



Universidad Autónoma Chapingo

Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas

Programa de Posgrado en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas

EFFECTO DE EXTRACTOS DE CHICALOTE (*Argemone pleiacantha* Greene) EN EL CONTROL DE *Melanaphis sacchari* Zehntner Y *Drosophila suzuki* Matsumura

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE EN ZONAS ÁRIDAS

PRESENTA:

ALEIDA GÓMEZ HERNÁNDEZ



APROBADA



Bermejillo, Durango, México Abril, 2020



La presente tesis de Maestría titulada: **Efecto de extractos de chicalote (*Argemone pleiacantha* Greene) en el control de *Melananphis sacchari* Zehntner y *Drosophila suzukii* Matsumura**, bajo la dirección del **Dr. Ricardo Trejo Calzada** y la co-dirección del **Dr. Fabián García González**, ha sido revisada y aprobada por el Comité Asesor como requisito parcial para obtener el grado de:

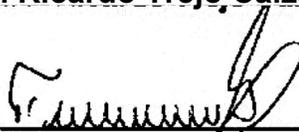
**MAESTRO EN CIENCIAS EN
RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE DE ZONAS ÁRIDAS**

DIRECTOR:



M.C. Ricardo Trejo Calzada

CO- DIRECTOR:



Dr. Fabián García González

ASESOR:



M.C. José Ramón Hernández Salgado

ASESOR:



Dr. Marco Andrés López Santiago

RECONOCIMIENTOS

Se expresa un reconocimiento al apoyo y sustento otorgado para el desarrollo y término de la presente investigación y de mis estudios de posgrado:

Al Programa de Becas Nacionales de CONACyT 2018-2020

Al Programa de Becas de Movilidad en el Extranjero de CONACyT 2019-2020

Al Posgrado en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas

A la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo

Al Colegio de Posgraduados, Campus Puebla.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y a la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas.

A mis directores de Tesis, Dr. Ricardo Trejo Calzada y Dr. Fabián García González, por su apoyo y paciencia.

A mi comité asesor Dr. Ricardo Trejo Calzada, Dr. Fabián García González, M. C José Ramón Hernández Salgado y Dr. Marco Andrés López Santiago.

A mis profesores del programa de Posgrado de los cuales aprendí

A Mary Miranda y Dr. Pedroza por su paciencia y buen trato siempre .

Contenido

ÍNDICE DE CUADROS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	6
DEDICATORIA	7
AGRADECIMIENTOS	¡Error! Marcador no definido.
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
I.INTRODUCCION	10
OBJETIVO GENERAL	12
OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
HIPÓTESIS	12
II REVISIÓN DE LITERATURA	13
2.1 Importancia económica del sorgo.....	13
2.2 <i>Pulgón amarillo del sorgo (PAS) Melanaphis saccahri</i>	13
2.3 Mosquita del vinagre de alas manchadas <i>Drosophila suzukii</i> Matsumura ..	16
2.4 Uso de extractos vegetales en el control de plagas	22
2.5 Impacto ecológico de el uso de químicos.....	24
III. MATERIALES Y METODOS	25
3.1 Material vegetal	25
3.2 Preparación de extractos acuosos y etanólicos	25
3.3. Bioensayos con <i>Melanaphis sacchari</i> Zehnthner	25
3.4 Bioensayos con <i>Drosophila suzukii</i> Matsumura	26
3.5 Separación de compuestos de extractos acuosos de <i>A. pleiakantha</i>	27
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1. Efectos de extractos Acuosos y Alcohólicos en <i>Melanaphis sacchari</i> Zehnthner	29
4.2. Efectos de extractos acuosos en <i>Drosophila suzukii</i> Matsumura	32
4.3. Caracterización cualitativa de compuestos de <i>A. pleiakantha</i> Greene.	33
V. CONCLUSIONES	34
VI. LITERATURA CITADA	35

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1: Efecto de diferentes concentraciones de extracto acuoso de hoja, tallo y raíz de <i>A. pleiakantha</i> en la mortalidad de <i>M. sacchari</i>	29
Tabla 2: Media de porcentaje de mortalidad de pulgón amarillo, por cada tratamiento de extracto etanólicos de <i>A. pleiakantha</i> de hoja y tallo a diferentes concentraciones.	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cromatografía de columna proceso de separación de compuestos	¡Error! Marcador no definido.
Figura 1 Se separaron los compuestos con diferentes tonalidades ((a) amarillo tenue, (b) amarillo intenso y (c) café).	34

DEDICATORIA

A mi esposo Neiry Manuel Alvarado Ruacho y mis hijos Gael Sebastian y Ximena por el apoyo incondicional y comprensión que siempre me han regalado.

A mi tía Leticia Alfaro Hernández y mi prima Nadia por brindarme el apoyo familiar que he necesitado en los momentos difíciles.

A mis hermanas (Amparo Elvia y Mariela) y mi mamá Concha por el cariño que siempre nos tendremos en todo momento.

A mis amigas y compañeras (Annel, Georgina, Carolina, Irene y Alejandra) que han sido como mi segunda familia en este lapso tan importante de mi vida.

A todos las personas de laboratorio de la URUZA y a todos los que de una u otra forma contribuyeron en la realización de este trabajo.

RESUMEN

El pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari* Zehntner) y la mosca del vinagre (*Drosophila suzukii* Matsumara) son plagas que atacan al sorgo y frutillas, respectivamente y que provocan significativas pérdidas económicas. Existen antecedentes de que extractos de plantas del género *Argemone* son efectivas en el control de algunas plagas. El chicalote (*Argemone pleiakantha* Greene) es una especie abundante del norte de México, de la cual hay muy poca información de su aprovechamiento en el control de plagas agrícolas. Es por ello que esta investigación tiene como objetivo evaluar la efectividad insecticida de extractos de *A. pleiakantha* en el control de las plagas *M. sacchari* y *D. suzukii*. Para el control de *M. sacchari* se llevaron a cabo bioensayos en experimentos con diseño de bloques al azar y cinco repeticiones con medidas en el tiempo. Se evaluaron extractos acuosos de hoja, tallo y raíz con los siguientes porcentajes de dilución 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 y extractos etanólicos en hoja y tallo en las mismas diluciones. Los extractos acuosos de las tres partes de la planta provocaron mortalidad significativa de *M. sacchari*. Los extractos acuosos provocaron mortalidad de hasta de 91.3 % en diluciones de 20% de raíz. Los extractos etanólicos también provocaron diferencias significativas. El tratamiento de extracto etanólico de hoja al 40% fue el más efectivo con 100% de mortalidad. Para el control de *D. suzukii* se emplearon extractos acuosos en diluciones de 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} y el testigo agua/miel en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La aplicación del extracto acuoso de *A. pleiakantha* en dilución de 10^{-1} provocó una significativamente mayor mortalidad de *D. suzukii*.

