15 % at a dose of 2.0 L/ha, T4: Neem oil extract (*A. indica*) 80 % at a dose of 2.0 L/ha, T5: Spinetoram 5.87 % (Spinetoram J + Spinetoram L) at a dose of 500 mL/ha, T6: control without application of insecticide (water). The doses were chosen based on previous trials and technical recommendations.

Treatment evaluation.

At the beginning of the study a previous sampling was made to estimate the initial distribution of the pest followed by three evaluations, at 7, 14 and 21 days after the first application. For the evaluations, four inflorescences or vegetative sprouts were taken at random from each tree at 1.5 to 2.0 m height (covering all cardinal points); over these, a solution of water and fabric softener (Vel rosita®) was

Material y Métodos

Sitio experimental.

El estudio se realizó durante mayo y junio de 2019 en el Ejido “Los ídolos”, Actopan, Veracruz (N 19° 25' 57.6" O 96° 30' 27.6" a 253 msnm); las variables de temperatura y humedad relativa se registraron durante todo el experimento mediante un medidor electrónico de temperatura y HR (HOBO® modelo U12), con oscilaciones en 28 ± 2 °C y 70 ± 10 % respectivamente.

Material vegetal y aplicación de tratamientos.

Se utilizaron árboles de mango (*M. indica* L.) cv. Manila de 5 años de edad a campo abierto en etapa de crecimiento vegetativo y floración, dispuestos en un arreglo topológico en marco real de 6 x 5 metros. La aplicación de tratamientos se realizó por la mañana 7:30 – 8:30 am cuando la temperatura era más baja y el viento se encontraba de 0 - 6 km/h. En total fueron dos aplicaciones con 7 días de intervalo entre ellas; las aspersiones se realizaron vía foliar con una mochila aspersora motorizada de gasolina de 25 cc Honda® acondicionada con una boquilla de cono lleno a una presión constante de 290 – 320 psi y calibrada con un gasto de 400 L/ha. Se aplicaron los tratamientos T1: Aceite parafínico (95 %) a una dosis de 2.0 L/ha, T2: Extracto de ajo (*Allium sativum*) 25 % + extracto de chile picante (*Capsicum frutescens*) 25 % + extracto de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) 10 % a una dosis de 2.0 L/ha, T3: Extracto de neem (*Azadirachta indica*) 55 % + extracto de canela (*C. zeylanicum*) 15 % a una dosis de 2.0 L/ha, T4: Extracto de aceite neem (*A. indica*) 80 % a una dosis de 2.0 L/ha, T5: Spinetoram 5.87 % (Spinetoram J + Spinetoram L) a una dosis de 500 mL/ha, T6: testigo sin aplicación de insecticida (agua). Las dosis se eligieron con base en ensayos anteriores y recomendaciones técnicas.

Evaluación de tratamientos.

Al inicio del estudio se realizó un muestreo previo para estimar la distribución inicial de la plaga seguido de tres evaluaciones, a los 7, 14 y 21 días después de la primera aplicación. Para las evaluaciones, de cada árbol se tomaron al azar cuatro inflorescencias o brotes vegetativos a 1.5 a 2.0 m de altura (cubriendo todos los puntos cardinales); sobre estos, se asperjó una solución de agua y suavizante de telas (Vel rosita®) (9:1), mientras que con una charola plástica se capturó el escurrimiento por árbol y se recuperó en un frasco con metanol al 70 %. En laboratorio, se utilizaron tamices para la recuperación y contabilización de los especímenes capturados, y se cuantificaron por fecha de evaluación. Los

sprayed (9:1), while with a plastic tray the runoff per tree was captured and recovered in a bottle with 70 % methanol. In the laboratory, sieves were used for the recovery and accounting of the captured specimens, and they were quantified by date of evaluation. Specimens were mounted on a slide and covered with Canadian balsam and observed under a compound microscope (Master Olympus®); identification was made with the aid of illustrated keys: Keys to the genera of Thysanoptera and species of *Frankliniella* (Soto & Retana, 2003), The thrips of Central and South America: an introduction (Mound & Marullo, 1996) and CIE guides to insects of importance to man. 2, *Thysanoptera* (Palmer et al., 1989) and corroborated by Dr. Haidel Vargas Madriz, entomological specialist and professor at the University of Guadalajara, Mexico.

Phytotoxicity of extracts.

In the same bioassay, an evaluation of the phytotoxicity of all treatments on mango crop leaves was conducted 72 hours after the first application, using the European Weed Research Society (EWRS) damage scale (Table 1) (Champion, 2000). The damage assessment was done through digital images, estimating the affected area (%) of each leaf using the free software GIMP 2.0 for Windows®.

Experimental design.

To evaluate the efficacy of the insecticides, a completely randomized experimental design was used; each experimental

especímenes se montaron en una porta y cubre objetos con bálsamo de Canadá y se observaron bajo un microscopio compuesto (Master Olympus®); la identificación se realizó con la ayuda de claves ilustradas: Claves para los géneros de Thysanoptera y especies de *Frankliniella* (Soto & Retana, 2003), The thrips of Central and South America: an introduction (Mound & Marullo, 1996) y CIE guides to insects of importance to man. 2, *Thysanoptera* (Palmer et al., 1989) y corroboradas por el Dr. Haidel Vargas Madriz, especialista entomólogo y catedrático de la Universidad de Guadalajara, México.

Fitotoxicidad de los extractos.

En el mismo bioensayo, se realizó una evaluación de la fitotoxicidad de todos los tratamientos sobre las hojas del cultivo de mango a las 72 horas de la primera aplicación, utilizando la escala de daños del EWRS (Tabla 1) (Champion, 2000). La evaluación del daño se realizó a través de imágenes digitales, estimando el área afectada (%) de cada hoja implementando el software de uso libre GIMP 2.0 para Windows®.

Diseño experimental.

Para evaluar la eficacia de los insecticidas, se utilizó un diseño experimental completamente al azar; cada unidad experimental estuvo constituida por dos árboles (cuatro brotes vegetativos o florales por árbol), se utilizaron cuatro repeticiones (unidades experimentales) por tratamiento y seis tratamientos en total, incluido un testigo (sin aplicación de insecticida). Entre cada fila de árboles se intercaló otra sin aplicaciones, con el objetivo de evitar error por deriva y contaminación entre tratamientos.