Palabras clave: control de plagas, biopesticidas, sorgo, frutillas, *Argemone*

ABSTRACT

Sorghum yellow aphid (*Melanaphis sacchari* Zehntner) and vinegar fly (*Drosophila suzukii* Matsumara) are pests that attack sorghum and little fruits causing significant economical losses. *Argemone pleiacantha* Greene is a plentiful species in northern Mexico. However, there is only a few information about its effectivity on crop pest control. The present study had as objective evaluate the effectivity of *A. pleiacantha* extracts on the control of *M. sacchari* y *D. suzukii* pests. Bioassays under random blocks design and five replications were carried out on *M. Sacchari*. Roots, stems and leaves aqueous extracts were made at 5,10,15,20, 25, 30, 35 and 40% were evaluated. Also, leaves and stems alcoholic extracts in the same concentrations were evaluated. Both aqueous and alcoholic extracts caused a significative mortality of *M. sacchari*. Among aqueos extracts, that of roots at 20% showed the greater mortality (91.3%), while for alcoholic extracts the one obtained from leaves at 40 % showed the 100% of mortality. For *D. suzukii* aqueous extracts on 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} and a control of water/honey were applied under a random blocks design with three replications. The treatment of 10^{-1} concentration caused significantly greater mortality as compared to the control.

Key words: pest control, biopesticides, sorghum, little fruits, *Argemone*.

I. INTRODUCCION

Las zonas áridas y semiáridas se caracterizan por su limitada biomasa, constituida principalmente por plantas de lento crecimiento o por plantas efímeras de crecimiento sumamente rápido. Además, algunos de los animales que los habitan cuentan con mecanismos de defensa como largas etapas de somnolencia, huevos con una resistencia excepcional, necesidades bajas de agua, movimiento reducido, actividades nocturnas, entre otras (CONAZA, 2018).

Por otra parte, las zonas áridas poseen una riqueza enorme de plantas endémicas. Sin embargo, el desconocimiento de la presencia de estas especies y sobre todo su valor ecológico han impedido que los pobladores rurales utilicen este recurso como una alternativa económica. Algunos ejemplos de plantas con potencial forestal son el mezquite, ocotillo, y diferentes tipos de yucas, entre otros; plantas con potencial forrajero como los pastizales, el nopal, Guayacán, Rosa de Castilla, Jojoba, Guajillo. Plantas con potencial industrial: Lechuguilla; Candelilla, Guayule, Palma Samandoca. Plantas con potencial medicinal: Peyote, Chaparro Prieto, Cenizo, toloache, anacahuíta, hojasén, guayacán, gobernadora y orégano , entre otras. Las plantas con potencial ornamental se pueden considerar a todas las especies del desierto, especialmente las cactáceas (Tarango, 2015).

El desierto Chihuahuense se encuentra ubicado entre las Sierras Madre Occidental, y Madre Oriental, justo en la altiplanicie mexicana, considerando también una pequeña porción de Estado Unidos, que pertenece a los estados de Texas y Nuevo México, mientras que en nuestro país incluye a los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí y Nuevo León. A esta región le corresponde una altitud que va de los 1000 a los 2000 metros sobre el nivel del mar, a lo largo de eje norte-sur, es por ello que presenta bajas temperaturas comparadas con las del desierto sonoreense. Durante el verano se presentan mayores precipitaciones que durante el invierno (Granados-Sánchez et al., 2011).

El aprovechamiento de especies vegetales, ha sido sin duda una de las actividades más importantes que ha desarrollado el hombre, pues de ellas se han obtenido productos para satisfacer necesidades de alimento, salud, vivienda, energía, vestido y estética. Sin embargo, algunas especies vegetales son vistas como indeseables, principalmente en la agricultura, donde se consideran como malezas a todas aquellas que no generan un beneficio directo y que constituyen un riesgo para las actividades e intereses del hombre (Mortimer,1990). Para los cultivos, las malezas representan una fuerte competencia por nutrientes, espacio y humedad, debido a que estas poseen características únicas que favorecen su desarrollo, creando pérdidas considerables para los agricultores (Altieri et al. 1999).

Además de las malezas, los daños provocados por las plagas han afectado a los agricultores, incluso desde el inicio de la agricultura, principalmente de manera económica, por lo que para los agricultores el control de plagas es una necesidad (FAO, 2001).

Diversas investigaciones han demostrado que existen plantas, consideradas como malezas por muchos, que tienen un excelente potencial de aprovechamiento, desde la obtención de materias primas para la industria, hasta uso de manera directa.

Tal es el caso del género *Argemone* spp., un grupo de plantas no comestibles de origen mesoamericano consideradas únicamente como malezas. Se encuentra ampliamente distribuido en zonas tropicales y subtropicales del mundo. Varias especies de este género se encuentran en zonas áridas, en suelos pobres y áreas agrícolas en descanso, sobre las orillas de los caminos, en bosques tropicales, matorrales xerófilos, bosque espinoso, bosque de pino y de pino-encino, así como de juníperos (BDMTM, 2009).

Se ha comprobado que extractos de *Argemone mexicana* son eficaces en el control de algunas plagas insectiles que dañan cultivos de follaje como Maíz, frijol y amaranto a base de *Argemone mexicana* (Valdés Estrada et al., 2016).

Sin embargo, no se ha probado la efectividad de extractos de *A. pleiakantha* en el control del pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari* Zehntner) o en la mosca del vinagre (*Drosophila suzukii* Matsumura).

Con base a lo anterior, el presente trabajo tubo como objetivo evaluar los efectos de extractos vegetales de *Argemone pleiakantha* Greene. en el control de las plagas agrícolas *Melanaphis sacchari* Zehntner y *Drosophila suzukii* Matsumura.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la actividad insecticida de extractos de chicalote (*A. pleiakantha* Greene) sobre el pulgón amarillo (*M. sacchari* Zehntner) y la mosca del vinagre (*D. suzukii* Matsumura).

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la efectividad de extractos acuosos de diferentes partes de la planta de chicalote en el control de pulgón amarillo del sorgo (*M. sacchari*).
- Estimar en campo la efectividad de los extractos acuosos de hoja y tallo de chicalote en el control de *M. sacchari*.
- Evaluar el extracto acuoso de hoja de chicalote para el control de la mosca del vinagre (*D. suzukii*).

HIPÓTESIS

- Los extractos de *A. pleiakantha* tendrán efecto pesticida sobre el pulgón amarillo del sorgo (*M. sacchari*)

- Los extractos de *A. pleiacantha* reducen la población de la mosca del vinagre de alas manchadas (*D. suzukii*).

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia económica del sorgo

Puller (2015) menciona que la producción de granos forrajeros a nivel mundial está integrada por maíz 78%, cebada 11%, sorgo 5% y otros 6%. Los principales países productores de sorgo son EEUU con 9.2, Nigeria 6.6, Sudan 4.5, India 4.5, China 3.9, Etiopía 3.8, Argentina 3.5 y México 4.8 millones de toneladas (SAGARPA, 2018).

El sorgo es considerado como uno de los granos básicos del país, disparándose su crecimiento durante la década de los sesenta, justamente cuando se presentaba un cambio en el patrón de cultivos, no solo en nuestro país, sino en América Latina; entrando así a la cadena productiva que permite suministrar al mercado de alimentos, proteína de origen animal. Durante 2018, el sorgo grano (*Sorghum bicolor* L. Moench) participó con 171,930.95 ha., representando el 6.7 por ciento de la superficie cosechada y un valor de la producción agrícola nacional de \$ 2,147,290.15 (en miles) (SIAP, 2020).

2.2 Pulgón amarillo del sorgo (PAS) *Melanaphis saccahri*

2.2.1 Ubicación taxonómica

La ubicación taxonómica del PAS es (SENASICA, 2014):

Reino: Animal

Phyllum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Hemiptera

Familia: Afididae

Género: *Melanaphis*

Especie: *Melanaphis sacchari*

2.2.2 Importancia económica y distribución

El origen del pulgón amarillo del sorgo se atribuye al país de África, sin embargo actualmente es considerada una plaga de distribución cosmopolita, y se ha considerado como la especie de afidios que mayores pérdidas económicas genera en los cultivos que ataca, que principalmente son el sorgo y la caña de azúcar (Blackman y Eastop, 2015).

Según SENASICA, 2014; Villanueva et al., 2014; Rodríguez y Terán, 2015 citado por (Ramírez et al., 2017) mencionan que el pulgón amarillo (*M. sacchari*), actualmente es considerada como la plaga de mayor importancia económica, y en nuestro país se distribuye ampliamente en los estados de Veracruz, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Colima, Morelos, Michoacán, Jalisco, Guanajuato, Nayarit, Durango, Sinaloa, Sonora, San Luis Potosí, Coahuila y Tamaulipas.

2.2.3 Biología y daños

Se trata de una especie cuya reproducción es partenogenética, condición que le otorga una amplia adaptación a cambios bruscos, inclusive los de su hospedero (Nibouche et al., 2015).

En el cultivo de sorgo se han reportado hasta 150 especies de insectos plaga, las cuales se ven atraídas debido a que el follaje y el grano presentan un alto (relativamente) contenido de azúcar, y donde actualmente destaca el pulgón amarillo (*M. sacchari*), el cual representa la principal amenaza para la recuperación y crecimiento de la superficie cultivada con sorgo y la mínima recuperación de los precios al productor en los años recientes (Guo et al., 2011; SIAP, 2017). Desde el 2013 se han reportado pérdidas en el rendimiento de hasta el 100 % (Delgado et al. 2016).

M. sacchari se reproduce e infesta primeramente las hojas inferiores, para posteriormente desplazarse hacia las superiores y el tallo (Rodríguez y Terán, 2015). Tanto las ninfas como los adultos del pulgón son capaces de ocasionar daños directos al follaje, ya que se alimentan de su savia, ocasionando con ello desordenes fisiológicos como la clorosis y el marchitamiento, lo cual repercute finalmente en el crecimiento y desarrollo normal del cultivo, provocando por ende una disminución en su rendimiento (SENASICA, 2014), y calidad del producto final (López, et al, 2016). Aunado a esto, ocasiona también algunos daños indirectos como lo es principalmente la presencia de fumagina, un hongo resultante de la sustancia pegajosa que excretan los pulgones, el cual a su vez merma la capacidad fotosintética de la planta (SENASICA, 2014).

2.2.4 Estrategias de control

2.2.4.1 Control químico de *M. sacchari*

Es recomendable realizar aplicaciones dirigidas al estrato de la planta con mayor presencia de la plaga para obtener mejores resultados. Algunos de los agroquímicos recomendados para el control de áfidos son el Pirimicarb, Malation, Imidacloprid y Thiametoxam en cultivos de maíz y trigo, arroz, cebada, avena, pastizales, sorgo, caña de azúcar y cártamo (Gómez y Lastra, 1995; Coto y Saunders, 2004; DGIAAP-SENASICA, 2018).

2.2.4.2 Control biológico de *M. sacchari*

Existe la documentación de mas de 47 especies de enemigos naturales de *M. sacchari*, cuya función es de vital importancia ya que generalmente mantienen a las poblaciones de la plaga por debajo del umbral económico en el cultivo del sorgo. Ejemplo de dichos enemigos naturales son los parasitoides: *Aphelinus maidis*, *Enrischia*, *Exochonus concavus*, *Leucopus* spp., *Lioadalia flavomaculata*, *Lysiphlebus testaceps*. *L. dehliensis* (Singh et al., 2004).

Se ha identificado que los depredadores como las catarinas (Coleóptera: Coccinellidae), crisopas (Neuroptera: Chrysomelidae y Hemerobiidae) y sírfidos (Díptera: Syrphidae) son agentes causantes de una alta mortalidad de poblaciones de pulgón (SENASICA, 2014).

2.3 Mosquita del vinagre de alas manchadas *Drosophila suzukii* Matsumura

2.3.1 Ubicación taxonómica

La ubicación taxonómica de *Drosophila suzukii* Matsumura (CABI, 2019) es:

Reino: Animal

Phyllum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Díptera

Familia: Drosophilidae

Género: *Drosophila*

Especie: *Drosophila suzukii*

2.3.2 Importancia económica y distribución

A nivel mundial, se reporta que los drosofilidos (Diptera: Drosophilidae) causan pérdidas de 26 a 100% (Sasaki y Sato, 1995). Constituyen un grave problema fitosanitario para diversas especies de frutales, siendo las especies *D. suzukii* y *Zaprionus indianus* Gupta las que representan un gran impacto para México (Lasa y Tadeo, 2015).