Table 1.
Scoring scale proposed by the EWRS (European Weed Research Society) to evaluate crop phytotoxicity and its percentage agronomic interpretation.

Tabla 1.
Escala de puntuación propuesta por la EWRS (European Weed Research Society) para evaluar fitotoxicidad al cultivo y su interpretación agronómica porcentual.

Point value	Effect on crop	% of phytotoxicity to the crop
1	Without effect	0
2	Very slight symptoms	1.0 - 3.5
3	Mild symptoms	3.5 - 7.0
4	Symptoms without performance damage	7.0 - 12.5
5	Medium damage	12.5 - 20
6	High damage	20 - 30
7	Very high damage	30 - 50
8	Severe damage	50 - 99
9	Complete death	100

unit consisted of two trees (four vegetative or floral buds per tree), four replicates (experimental units) per treatment and six treatments in total, including a control (without application of insecticide). Between each row of trees, another row without applications was interspersed, with the aim of avoiding error due to drift and contamination between treatments.

Treatments effectiveness and statistical analysis.

The units were randomized using a procedure "design.ab" in the statistical program "R", the above to ensure the independence of observations. From each experimental unit, the individuals present per vegetative and/or floral shoot were counted to obtain the percentage of efficacy of the treatments for control of thrips in the mango crop with the Abbott formula:

$$\% \text{ EFFICACY} = \frac{IT - it}{IT} * 100$$

With the registered variable (number of thrips per inflorescence vegetative bud), an analysis of normality of error distribution was made using the Shapiro-Wilk test and homogeneity of variances with the Bartlett test and graphically by residuals vs. predicted; with the data of the population fluctuation at 0, 7, 14 and 21 days after the application (daa), an analysis of variance and means comparison tests were made with Tukey's method ($\alpha = 0.05$) using SAS V.9.4. statistical software for Windows®.

Results and Discussion

Most of the specimens identified in the mango vegetative shoots and inflorescences were divided into

Eficacia de tratamientos y análisis estadístico.

Las unidades se aleatorizaron utilizando un procedimiento "design.ab" en el programa estadístico "R", lo anterior para asegurar la independencia de las observaciones. De cada unidad experimental se contaron los individuos presentes por brote vegetativo y/o floral; para obtener el porcentaje de eficacia de los tratamientos para el control de trips en el cultivo de mango con la fórmula de Abbott:

$$\% \text{ EFICACIA} = \frac{IT - it}{IT} * 100$$

Con la variable registrada (número de trips por inflorescencia brote vegetativo), se realizó un análisis de normalidad de distribución de errores empleando la prueba de Shapiro-Wilk y de homogeneidad de varianzas con la prueba de Bartlett y gráficamente mediante residuales vs predichos; con los datos de la fluctuación poblacional a los 0, 7, 14 y 21 días después de la aplicación (daa), se realizó un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias con el método de Tukey ($\alpha = 0.05$) utilizando software de estadístico SAS V.9.4. para Windows®.

Resultados y Discusiones

La mayoría de los especímenes identificados en los brotes vegetativos e inflorescencias de mango se dividieron en tres géneros: *Frankliniella*, *Leptothrips* y *Scirtothrips*; se destacó la presencia de *Frankliniella invasor*, especie que se encontró en más del 73 % de las muestras recolectadas (Tabla 2). Similar a lo reportado en esta investigación, Rocha *et al.* (2012) realizaron un

Table 2.
Abundance of thrips species collected from flowers and vegetative shoots of mango trees cv. Manila. Actopan, Veracruz, 2019.

Tabla 2.
Abundancia de especies de trips recolectadas de flores y brotes vegetativos de árboles de mango cv. Manila. Actopan, Veracruz, 2019.

Order	Suborder	Family	Genus	Specie	Abundancy
Thysanoptera	Terebrantia	Thripidae	<i>Frankliniella</i>	<i>Frankliniella invasor</i> Sakimura, 1972	59
			<i>Frankliniella</i>	<i>Frankliniella parvula</i> Douglas, 1925	10
			<i>Frankliniella</i>	<i>Frankliniella</i> sp.	6
			<i>Scirtothrips</i>	<i>Scirtothrips</i> sp. Shull, 1909	3
	Tubulifera	Phlaeothripidae	<i>Haplothrips</i>	<i>Haplothrips gowdeyi</i> Franklin, 1908	2
				Total	80

three genera: *Frankliniella*, *Leptothrips* and *Scirtothrips*; the presence of *Frankliniella insector* was highlighted, a species that was found in more than 73 % of the samples collected (Table 2). Similar to what was reported in this research, Rocha et al. (2012) conducted a study with the main aim of determining the diversity of thrips in the flowers of mango cv. Ataulfo in Chiapas, Mexico, grouping four genera of species: *Frankliniella*, *Arorathrips*, *Haplothrips* and *Scirtothrips*; in addition, *Frankliniella insector* was identified as the most abundant species throughout the flowering cycle. In a similar study, López-Guillén et al. (2014), determined the abundance and population fluctuation of foliar thrips in young shoots of mango leaves cv. Ataulfo, and registered *Scirtothrips citri* as the dominant species, followed by *Leucothrips piercei*, *Karnyothrips texensis* and *Frankliniella insector*. Consistent with our results, in a study conducted in Guerrero, Mexico, *Frankliniella insector* thrips was reported as the species with the highest populations in young shoots and inflorescences of mango trees cv. Haden and Tommy Atkins, followed by *F. difficilis*, *F. occidentalis*, *F. fortissima*, *F. cephalica*, *Leptothrips macconnelli*, *L. bifurcatus*, and *L. theobromae* (Durán-Trujillo et al., 2017). In other countries such as Colombia, Brazil, Malaysia, Israel, and the United States, the genera *Frankliniella*, *Scirtothrips*, *Haplothrips*, and *Thrips* have been reported as the main phytophagous species in mango (Aliakbarpour & Rawi, 2012; Barbosa et al., 2005; Matos et al., 2019; Peña et al., 1998; Sierra-Baquero et al., 2018; Wysoki et al., 1993).

The statistical analysis showed that the assumptions of independence, normality and homogeneity of variances were fulfilled, which is an indication of the trial quality. In the previous evaluation, the mean comparison test did not identify significant differences between treatments, which ensures the homogeneity of the experimental units; in general, an average of five to six thrips per inflorescence or vegetative bud was counted during the mentioned date (Table 3).