Además, resulta relevante mencionar que la restricción comercial, es una de las consecuencias económicas más importantes, repercutiendo así en la economía nacional, es por ello la importancia de encontrar alternativas para el control de esta reciente plaga que está entrando al país y contar con las herramientas para su adecuado control y no se impacte a la economía de los

agricultores, así como reducir el impacto al medio ambiente con los recursos naturales con que se cuenta en el país.

Las moscas del género *Drosophila* son consumidoras de microorganismos detritívoros principalmente, por ende, no son consideradas plagas agrícolas. Sin embargo, la mosca de las alas manchadas, *D. suzukii* es una de las pocas excepciones en cuanto a sus hábitos alimenticios puesto que ataca frutos justamente en su etapa final de madurez, provocando cuantiosas pérdidas económicas en plantaciones de frutales tanto cultivados como nativos (Funes F. C., 2018).

De acuerdo con Asplen et al., (2015), *D. suzukii* se presenta en Asia, Europa y América, continentes donde se le considera la principal plaga insectil en frutillas y frutos de hueso. En México los estados donde se determinó la presencia de *D. suzukii* para el 2014 son Aguascalientes, Baja California, Colima, Estado de México, Guanajuato, Jalisco, Michoacán y Querétaro (Clemente de Jesús García-Ávila, 2016)

2.3.3 Características morfológicas

Los huevos son semitransparentes de color blanco y brillante, con una transparencia que se incrementa hasta que la larva desarrollada esta visible; la larva es de un color blanco, con sus órganos internos visibles y aparato bucal negro; la pupa es amarilla gris, con pupario suave, que posteriormente se torna de color café; la longitud total del adulto es de 2-3 mm, con ojos rojos, el tórax es café pálido o café amarillento, en el abdomen presenta líneas negras y los machos presentan una mancha negra distinguible cerca del margen de cada ala (Kanzawa, 1939).

Las características morfológicas son compartidas con más de 100 especies (Escudero-Colomar, 2014). Sin embargo, Miller et al., (2017), elaboraron una clave para identificar las moscas del género *Drosophila* presentes en Norte América, en la cual mencionan las características siguientes: los machos de

D. suzukii; 2-4 terguitos amarillentos, con una línea oscura que no se interrumpe en las bandas posteriores; terguitos 5 y 6, completamente oscuros o amarillentos; el tarso presenta un peine en el primer y segundo tarsomero anterior, el peine del primer tarsomero anterior está compuesto de 2-3 dientes; el ala puede o no presentar un oscurecimiento en las venas R2+3 y R4+5. La hembra presenta terguitos amarillentos con una banda oscura que no se ve interrumpida en la banda posterior, ala hialina y presenta un largo, oscuro y aserrado ovopositor.

2.3.4 Biología, daños y hábitos

El rango más alto de reproducción intrínseca y de incremento poblacional de *D. suzukii* se presenta a una temperatura de 22°C. Las temperaturas para que se lleve a cabo el desarrollo son 7.2°C como mínima, 28.1°C como óptimo y 42.1°C como máxima (Tochen et al., 2014).

La oviposición se lleva a cabo principalmente en los frutos al inicio del cambio de coloración de la fruta y son pocos los huevos ovipositados en frutos inmaduros (Lee et al., 2011). En promedio cada hembra oviposita 384 huevos, con un promedio entre 7-16 al día. El huevo eclosiona dentro del fruto y después de 2 a 72 horas emerge la larva, ésta pasa por 3 instares y después de un periodo de 3 a 13 días, pasa al estado de pupa, la cual se puede encontrar en el fruto o en el suelo y después de un periodo de 3 y 15 días, emerge el adulto. De esta forma, el ciclo de vida de *D. suzukii* se completa entre 21 y 25 días a temperaturas de 15°C y entre 9-11 días a temperaturas de 25°C (Kanzawa, 1939; Walsh et al., 2011). En México, el ciclo de vida de *D. suzukii* dura entre 11.05 - 21.33 días de acuerdo al hospedante; 1.96-5.33 dura el huevo, 4.26-8.00 la larva y 4.38-8.00 la pupa, a una temperatura de 22 ± 1°C y 40 ± 5% de humedad relativa (Gonzalez C., et al., 2018).

Los síntomas característicos del daño ocasionado por *D. suzukii* en los frutos hospedantes debido al proceso de alimentación, se manifiestan como un cambio a color café, también se presenta ablandamiento y hundimiento en ciertas áreas, lo que afecta su comercialización y crea la oportunidad para el

desarrollo de plagas secundarias, tales como otras *drosophilas* y de infección por bacterias y hongos fitopatógenos (Walsh et al., 2011).

Algunos de los hospedantes reportados son la zarzamora (*Rubus* spp.), arándano (*Vaccinium* spp.), cereza (*Prunus avium*), vid (*Vitis vinifera*), durazno (*P. persica*), frambuesa (*Rubus* spp.) y fresa (*Fragaria* spp.) (Bellamy et al., 2013). Los cuales, cuentan con su conjunto con una superficie sembrada de 101,984.04 hectáreas con una producción de 1,665,476.58 toneladas lo que representa un valor de \$ 38,472,631,980, asimismo, durante los últimos 10 años se presentó un incremento en la producción del conjunto de estos cultivos de 799,279.57 toneladas en el 2007 a 1,665,476.58 en el 2017(SIAP-SADER, 2019)

2.3.5 Estrategias de control

2.3.5.1 Control Químico

Una vez que la plaga se propagó por el mundo, los numerosos daños cuantificados en la agricultura obligaron a países como EUA y Europa a realizar estudios sobre la efectividad de diversos insecticidas comerciales aceptados tanto en la normatividad de producción integrada, como en la producción orgánica. Dichos estudios han dado a conocer que los productos efectivos en el control de *D. suzukii* en la producción integrada son limitados, mientras que en la producción orgánica son aun mas pocos. En general, los productos con mayor eficacia sobre el insecto adulto son aquellos de amplio espectro, como algunos piretroides y organofosforados (Beers et al., 2011; Haviland y Beers, 2012; Van Timmeren e Isaacs, 2013; Cuthbertson et al., 2014). En un estudio de laboratorio efectuado para evaluar la eficacia de diecisiete materias activas en el control de adultos de *D. suzukii*, se demuestra que ocho de ellos (piretroides bifentrin, beta-ciflutrin, permetrina y zeta-cipermetrina, los organofosforados malatión y diazinón y las spinosinas, spinosad y spinetoram) presentaron una mortalidad del 100 %, mientras que el resto de los productos presentaron una efectividad variable, aunque todos con una diferencia significativa con relación al testigo (Bruck et al., 2011). En

dicho estudio, los autores indican diferencias significativas en la mortandad entre machos y hembras, siendo significativamente superior en los machos, especialmente en los tratamientos con aceite de soja y piretrinas.