In the first evaluation, carried out seven days after the first application, the population of thrips decreased significantly ($p \leq 0.05$) in the units where the control treatments were applied (Table 3); on this date and consistently throughout the experiment, the treatment that obtained the best results was Spinetoram (dose 500 mL/ha), which maintained an average of 0.71 thrips per inflorescence and an efficacy of 87 % (Tables 3 and 5). A similar behavior was previously reported by Duran-Trujillo et al. (2017), who observed a significant reduction in the population of *F. insector*. in

estudio con el objetivo principal de determinar la diversidad de trips en las flores de mango cv. Ataulfo Chiapas, México, agrupando cuatro géneros de especies: *Frankliniella*, *Arorathrips*, *Haplothrips* y *Scirtothrips*; además, se identificó a *Frankliniella insector* como la especie más abundante a lo largo del ciclo de floración. En un estudio similar, López-Guillén et al. (2014), determinaron la abundancia y fluctuación poblacional de trips folívoros en brotes jóvenes de hojas de mango cv. Ataulfo, y registraron a *Scirtothrips citri* como la especie dominante, seguida de *Leucothrips piercei*, *Karnyothrips texensis* y *Frankliniella insector*. Concordante a nuestros resultados, en un estudio realizado en tierra caliente Guerrero, México, reportaron al trips *Frankliniella insector* como la especie con las poblaciones más altas en brotes tiernos e inflorescencias de árboles de mango cv. Haden y Tommy Atkins, seguido de *F. difficilis*, *F. occidentalis*, *F. fortissima*, *F. cephalica*, *Leptothrips macconnelli*, *L. bifurcatus* y *L. theobromae* (Durán-Trujillo et al., 2017). En otros países como Colombia, Brasil, Estados Unidos, Malasia e Israel, se han reportado a los géneros *Frankliniella*, *Scirtothrips*, *Haplothrips* y *Thrips* como principales especies fitófagas en mango (Aliakbarpour & Rawi, 2012; Barbosa et al., 2005; Matos et al., 2019; Peña et al., 1998; Sierra-Baquero et al., 2018; Wysoki et al., 1993).

El análisis estadístico denotó el cumplimiento de los supuestos de independencia, normalidad y homogeneidad de varianzas, lo anterior es un indicativo de la calidad del ensayo. En la evaluación previa, la prueba de comparación de medias no identificó diferencias significativas entre tratamientos, lo anterior asegura la homogeneidad de las unidades experimentales; en general, se contabilizó un promedio de cinco a seis trips por inflorescencia o brote vegetativo durante la fecha mencionada (Tabla 3).

En la primera evaluación, realizada siete días después de la primera aplicación, la población de trips descendió significativamente ($p \leq 0.05$) en las unidades en donde se aplicaron los tratamientos de control (Tabla 3); en esta fecha y de manera consistente en todo el experimento, el tratamiento que obtuvo los mejores resultados fue Spinetoram (dosis 500 mL/ ha), quien mantuvo un promedio de individuos de 0.71 trips por inflorescencia y una eficacia de 87 % (Tablas 3 y 5). Un comportamiento similar fue anteriormente reportado por Duran-Trujillo et al. (2017), quienes observaron una reducción significativa de la población de *F. insector* de inflorescencias de mango bajo tratamientos foliares de spinosad, aceite mineral e imidacloprid a los 15 daa.

Table 3.
Results of the analysis of the information collected in the field during the previous evaluation and the first evaluation of bioregional treatments for thrips control in mango trees cv. Manila. Actopan, Veracruz, 2019.

Tabla 3.
Resultados del análisis realizado a la información recolectada en campo durante la evaluación previa y la primera evaluación de tratamientos biorracionales para el control de trips en árboles mango cv. Manila. Actopan, Veracruz, 2019.

Treatments *	Pre-evaluation (0 daa **)	First evaluation (7 daa)
T1: Paraffinic oil	5.47 a***	3.28 b
T2: Extract: garlic + chili + cinnamon	5.52 a	1.37 c
T3: Neem + Cinnamon extract	5.40 a	1.24 c
T4: Neem extract	5.27 a	3.26 b
T5: Spinetoram 5.87 %	5.32 a	0.71 d
T6: Control	5.39 a	5.53 a

* T1: Paraffinic oil (95 %) at a dose of 2.0 L/ha, T2: garlic extract (*Allium sativum*) 25 % + hot chili extract (*Capsicum frutescens*) 25 % + cinnamon extract (*Cinnamomum zeylanicum*) 10 % at a dose of 2.0 L/ha, T3: Neem extract (*Azadirachta indica*) 55 % + cinnamon extract (*Cinnamomum zeylanicum*) 15 % at a dose of 2.0 L/ha, T4: Neem oil extract (*Azadirachta indica*) 80 % at a dose of 2.0 L/ha, T5: Spinetoram 5.87 % (Spinetoram J + Spinetoram L) at a dose of 500 mL/ha, T6: control without application of insecticide.

** Days after application (daa).

*** Averages with different letters in the same column differ statistically according to the Tukey test ($p < 0.05$).

*T1: Aceite parafínico (95 %) a una dosis de 2.0 L/ha, T2: extracto de ajo (*Allium sativum*) 25 % + extracto de chile picante (*Capsicum frutescens*) 25 % + extracto de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) 10 % a una dosis de 2.0 L/ha, T3: Extracto de neem (*Azadirachta indica*) 55 % + extracto de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) 15 % a una dosis de 2.0 L/ha, T4: Extracto de aceite neem (*Azadirachta indica*) 80 % a una dosis de 2.0 L/ha, T5: Spinetoram 5.87 % (Spinetoram J + Spinetoram L) a una dosis de 500 mL/ha, T6: testigo sin aplicación de insecticida.

** Días después de la aplicación (dda).

***Medias con diferentes letras en una misma columna difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey ($p < 0.05$).

mango inflorescences under spinosad, mineral oil, and imidacloprid foliar treatments at 15 daa.