En pruebas de control en campo, la materia activa alfa-cipermetrina generó una mortalidad de adultos de *D. suzukii* del 100% hasta 14 días después de la aplicación, mientras que el Malation presentó casi el mismo control pero hasta un máximo de 10 días y más del 80% de control a los 14 días, lo que fue significativamente mayor que los otros tratamientos analizados (spinetoram, spinosad y acetamiprid) (Bruck et al., 2011). Los productos cuyo ingrediente activo fue spinosina (spinosad y spinetoram) proporcionaron un control del 88 % hasta 3 días después del tratamiento. Sin embargo, el nivel de control disminuyó rápidamente hasta los 14 días posteriores al tratamiento. El acetamiprid, fue significativamente diferente del control no tratado únicamente el día 3 posterior al tratamiento (Bruck et al., 2011).

2.3.5.2 Trampas, atrayentes y repelentes

En conformidad con la familia de la que forma parte, *Drosophilae*, *D. suzukii* se siente atraída por sustancias dulces fermentadas como el vinagre y el vino (Kanzawa, 1939; Lee et al., 2012; Landolt et al., 2012a, b; Grassi et al., 2015) así como por una comunidad de especies de levaduras (Hamb et al., 2012). Sin embargo, estas sustancias son inespecíficas, atrayendo además a varias especies de *Drosophilidae* y a otras familias de dípteros así como a lepidópteros, himenópteros y coleópteros (Zhu et al., 2003; Qian et al., 2013; Knight et al., 2011; Escudero-Colomar, 2015). Kleiber et al. (2014), indicaron que el agregado de varias sustancias volátiles de frutas al vinagre de sidra (ácido acético, acetato de etilo, metanol, etanol, propionato de fenetilo y butirato de fenetilo), tampoco incrementó la capacidad de atracción de del vinagre e incluso algunas sustancias transformaron la mezcla en un repelente. En investigaciones sobre la respuesta electrofisiológica y de comportamiento de la especie a distintos volátiles de vino y vinagre, se identificó que cuatro compuestos presentes en ambos, ácido acético, etanol, acetoina y metionol,

eran mas atractivos para *D. sukii* que las soluciones originales de vino y/o vinagre en condiciones ambientales especificas (Cha et al., 2012).

La N,N-Dietil-meta-toluamida, conocida como DEET, es el ingrediente mas común de los repelentes de insectos. Krause-Pham y Ray (2015), comprobaron que también lo es para *D. sukii*. Por su parte, Wallingford et al. (2016) encontraron, en ensayos de laboratorio, que *D. sukii* fue repelida por olores atractivos para ella en presencia de octenol y geosmina. El efecto repulsivo del octenol se comprobó en campo con una disminución en la ovoposición y, como resultado, las porcentajes de daño fueron menores en un área de alrededor de 10 cm de los difusores de octenol. Ninguno de los compuestos fue atractivo para la especie. Dichos autores mencionan también que encontraron que *D. sukii* no se vio afectada por la presencia de benzaldehído , como si ocurre con *D. melanogaster*.

Quizá el mayor reto al que se enfrenta la agricultura actual es a incrementar y mantener una alta productividad sin comprometer la seguridad de los recursos naturales. La sustentabilidad agrícola requiere entonces ser suficientemente productiva, económicamente viable, conservar la biodiversidad y preservar la integridad del ámbito local, regional y global (Sarandón & Sarandón, 1993). Además, también debe considerar la diversidad socio-cultural en la búsqueda de alternativas productivas (Sánchez de Prager et al., 2009).

El control de plagas debe manejarse bajo las características del Manejo Integrado de Plagas (MIP), que surge de la necesidad de reducir el uso de plaguicidas químicos (Kogan, 1998; Maredia, 2003). Según Kogan (1998) el MIP se define como “un sistema de manejo que, en el contexto del ambiente asociado y la dinámica poblacional de la plaga, utiliza todas las técnicas y métodos disponibles y compatibles para mantener a la población en niveles por debajo de aquellos que causan daño económico”. Además, Kogan & Shenk (2002) indican que el MIP “es un sistema de apoyo a la toma de

decisiones para la selección y el uso de tácticas, individuales o múltiples, para el control de plagas, las cuales se coordinan armoniosamente en una estrategia de manejo basada en un análisis de costos con relación a los beneficios, considerando tanto los intereses como los impactos sobre los productores, la sociedad y el ambiente” (Ottaviano, 2012).

El MIP simboliza un sistema de manejo con un enfoque ecológico y multidisciplinario (Frisbie & Adkisson, 1985), que reconoce dos niveles de integración: una “integración vertical”, aludida a varias técnicas compatibles para el control de una plaga en particular, y una “integración horizontal” que involucra la utilización de prácticas compatibles para el manejo simultáneo de todas las plagas o agentes dañinos para el cultivo (Prokopy & Kogan, 2003; Ehler, 2006). Uno de los principales obstáculos para la implementación del MIP en la agricultura ha sido la falta de integración, y actualmente representa el desafío imperante en la implementación de los planes de manejo (Ehler, 2006). Algunas de las técnicas que pueden emplearse en el manejo integrado son el manejo cultural, la utilización de plaguicidas naturales y plaguicidas selectivos, el control biológico (CB) y la utilización de variedades resistentes o menos vulnerables (Ottaviano, 2012).