In the second and third evaluation date, a differential effect between treatments was registered (Table 4); although T5: Spinetoram obtained the highest efficacies (87.9 and 87.65 % respectively), the mean comparison test (Tukey, $p \leq 0.05$) could identify T2: Extract: garlic + chili + cinnamon (dose 2 L/ha) as equally effective in thrips control (Tables 4 and 5). In general, after Spinetoram, those treatments that had a mixture of extracts (T2 and T3) maintained high levels of control, on the other hand, the paraffinic oil could only control a little more than 50 % of the population, a very acceptable percentage for this type of compounds. Similar to what was reported in this study, Kiani *et al.* (2012), evaluated the efficacy of multiple extracts (neem, coconut soap, tobacco extract and extract of garlic + onion + bell pepper) for the control of *Frankliniella occidentalis* affecting strawberry in greenhouse conditions, their results indicated that the extract of garlic, onion and bell pepper had a significant effect on the control of the pest, found that the optimal conditions for control were the application of garlic +

En la segunda y tercera fecha de evaluación, se registró un efecto diferencial entre tratamientos (Tabla 4); aunque el T5: Spinetoram obtuvo las eficacias más altas (87.9 y 87.65 % respectivamente), la prueba de comparación de medias (Tukey, $p \leq 0.05$) pudo identificar al T2: Extracto: ajo + chile + canela (dosis 2 L/ha) como igualmente efectivo en el control de trips (Tablas 4 y 5). De manera general, después de Spinetoram, aquellos tratamientos que tenían una mezcla de extractos (T2 y T3) mantuvieron altos niveles de control, por otro lado, el aceite parafínico solamente pudo controlar a poco más del 50 % de la población, porcentaje muy aceptable para este tipo de compuestos. Similar a lo reportado en este estudio, Kiani *et al.* (2012), evaluaron la eficacia de múltiples extractos (neem, jabón de coco, extracto de tabaco y extracto de ajo + cebolla + pimienta) para el control de *Frankliniella occidentalis* afectando fresa en condiciones de invernadero, sus resultados indicaron que el extracto de ajo, cebolla y pimienta tuvo un efecto significativo en el control de la plaga, encontraron que las condiciones óptimas para el control fue la aplicación del extracto de ajo + cebolla + pimienta en dos veces la dosis recomendada (moler 20 g de ajo, 30 g de cebolla y 7 g de pimienta) con un tamaño de gota de 1000 μm y 90 cc del insecticida por florero.

Table 4.
Results of the analysis of field data collected during the second and third evaluations of bioregional treatments for thrips control in mango trees cv. Manila. Actopan, Veracruz, 2019.

Tabla 4.
Resultados del análisis realizado a la información recolectada en campo durante la segunda y tercera evaluación de tratamientos biorracionales para el control de trips en árboles mango cv. Manila. Actopan, Veracruz, 2019.

Treatments *	Second evaluation (14 daa **)	Third evaluation (21 daa)
T1: Paraffinic oil	2.51 b***	2.62 b
T2: Extract: garlic + chili + cinnamon	1.09 d	0.91 e
T3: Neem + Cinnamon extract	0.97 d	1.15 d
T4: Neem extract	1.72 c	2.23 c
T5: Spinetoram 5.87 %	0.74 d	0.77 e
T6: Control	6.16 a	6.27 a

* T1: Paraffinic oil (95 %) at a dose of 2.0 L/ha, T2: garlic extract (*Allium sativum*) 25 % + hot chili extract (*Capsicum frutescens*) 25 % + cinnamon extract (*Cinnamomum zeylanicum*) 10 % at a dose of 2.0 L/ha, T3: Neem extract (*Azadirachta indica*) 55 % + cinnamon extract (*Cinnamomum zeylanicum*) 15 % at a dose of 2.0 L/ha, T4: Neem oil extract (*Azadirachta indica*) 80 % at a dose of 2.0 L/ha, T5: Spinetoram 5.87 % (Spinetoram J + Spinetoram L) at a dose of 500 mL/ha, T6: control without application of insecticide.

** Days after application (daa).

*** Averages with different letters in the same column differ statistically according to the Tukey test ($p < 0.05$).

*T1: Aceite parafínico (95 %) a una dosis de 2.0 L/ha, T2: extracto de ajo (*Allium sativum*) 25 % + extracto de chile picante (*Capsicum frutescens*) 25 % + extracto de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) 10 % a una dosis de 2.0 L/ha, T3: Extracto de neem (*Azadirachta indica*) 55 % + extracto de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) 15 % a una dosis de 2.0 L/ha, T4: Extracto de aceite neem (*Azadirachta indica*) 80 % a una dosis de 2.0 L/ha, T5: Spinetoram 5.87 % (Spinetoram J + Spinetoram L) a una dosis de 500 mL/ha, T6: testigo sin aplicación de insecticida.

** Días después de la aplicación (dda).

***Medias con diferentes letras en una misma columna difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Table 5.
Percentage of efficacy of botanical and biorational insecticides for thrips management in mango trees cv. Manila. Actopan, Veracruz, 2019.

Tabla 5.
Porcentaje de eficacia de insecticidas botánicos y biorracionales para el manejo de trips en árboles de mango cv. Manila. Actopan, Veracruz, 2019.

Treatments *	First evaluation (7 daa**)	Second evaluation (14 daa)	Third evaluation (21 daa)
T1: Paraffinic oil	40.77***	59.23	58.17
T2: Extract: garlic + chili + cinnamon	75.17	82.23	85.46
T3: Neem + Cinnamon extract	77.52	84.26	81.61
T4: Neem extract	41.13	72.01	64.41
T5: Spinetoram 5.87 %	87.06	87.90	87.65
T6: Control	0.00	0.00	0.00

* T1: Paraffinic oil (95 %) at a dose of 2.0 L/ha, T2: garlic extract (*Allium sativum*) 25 % + hot chili extract (*Capsicum frutescens*) 25 % + cinnamon extract (*Cinnamomum zeylanicum*) 10 % at a dose of 2.0 L/ha, T3: Neem extract (*Azadirachta indica*) 55 % + cinnamon extract (*Cinnamomum zeylanicum*) 15 % at a dose of 2.0 L/ha, T4: Neem oil extract (*Azadirachta indica*) 80 % at a dose of 2.0 L/ha, T5: Spinetoram 5.87 % (Spinetoram J + Spinetoram L) at a dose of 500 mL/ha, T6: control without application of insecticide.

** Days after application (daa).

*** Averages with different letters in the same column differ statistically according to the Tukey test ($p < 0.05$).

*T1: Aceite parafínico (95 %) a una dosis de 2.0 L/ha, T2: extracto de ajo (*Allium sativum*) 25 % + extracto de chile picante (*Capsicum frutescens*) 25 % + extracto de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) 10 % a una dosis de 2.0 L/ha, T3: Extracto de neem (*Azadirachta indica*) 55 % + extracto de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) 15 % a una dosis de 2.0 L/ha, T4: Extracto de aceite neem (*Azadirachta indica*) 80 % a una dosis de 2.0 L/ha, T5: Spinetoram 5.87 % (Spinetoram J + Spinetoram L) a una dosis de 500 mL/ha, T6: testigo sin aplicación de insecticida.

** Días después de la aplicación (dda).

***Medias con diferentes letras en una misma columna difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey ($p < 0.05$).

onion + bell pepper extract at twice the recommended dose (grind 20 g garlic, 30 g onion and 7 g bell pepper) with a drop size of 1000 μm and 90 cc of the insecticide per vase.

Analysis of the three evaluation dates helped identify that treatment efficacies (except for paraffinic oil) were consistently maintained throughout the period (Table 5), suggesting that two consecutive weekly applications of these products are sufficient to maintain low pest populations for up to 21 days. Hernández-Fuentes *et al.* (2018), in avocado cv. Hass, reported similar behavior of thrips (*Frankliniella occidentalis*) populations under treatment with the insecticide spinetoram in doses of 42 g a.i./ha, significant reduction of the population at 7 daa and at 21 daa a control of 77.7 % was registered. Congruent with our trial, a field experiment to evaluate the efficacy of some botanical and chemical insecticides against chili thrips (*Scirtothrips dorsalis*), demonstrated that spinosad 0.2 mL*L⁻¹ registered the highest population reduction (79.79 %) standing out as the most effective and economical treatment, followed by Neem oil 2.5 mL*L⁻¹ (53.22 %), Neem seed extract 5% (48.11 %) and garlic extract 10 g*L⁻¹ (47.13 %) (Patel & Kumar, 2017). Additionally, it has been documented the repellency of trips to multiple extracts, this can be another explanation of the substantial decrease of the populations when systematic applications are made in a crop; for example, Abtey *et al.* (2015), reported repellency of trips *Megalurothrips sjostedti* affecting cowpea (*Vigna unguiculata* L.) to extracts of pepper (*Piper nigrum*), cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*, *C. cassia*) being categorized as strong repellents. Similarly, several studies have reported anti-feeding effects of azadirachtin extracts in multiple pest species; Neem seed oil exhibited anti-feeding properties against nymphs and adult aphids (*Chaetosiphon fragaefolii* C.) in strawberry (Lowery *et al.*, 1993); azadirachtin showed the same effects in whitefly (*Bemisia tabaci* G.) (Shafie *et al.*, 2003); in addition, conifer plantations treated with neem oil prevented the feeding activity of the pine beetle (*Hylobius abietis* L.) for 3 months (Thacker *et al.*, 2003).

It is important to mention that throughout the trial, no treatment produced phytotoxic effects in the crop, which contributes and justifies the use of biorational products. It is recommended the execution of additional studies that include the combination of multiple extracts in different formulations, examining their *in vitro* phytotoxicity, evaluation in other cultivars, as well as nursery and laboratory conditions that allow identifying optimal doses and combinations; including an economic analysis of the management proposal. The

El análisis de las tres fechas de evaluación ayudó a identificar que las eficacias de los tratamientos (a excepción del aceite parafínico), se mantuvieron de manera consistente durante todo el periodo (Tabla 5), lo que sugiere que dos aplicaciones semanales consecutivas de dichos productos, son suficientes para mantener bajas poblaciones de la plaga hasta por 21 días. Hernández-Fuentes *et al.* (2018), en aguacate cv. Hass, reportaron un comportamiento similar de las poblaciones de trips (*Frankliniella occidentalis*) bajo tratamiento del insecticida spinetoram en dosis de 42 g de i.a./ha, reducción significativa de la población a los 7 daa y a los 21 daa se registró un control de 77.7 %. Congruente con nuestro ensayo, un experimento de campo para evaluar la eficacia de algunos insecticidas botánicos y químicos contra los trips del chile (*Scirtothrips dorsalis*), demostraron que spinosad 0.2 mL*L⁻¹ registró la mayor reducción de la población (79.79 %) destacándose como el tratamiento más eficaz y económico, seguido por aceite de Neem 2.5 mL*L⁻¹ (53.22 %), extracto de semilla de neem 5 % (48.11 %) y extracto de ajo 10 g*L⁻¹ (47.13 %) (Patel & Kumar, 2017). Adicionalmente, se ha documentado la repelencia de trips a múltiples extractos, esto puede ser otra explicación del descenso sustancial de las poblaciones cuando se realizan aplicaciones sistemáticas en un cultivo; por ejemplo, Abtey *et al.* (2015), reportaron repelencia del trips *Megalurothrips sjostedti* afectando a caupí (*Vigna unguiculata* L.) a extractos de pimienta (*Piper nigrum*), canela (*Cinnamomum zeylanicum*, *C. cassia*) categorizándose como fuertes repelentes. Del mismo modo, diversos estudios han reportado efectos antialimenticios de extractos de azadiractina en múltiples especies plaga; el aceite de semilla de Neem exhibió propiedades antialimenticias contra ninfas y adultos de pulgones (*Chaetosiphon fragaefolii* C.) en fresa (Lowery *et al.*, 1993); la azadiractina demostró los mismos efectos en mosca blanca (*Bemisia tabaci* G.) (Shafie *et al.*, 2003); además, plantaciones de coníferas tratadas con aceite de neem impidieron la actividad de alimentación del gorgojo del pino (*Hylobius abietis* L.) durante 3 meses (Thacker *et al.*, 2003).

Es importante mencionar que a lo largo del ensayo, ningún tratamiento produjo efectos fitotóxicos en el cultivo, lo anterior contribuye y justifica el uso de productos biorracionales. Es recomendable la ejecución de estudios adicionales que incluyan la combinación de múltiples extractos en diferentes formulaciones, examinar la fitotoxicidad *in vitro* de los mismos, evaluación en otros cultivares, así como condiciones de vivero y laboratorio que permitan identificar dosis y combinaciones óptimas; inclusive el realizar un análisis económico de la propuesta de manejo. Los resultados de este estudio presentan una alternativa de un "insecticida botánico

results of this study present an alternative of a "botanical and biorational insecticide" for its incorporation in an integrated management system of plagues in mango cultivation.

y bioracional" para su incorporación en un sistema de manejo integrado de plagas en el cultivo de mango.