2.4 Uso de extractos vegetales en el control de plagas

Dentro de las especies de la familia *Papaveraceae* y del género *Argemone* se encuentra *A. pleiacantha*, conocida como “chicalote”. Es una especie nativa de América del Norte, ampliamente distribuida desde el sur de EUA hasta el centro de México. Las plantas de *Argemone* crecen en terrenos de cultivo abandonados. (Martínez, 1996). El género *Argemone* pertenece a la familia *Papaveraceae* y comprende hierbas anuales y perennes, caulescentes, glaucos, con raíces de tipo transitorias o persistentes. Consiste de 30 especies; todas con tallos, hojas y cápsulas espinosas (Schwarzbach & Kadereit, 1999). Esta especie en México se ha registrado en Aguascalientes, Chiapas, Coahuila, Durango, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Sinaloa, Sonora,

Tamaulipas y otros estados de la República Mexicana (Villaseñor y Espinosa, 1998).

La planta de esta especie es una hierba anual, de entre 0.2-1 metro de altura, con tallos rectos de un color verde-azulado y con espinas amarillas rígidas. Las flores son de color blanco cremoso, ubicadas en los extremos de las ramas y tienen un diámetro de 3-6 cm. Sus semillas son esféricas, con un diámetro de 1,5 a 2,5 mm, y de color marrón oscuro (Cervantes et al. 2010).

Se reproduce de manera sexual por polinización cruzada impulsada por insectos principalmente. Se puede propagar fácilmente debido a que cada organismo vegetal puede generar 400 semillas, las cuales son capaces de permanecer latentes incluso por algunos años (CABI, 2018).

Además de ser maleza competitiva en la agricultura, las especies de *Argemone* son tóxicas; si sus semillas son consumidas por confusión, por ejemplo con las semillas de la mostaza, pueden provocar alguna enfermedad e incluso la muerte (Das y Khanna, 1997).

Esta planta tiene como principal característica, la presencia de alcaloides isoquinolínicos prácticamente en todos sus órganos. La protopina y la berberina se encuentran mayor mente en las ramas, y la sanguinarina en la raíz y en las semillas. Alcaloides menores incluyen la cheilantiofolina, cheileritrina, coptisima, críptopina, esculerina y estilopina.

En las flores se identificaron los flavonoides 3-metoxi-quercetin, isoramnetín y el mono y diglucósido. En la semilla, el argemexitín, eriodictiol y luteolín; un aceite fijo en el que se encuentran los ácidos grasos argemónico y mexicánico, y mexicanol. La raíz contiene beta-sitosterol (BDMTM, 2009). La presencia de diversos metabolitos secundarios hacen de estas plantas un recurso potencial para diversos usos: medicinales, agrícolas e industriales. Particularmente, uno de los usos es como bioplaguicida.

El uso de plantas con propiedades insecticidas ha sido un método ancestral que data desde tiempos de los aztecas y mayas, y han sido ampliamente utilizados en diversos países como México y América Central; ejemplo de ello son las mezclas de maíz con chile *Capsicum frutescens* Hill, (Solanaceae), y ruda *Ruta graveolens* L., (Rutaceae) o ajo *Allium cepa* L., (Alliaceae), pero con la aparición de los insecticidas sintéticos su empleo se discontinuó (Silva et al., 2003).

Desde de la década de los 80s se tiene informes de 1,600 especies de plantas que han demostrado ser efectivas en el control de diferentes plagas, mediante diferentes mecanismos, ya sea como atrayentes, repelentes, estimulantes o inhibidoras de la ovoposición, alimentación o como confusores (Silva et al., 2003). Según De Poll, 1988; Cuevas et al., 1991; Aragón y López, 1994; Lagunes, 1994 citado por (Vázquez et al., 2016). Ejemplo de ellas es *Argemone mexicana* L., que se ha empleado en el control de plagas debido a que sus semillas presentan compuestos tóxicos obteniendo un aceite para controlar la hormiga, barrenillo, conchuela del frijol, gorgojo, palomilla del maíz, plagas del algodón y plagas de la caña de azúcar.

Estos problemas que ha causado el pulgón amarillo ha obligado a buscar métodos alternativos a los insecticidas sintéticos, para controlar esta plaga, es por ello que Lannacone y Reyes (2001), aconsejan el uso de productos naturales procedentes de plantas, debido a que estos no generan desequilibrio en el ecosistema.

2.5 Impacto ecológico de el uso de químicos

El empleo de plaguicidas es el método utilizado de manera frecuente para controlar organismos no deseados en los campos agrícolas, debido a sus propiedades tóxicas. Su uso es una práctica riesgosa que no es utilizada de forma adecuada para el cuidado del medio ambiente y la salud (Ortíz, Avila-Chávez, y Torres, 2013: 26).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Material vegetal

Se recolectaron plantas de *A. pleiacantha* en etapa de floración en el ejido San Isidro, del municipio de Mapimí, Durango con coordenadas 25° 51'23.5" N y 103°45'56.7", las cuales fueron trasladadas al laboratorio de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en Bermejillo, Dgo. Las plantas colectadas se separaron por tallo, hoja y raíz y se almacenaron en bolsas de plástico en un congelador para su posterior procesamiento.

3.2 Preparación de extractos acuosos y etanólicos

Para la obtención de extractos, las hojas, tallos y raíces se sacaron de refrigeración y se pesaron 330 g de peso fresco de cada parte de la planta. Se elaboró una solución madre en una relación 1:2 m/v, agregando 330 g de extracto vegetal de hoja, tallo o raíz en 660 ml de agua destilada. La mezcla se dejó reposar durante 24 horas y después se molió y filtró para obtener el extracto vegetal. Las diluciones se prepararon de acuerdo con la metodología de Carrillo et al. (2008) con algunas modificaciones. Al siguiente día se prepararon las diluciones de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 %, las cuales representaron los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 y el testigo (agua destilada).

Para los extractos etanólicos se utilizó tallo y hoja pulverizados los cuales fueron secados a temperatura ambiente durante 15 días, las cantidades de material vegetal fueron las mismas utilizadas en los extractos acuosos, solamente se sustituyó el agua destilada por etanol.

3.3. Bioensayos con *Melanaphis sacchari* Zehntner

Se obtuvieron hojas jóvenes de sorgo en una parcela en campo y se cortaron círculos del diámetro de una caja Petri, de igual forma se cortó algodón y se humedeció con agua bidestilada para mantener las hojas húmedas. Asimismo,

se colectaron y seleccionaron pulgones en los estadios de primer y segundo instar.

En vasos de precipitados se vertieron las soluciones del extracto de *A. pleiacantha* en 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 %, respectivamente. Enseguida se sumergieron las hojas de sorgo durante diez segundos. Posteriormente se pusieron en papel absorbente durante 10 minutos para quitar el excedente de la solución y después las hojas se pasaron a las cajas Petri que contenían el algodón húmedo.