Conclusions

The five botanical and/or biorational insecticides exerted significant toxic effects on thrips populations, the highest percentages of efficacy were found in the insecticide spinetoram (87.65 %), followed by the extracts of garlic + chili + cinnamon (85.46 %), and the extract of neem + cinnamon (81.61 %). The effect of the treatments could be observed since the first evaluation (7 daa); two consecutive weekly applications of such products are enough to maintain low populations of the plague for up to 21 days.

Conclusiones

Los cinco insecticidas botánicos y/o bioracionales ejercieron efectos tóxicos significativos en las poblaciones de trips, los porcentajes de eficacias más altos se encontraron en el insecticida spinetoram (87.65 %), seguidos de los extractos de ajo + chile + canela (85.46 %), y el extracto de neem + canela (81.61 %). El efecto de los tratamientos pudo observarse desde la primera evaluación (7 daa); dos aplicaciones semanales consecutivas de dichos productos son suficientes para mantener bajas poblaciones de la plaga hasta por 21 días.

References

- Abteu, A., Subramanian, S., Cheseto, X., Kreiter, S., Garzia, G. T. and Martin, T. (2015). Repellency of plant extracts against the legume flower thrips *Megalurothrips sjostedti* (Thysanoptera: Thripidae). *Insects*, 6(3): 608-625. <https://doi.org/10.3390/insects603060>
- Abu-shosha, M. A., Abdallah, A. A., Abdel-Aziz, N. M. and Mahmoud, A. S. (2017). Effect of Temperature on Biology of *Oligonychus mangiferus* (Rahman and Sapro) (Acari: Tetranychidae). *Journal of Plant Protection and Pathology*, 8(8): 389-392. <https://doi.org/10.21608/jppp.2017.46348>
- Aguirre, L. A., Miranda, M. A., Urías, M. A., Orona, F., Almeyda, I. H., Johansen, R. and Tucuch, M. (2013). Especies de trips (Thysanoptera) en mango, fluctuación y abundancia. *Revista Colombiana de Entomología*, 39(1): 9-12. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v39n1/v39n1a02.pdf>
- Aliakbarpour, H. & Rawi, C. S. M. (2012). The species composition of thrips (Insecta: Thysanoptera) inhabiting mango orchards in Pulau Pinang, Malaysia. *Tropical Life Sciences Research*, Penang, 23(1): 45-61. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24575225/>
- Amoabeng, B. W., Johnson, A. C. and Gurr, G. M. (2019). Natural enemy enhancement and botanical insecticide source: a review of dual use companion plants. *Applied entomology and zoology*, 54: 1-19. <https://doi.org/10.1007/s13355-018-00602-0>
- Ávila-Quezada, G. D., Téliz-Ortiz, D., Vaquera-Huerta, H., González-Hernández, H., and Johansen-Naime, R. (2005). Progreso temporal del daño por trips (Insecta: Thysanoptera) en aguacate (*Persea americana* Mill.). *Agrociencia*, 39(4): 441-447. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30239408> [Last Check: July 14th 2020]
- Ayala-Ortega, J. J., Gutiérrez-Cuevas, O. A., Ávila-Val, T. C. and Vargas-Sandoval, M. (2019). Identificación del ácaro y el patógeno asociado a la malformación floral de mango en Gabriel Zamora, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (23): 345-350. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2034>
- Baker, S. E., Olsson, A. O. and Barr, D. B. (2004). Isotope dilution high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry method for quantifying urinary metabolites of synthetic pyrethroid insecticides. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 46: 281-288. <https://doi.org/10.1007/s00244-003-3044-3>
- Barbosa, F. R. & Paranhos, B. A. J. (2005). Artrópodes-praga associados à cultura da mangueira no Brasil e seu controle. In: Menezes, E. A.; Barbosa, F. R. Pragas da mangueira: monitoramento, nível de ação e controle. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, ed.17-50. Brasil.
- Bielza, P. (2008). Insecticide resistance management strategies against the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 64(11): 1131-1138. <https://doi.org/10.1002/ps.1620>