Posteriormente con ayuda de un pincel de pelo de camello se colocaron 30 pulgones en las cajas Petri que tenían la hoja. Se prepararon cinco repeticiones de cada tratamiento. Las cajas se colocaron en una cámara bioclimática a temperatura de 25 ± 2 °C, y un fotoperiodo 16:8 horas luz/oscuridad.

Las cajas Petri se revisaron a las 24, 48 y 72 horas para realizar un conteo de mortalidad de pulgones mediante el uso de un estereoscopio. Como criterio de muerte de individuos se sometió a un estímulo con pincel, todo aquel que no respondió al estímulo se consideró muerto.

El porcentaje de mortalidad fue evaluada por el procedimiento PROC GLM del programa estadístico SAS, (SAS, 2008), posteriormente se realizó la comparación los tratamientos por medio de la prueba de Tukey a un Alpha de 0.05, (Steel y Torrie, 1980).

3.4 Bioensayos con *Drosophila suzukii* Matsumura

Esta evaluación se desarrollo en el laboratorio de entomología del Colegio de Posgraduados campus Puebla, ubicado en Km. 125.5 carretera federal México-Puebla, como parte de un proyecto dirigido por Dr. Arturo Huerta de la Peña profesor-investigador de esta institución.

3.4.1 Preparación de diluciones

Se desinfectaron cuatro vasos con capacidad de 10 ml con alcohol al 70 %. Se midieron 140 ml de agua destilada y 7 ml de miel, y se agitó hasta disolver la miel. Después se agregaron 9 ml de agua-miel a cada vaso. Al primer vaso se le agregó 1.0 ml de solución madre (100% o 10^0) de extracto de hoja de *A. pleiacantha* (10^{-1}), enseguida se le quitó 1 ml y se puso en el segundo vaso quedando (10^{-2}), y así sucesivamente hasta llegar a 10^{-4} y por último el testigo el cual era solo agua-miel, quedando de la siguiente manera los tratamientos (10^0 , 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} y agua/miel, los cuáles se codificaron como T1, T2, T3, T4, T5 y T6, respectivamente). Después se taparon con papel parafilm y se le colocó su tapadera de plástico, a la cual se le realizó un agujero y se introdujo una esponja a la cual se le dejaba un pedazo a la superficie.

3.4.2 Selección de organismos

Se seleccionaron 5 hembras y 5 machos por tratamiento, con tres repeticiones y se colocaron en un refrigerador por 2 minutos y 20 segundos en el congelador. Después se liberaron dentro del bote de plástico, con el bebedero ya dentro y se taparon se llevaron a la cámara bioclimática donde se revisó cada 24 horas durante 7 días y reportando la mortalidad de las moscas.

El porcentaje de mortalidad fue evaluada por el procedimiento PROCGLM del programa estadístico SAS, (SAS, 2008), posteriormente se compararon los tratamientos con el testigo por la prueba de Dunnett a un Alpha de 0.05, (Steel y Torrie, 1980).

3.5 Separación de compuestos de extractos acuosos de *A. pleiacantha*

Esta caracterización se realizó en el laboratorio de entomología del Colegio de Posgraduados campus Puebla mediante cromatografía en capa fina y de columna. El procedimiento fue el siguiente:

Se preparó solvente (cloroformo, acetato de etilo, etanol). Se cortaron láminas de silica gel de 2 X 5 cm, a las cuales se les hizo una línea en la parte superior

e inferior. En vasos de precipitados se agregaron 4 ml del solvente. En las siguientes proporciones 9:1:1, 8:1:2, 7:1:3, 6:1:4, 5:1:5, 4:1:6; 3:1:7, 2:1:8 y 1:1:9, Se etiquetaron las láminas y los vasos de precipitados. Con un capilar se tomó extracto y se colocó en el centro de la línea inferior de lámina. La mejor mezcla para la separación de los compuestos fue la correspondiente a 5:1:5.

Se dejó hasta que la muestra corriera y se tomaron los datos. Las láminas se llevaron a la cámara de flujo laminar para revisarlas con la luz UV. Después con el resultado se preparó una columna con la mejor proporción de la cual se separaron los compuestos la cual consistió en lo siguiente:

En la columna se colocó un pedazo de algodón pequeño el cual fue empujado hasta el fondo con una varilla de vidrio. Después, se vació el polvo de silica gel a la columna a una altura de 20 cm. Enseguida se mezcló los 500 ml de cloroformo y etanol respectivamente (dicha mezcla se obtuvo de los resultados obtenidos de las láminas de silica gel la cual fue 5:5). Después se vertió la mezcla y se dejó reposar por 72 horas para que se absorbiera completamente y se tapó para que la mezcla no se evaporara. Una vez transcurrido este tiempo se abrió la llave y el corcho se retiró, se puso un vaso de precipitados para drenar la cantidad de solvente, y recuperarlo. El solvente recuperado se volvió a poner en la columna para asegurarse que la silica está completamente hidratada. Después se agregaron 250 ml de extracto previamente filtrado con papel filtro Whatman del 40 y se le colocó nuevamente el corcho. Se dejó reposar hasta que el extracto llegó al final de la columna. En seguida se abrió la llave y se retiró el corcho, se comenzó a recolectar las fracciones hasta que el extracto salió completamente

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efectos de extractos acuosos y alcohólicos en *Melanaphis sacchari* Zehnthner

Los extractos acuosos extraídos de hoja, tallo y raíz de *A. pleiakantha* y en las dosis (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 %), presentaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), como se observa en la tabla 2. La tasa de mortalidad en pulgón amarillo de extractos acuosos, muestra que se obtuvo mortalidad alta en todos los extractos, siendo el de raíz con mejores resultados ya que a partir de la dilución al 15% se obtuvo un porcentaje de mortalidad de 80%.

TABLA 1: Efecto de diferentes concentraciones de extracto acuoso de hoja, tallo y raíz de *A. pleiakantha* en la mortalidad de *M. sacchari*.