- Chaieb, I. (2010). Saponins as insecticides: a review. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 5(1): 39-50. <https://pdfs.semanticscholar.org/7a0b/2544dd484b919fd6afc0e5735759698d51d9.pdf> [Last Check: July 14th 2020]
- Champion, G. T. (2000). Bright and the field scale evaluations herbicides tolerant. *G M Trials. AICC Newslwttter*, 7.
- Dequech, S. T. B., Ribeiro, L. P., Sausen, C. D., Martins, J. D. and Egewarth, R. (2011). Atividade inseticida de extratos de meliáceas sobre *Caliothrips phaseoli* Hood, 1912 (Thysanoptera: Thripidae) em cultivos em estufa plástica. *Revista da FZVA*, 18(1): 68–77. <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/viewFile/8049/6852>
- Dinesh, D. S., Kumari, S., Kumar, V. and Das, P. (2014). The potentiality of botanicals and their products as an alternative to chemical insecticides to sandflies (Diptera: Psychodidae): A review. *Journal of vector borne diseases*, 51(1): 1. https://www.researchgate.net/profile/Seema_Kumari9/publication/261519243_The_potentiality_of_botanicals_and_their_products_as_an_alternative_to_chemical_insecticides_to_sandflies_Diptera_Psychodidae_A_review/links/55f12bf808ae199d47c23ae3.pdf
- Duran-Trujillo, Y., Otero-Colina, G., Ortega-Arenas, L. D., Padilla, V. J. A., Mora-Aguilera, J. A., Damián-Nava, A. and García-Escamilla, P. (2017). Evaluación de insecticidas para control de trips y ácaros plagas del mango (*Mangifera indica* L.) en Tierra Caliente, Guerrero, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 20(3): 381-394. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93953814008.pdf>
- Elbert, A., Nauen, R. and Leicht, W. (1998). Imidacloprid, a novel chloronicotinyl insecticide: biological activity and agricultural importance. In *Insecticides with novel modes of action*, 50-73 pp. Springer, Berlin, Heidelberg. http://doi.org/10.1007/978-3-662-03565-8_4
- Espinosa, P. J., Contreras, J., Quinto, V., Grávalos, C., Fernández, E. and Bielza, P. (2005). Metabolic mechanisms of insecticide resistance in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Pest Manage. Sci* 61:1009–1015. <http://doi.org/10.1002/ps.1069>
- Esquinca, A. H. A., Quilantan, C. J. and Pérez, R. R. D. (2004). Los trips (*Frankliniella cephalica*) huésped inofensivo o amenaza real para el mango cv. Ataulfo en el Soconusco Chiapas. XXXIX Congreso Nacional de Entomología. Mazatlán, Sinaloa. 16-19 mayo de 2004. Memorias.
- Food and Agriculture Organizations of the United Nations [FAO]. (2020). Food and Agriculture Organizations of the United Nations. . Available at: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> [Last Check: July 14th 2020].
- Franklin, H. (1908). On some new West Indian thrips. *proceedings of the united states national museum*, 33(719), e724.
- Groves, R. L., Sorenson, C. E., Walgenbach, J. F. and Kennedy, G. G. (2001). Effects of imidacloprid on transmission of tomato spotted wilt tospovirus to pepper, tomato and tobacco by *Frankliniella fusca* Hinds (Thysanoptera: Thripidae). *Crop Protection*, 20(5): 439-445. [http://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00171-X](http://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00171-X)
- Hernández-Fuentes, L. M., Magaña-Valencia, R. and Nolasco-González, Y. (2018) Toxicidad de insecticidas en el trips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) en aguacate cv Hass. *Entomología mexicana*, 5: 390–395 <http://www.entomologia.socmexent.org/revista/2018/EA/EA%20390-395.pdf>
- Douglas, J. (1925). New Neotropical Thysanoptera collected by C. B. Williams. *A Journal of Entomology*, vol. 32, Article ID 038498, 22 pages, 1925. <https://doi.org/10.1155/1925/38498>
- Jensen, S. E. (2000). Insecticide resistance in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Integrated Pest Management Reviews*, 5(2): 131-146. <https://doi.org/10.1023/A:1009600426262>
- Kay, I. R. & Herron, G. A. (2010). Evaluation of existing and new insecticides including spirotetramat and pyridalyl to control *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) on peppers in Queensland. *Australian Journal of Entomology*, 49(2): 175-181. <http://doi.org/10.1111/j.1440-6055.2010.00751.x>
- Khaliq, A., Khan, A. A., Afzal, M., Tahir, H. M., Raza, A. M. and Khan, A. M. (2014). Field evaluation of selected botanicals and commercial synthetic insecticides against *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) populations and predators in onion field plots. *Crop Protection*, 62: 10-15. <http://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.03.019>
- Kiani, L., Yazdani, M., Tafaghodinia, B. and Sarayloo, M. H. (2012). Control of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae), by plant extracts on strawberry in greenhouse conditions. *Munis Entomology and Zoology Journal*, 7(2): 857-866. <https://www.munisentzool.org/yayin/vol7/issue2/857-866.pdf>
- Lebedev, G., Abo-Moch, F., Gafni, G., Ben-Yakir, D. and Ghanim, M. (2013). High-level of resistance to spinosad, emamectin benzoate and carbosulfan in populations of *Thrips tabaci* collected in Israel. *Pest management science*, 69(2): 274-277. <http://doi.org/10.1002/ps.3385>

- Loera-Barocio, J., Lagunes-Tejeda, Á., Rodríguez-Maciel, J. C., Johansen-Naime, R., Romero-Nápoles, J., Manuel-Pinto, V. and Silva-Aguayo, G. (2011). Susceptibilidad a insecticidas en tres poblaciones mexicanas del trips del laurel, *Gynaikothrips ficorum* (Marchal) (Thysanoptera: Phlaeothripidae). *Agrociencia*, 45(1): 61-73. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v45n1/v45n1a7.pdf>
- López-Guillén, G., Rosa-Cancino, J. and Goldarazena, A. (2014). Abundancia y fluctuación poblacional de trips asociados a hojas de mango Ataulfo en el Soconusco, Chiapas. *Entomología Mexicana*, 1: 824-828. <http://www.socmexent.org/entomologia/revista/2014/EA/150.pdf>
- Lowery, D. T. & Isman, M. B. (1993). Antifeedant activity of extracts from neem, *Azadirachta indica*, to strawberry aphid, *Chaetosiphon fragaefolii*. *Journal of chemical ecology*, 19: 1761-1773. <http://doi.org/10.1007/bf00982306>
- Matos, S. T. S. D., Andrade, D. J. D., Zanata, R. M. P., Azevedo, E. B. D. and Lima, É. F. B. (2019). New records of thrips species on mango and natural enemies associated. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41(1). <http://doi.org/10.1590/0100-29452019123>
- McKenzie, N., Helson, B., Thompson, D., Otis, G., McFarlane, J., Buscarini, T. and Meating, J. (2010). Azadirachtin: an effective systemic insecticide for control of *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae). *Journal of Economic Entomology*, 103 (3): 708–717. <https://doi.org/10.1603/ec09305>
- Miresmailli, S. & Isman, M. B. (2014). Botanical insecticides inspired by plant-herbivore chemical interactions. *Trends in Plant Science*, 19: 29–35. <http://doi.org/10.1016/j.tplants.2013.10.002>
- Mound, L. A. & Marullo, R. (1996). The thrips of Central and South America: an introduction. *Florida Entomologist*, 79(2):270. <https://doi.org/10.2307/3495826>
- Omar, N. H., Mohd, M., Nor, N. M. I. M. and Zakaria, L. (2018). Characterization and pathogenicity of *Fusarium* species associated with leaf spot of mango (*Mangifera indica* L.). *Microbial pathogenesis*, 114: 362-368. <http://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.12.026>
- Palmer, J. M., Mound, L. A. and Du Heaume, G. J. (1989). *CIE guides to insects of importance to man. 2. Thysanoptera*. CAB International. *Bulletin of Entomological Research*, 80(4): 489 <http://doi.org/10.1017/s0007485300050793>
- Pardey, A. E. B. (2009). Evaluación de insecticidas químicos y biológicos para controlar *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) en cultivos de espárragos/Evaluation of chemical and biological insecticides to control *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in asparagus crops. *Revista colombiana de entomología*, 35(1): 12. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012004882009000100003
- Patel, V. D. & Kumar, A. (2017). Field efficacy of certain botanical and chemical insecticides against chilli thrips [*Scirtothrips dorsalis* (Hood)] on Chilli (*Capsicum annum* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6: 497-499.
- Pavela, R. (2011a). Insecticidal properties of phenols on *Culex quinquefasciatus* Say and *Musca domestica* L. *Parasitology Research*, 109: 1547–1553. <https://doi.org/10.1007/s00436-011-2395-3>
- Pavela, R. (2011b). Antifeedant and larvicidal effects of some phenolic components of essential oils last lines of introduction against *Spodoptera littoralis* (Boisd.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 14(3): 266–273. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2011.10643932>
- Pavela, R. (2016). History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects—a review. *Plant Protection Science*, 52(4): 229-241. <http://doi.org/10.17221/31/2016-pps>
- Peña, J. E., Mohyuddin, A. I. and Wysoki, M. (1998). A Review of the pest management situation in mango agroecosystems. *Phytoparasitica, Rehovot*, 26(2): 129-148. <https://doi.org/10.1007/BF02980680>
- Pérez-Rodríguez, A., Monteón-Ojeda, A., Mora-Aguilera, J. A. and Hernández-Castro, E. (2017). Epidemiology and strategies for chemical management of powdery mildew in mango. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(9): 715-723. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2017000900003>
- Planes, L., Catalán, J., Jaques, J. A., Urbaneja, A. and Tena, A. (2015). *Pezothrips kellyanus* (Thysanoptera: Thripidae) nymphs on orange fruit: importance of the second generation for its management. *Florida Entomologist*, 98(3): 848-855. <https://doi.org/10.1653/024.098.0306>
- Rocha, F. H., Infante, F., Quilantán, J., Goldarazena, A. and Funderburk, J. E. (2012). 'Ataulfo' Mango Flowers Contain a Diversity of Thrips (Thysanoptera). *Florida Entomologist*, 95(1): 171-178. <https://doi.org/10.1653/024.095.0126>

- Rodríguez-Gálvez, E., Guerrero, P., Barradas, C., Crous, P. W. and Alves, A. (2017). Phylogeny and pathogenicity of *Lasiodiplodia* species associated with dieback of mango in Peru. *Fungal biology*, 121(4): 452-465. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2016.06.004>
- Sakimura, K. (1972). *Frankliniella invasor*, new species, and notes of *F. gardeniae* and the *Frankliniella* spp. in Hawaii (Thysanoptera: Thripidae). *Proc. Hawaiian Entomol. Soc.* 21: 263-270. https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/bitstream/10125/11012/21_263-270.pdf
- Sánchez, M. Y., González, H., Johansen, R., Guzmán, A. and Anaya, S. (2001). Trips (Insecta: Thysanoptera) asociados a frutales de los estados de México y Morelos, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 40 (2): 169-186. <https://www.socmexent.org/fovia/revista/Vol%2040/Vol40Num2/169-188.pdf>
- Scott, I. M., Jensen, H. R., Philogène, B. J. and Arnason, J. T. (2008). A review of Piper spp. (Piperaceae) phytochemistry, insecticidal activity and mode of action. *Phytochemistry Reviews*, 7(1): 65. <https://doi.org/10.1007/s11101-006-9058-5>
- Seal, D. R., Ciomperlik, M., Richards, M. L. and Klassen, W. (2006). Comparative effectiveness of chemical insecticides against the chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae), on pepper and their compatibility with natural enemies. *Crop Protection*, 25(9): 949-955. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.12.008>
- Shafie, H. A. F. & Basedow, T. (2003). The efficacy of different neem preparations for the control of insects damaging potatoes and eggplants in the Sudan. *Crop protection*, 22(8): 1015-1021. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(03\)00118-2](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(03)00118-2)
- Shull, A. F. (1909). Some apparently new Thysanoptera from Michigan. *Entomological News*, 20: 220-22.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2020). Producción agrícola. Available at: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119> [Last Check: July 14th 2020].
- Sierra-Baquero, P. V., Varón-Devia, E. H., Gomes-Días, L. and Jaramillo-Barrios, C. I. (2018). Fluctuación poblacional de trips (*Frankliniella* cf. *gardeniae*) en cultivos de mango en Tolima, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 44(2): 158-164. <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i2.7311>
- Soto, G. A. & Retana, A. P. (2003). Clave ilustrada para los géneros de Thysanoptera y especies de *Frankliniella* presentes en cuatro zonas hortícolas en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 27(2): 55-68. <https://www.redalyc.org/pdf/436/43627205.pdf>
- Thacker, J. R. M., Bryan, W. J., McGinley, C., Heritage, S. and Strang, R. H. C. (2003). Field and laboratory studies on the effects of neem (*Azadirachta indica*) oil on the feeding activity of the large pine weevil (*Hylobius abietis* L.) and implications for pest control in commercial conifer plantations. *Crop protection*, 22(5): 753-760. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(03\)00041-3](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(03)00041-3)
- Tovar-Pedraza, J. M., Mora-Aguilera, J. A., Nava-Díaz, C., Lima, N. B., Michereff, S. J., Sandoval-Islas, J. S. and Leyva-Mir, S. G. (2020). Distribution and pathogenicity of *Colletotrichum* species associated with mango anthracnose in Mexico. *Plant Disease*, 104(1): 137-146. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-19-0178-RE>
- Virgen-Sánchez, A., Santiesteban-Hernández, A. and Cruz-López, L. (2011). Evaluación de trampas de colores para trips del mango ataulfo en el Soconusco, Chiapas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(4): 579-581. <https://doi.org/10.29312/remexca.v2i4.1644>
- Wysoki, M., Ben-dov, Y., Swirski, E. and Izhar, Y. (1993). The arthropod pests of mango in Israel. Proceeding of the IV International Mango Symposium. *Acta Horticulturae, Wageningen*, 341: 452-466. <http://doi.org/10.17660/actahortic.1993.341.50>
- Zhao, G., Liu, W. E. I., Brown, J. M. and Knowles, C. O. (1995). Insecticide resistance in field and laboratory strains of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology*, 88(5): 1164-1170. <https://doi.org/10.1093/jee/88.5.1164>