Concentración del extracto (%)	Parte de la planta		
	Hoja	Tallo	Raíz
0 (Agua)	24.98 ^d	24.58 ^c	31.00 ^b
5	54.00 ^c	40.66 ^{bc}	62.60 ^a
10	61.34 ^{bc}	62.02 ^{ab}	63.20 ^a
15	62.66 ^{bc}	66.00 ^{ab}	80.00 ^a
20	91.34 ^a	70.00 ^{ab}	82.60 ^a
25	84.02 ^{ab}	69.34 ^a	79.80 ^a
30	83.34 ^{ab}	88.66 ^a	80.20 ^a
35	91.34 ^{ab}	91.34 ^a	62.00 ^{ab}
40	80.64 ^{ab}	74.00 ^a	73.40 ^a

Promedios con las mismas letras son efectos medios iguales ($P \leq 0.05$, Tukey).

En tabla 2 se puede observar además de las concentraciones mas efectivas ya mencionadas, también podemos inferir que dentro de cada órgano de la planta existen diferencias en mortalidad de *M. sacchari*, ya que el extracto de hoja a partir de las diluciones 20 y 25 % se tiene una mortalidad de 91 y 84 %, respetivamente. aunque se tiene mortalidad similar en extractos del 35 y 40 %. Estos resultados permiten inferir que para lograr una mortalidad alta de pulgones con extracto de hoja no es necesario utilizar demasiada materia

vegetal., El extracto de tallo en diluciones de 20 % solo tiene un 70% de mortalidad y conforme aumenta la concentración del extracto la efectividad también aumenta hasta alcanzar un porcentaje de mortalidad de 91%. Finalmente, El extracto de raíz a partir del 15% de dilución tiene una mortalidad alta por lo que no es necesario utilizar mas planta para obtener buen resultado.

El mayor efecto de extractos de raíz pueden deberse a que en raíz hay mayor cantidad de alcaloides Gioanetto, et al (1999). Gioanetto *et al* (1999) reportan una mezcla de 12 alcaloides, dentro de los cuales destacan la *scopelina*, *barberina* y la *alantolactona* que se concentran principalmente en flores, semillas y la raíz de la planta

Argemone mexicana. Se cree que la presencia de metileledioxi fenil alcaloides sanguinarine/dihidrosanguinarina como alcaloides mayoritarios en *Argemone* son los que contribuyen a su toxicidad (Mishra et al., 2009).

Mientras que en los extractos de tallo y hoja se presentaron porcentajes altos hasta el 20 % de dilución de extracto respectivamente. El chicalote ha mostrado efecto en otras investigaciones en el caso de mosquita blanca. Se utilizó el producto comercial Entobiomex contra plagas, cuyo contenido principal es planta de chicalote *A. mexicana* [RTC34] seca y molida en su totalidad (hoja, flor y tallo). Así, extractos acuosos de chicalote al 5% y Artemisia al 1% redujeron la población de mosca blanca en 97.64 y 95.75%, (Martínez et al., 2015).

Los extractos etanólicos de hoja y tallo de *A. pleiacantha* y en las dosis (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 %), presentaron diferencias altamente significativas ($P \leq 001$), como se observa en tabla 3. La tasa de mortalidad en pulgón amarillo de extractos etanólicos, muestra que se obtuvo mortalidad alta en los extractos al 40 % con mortalidad de 88 y 100 % para hoja y tallo, sin embargo para estos extractos la dosis letal que se utilizó fue más alta en comparación

con los extractos acuosos que oscilaba entre 15 y 20 % de concentración de planta.

TABLA 2: Media de porcentaje de mortalidad de pulgón amarillo, por cada tratamiento de extracto etanólicos de *A. pleiacantha* de hoja y tallo a diferentes concentraciones.

Concentración del extracto (%)	Parte de la planta	
	Hoja	Tallo
Testigo agua	7.92 ^d	2.08 ^d
Testigo Alcohol	30.42 ^{cd}	21.25 ^{cd}
5%	22.67 ^{bcd}	9.33 ^{cd}
10%	18.67 ^{cd}	4.00 ^d
15%	18.67 ^{cd}	13.33 ^{cd}
20%	36.33 ^{bcd}	22.66 ^{cd}
25%	31.31 ^{cd}	34.00 ^c
30%	56.67 ^{bc}	34.00 ^c
35%	52.00 ^{bc}	66.66 ^b
40%	88.00 ^a	100 ^a
Error estandar	6.18	6.52

*(p<0.05, tukey) medias con las mismas letras son iguales.

La mayor efectividad de los extractos alcohólicos tanto de tallo como de hoja se tuvieron en la máxima concentración (dilución al 40%). Aún cuando se llegó a alcanzar el 100% de mortalidad con extracto de tallo al 40%, resulta más práctico, barato y ambientalmente amigable emplear extractos acuosos al 15%, pues con ello se logra hasta un 90% de mortalidad de pulgones.

Estudios con *A. ochroleuca* muestran que extractos alcohólicos al 30% (materia seca/volumen) provocaron una significativa mortalidad directa 31.01 % en larvas del tercer instar de *Spodopetra frugiperda* alimentándose en hojas de maíz (Martínez et al., 2017). Las tasas de mortalidad de pulgón amarillo

encontradas en este estudio fueron mucho mayores que *S. frugiperda*, Esto probablemente debido a que los extractos se elaboraron con materia fresca o bien a una mayor susceptibilidad del pulgón a los compuestos activos. También pudiera deberse a diferencias en la concentración de compuestos tóxicos entre *A. pleiakantha* y *A. ochroleuca*.

4.2. Efectos de extractos acuosos en *Drosophila suzukii* Matsumura

El tratamiento con la dilución 10^0 de extracto de *A. pleiakantha* provocó una mortalidad alta de mosca del vinagre durante las primeras 24 horas de haberse realizado el experimento el cual obtuvo una mortalidad de 90%. El segundo tratamiento con mayor efecto fue el correspondiente a la dilución 10^{-1} . Ambos tratamientos fueron significativamente superiores al testigo en cuanto a la mortalidad de mosca del vinagre al ser comparados con el testigo son los mejores tratamientos con un límite de confianza de 0.05. Esto se debe a que están dentro de los rangos 0.3 - 4.1 y 0.05 – 3.9 respectivamente.

TABLA 3: Comparación de diluciones logarítmicas de extracto de hoja de *A. pleiakantha* contra el testigo (agua/miel), en mortalidad de *D. suzukii*.

Comparación de diluciones	Límite de confianza al 95% simultáneo		significancia
T^0 vs Testigo	0.3058	4.1942	***
T^{-1} vs Testigo	0.0558	3.9442	***
T^{-4} vs Testigo	-0.7776	3.1109	
T^{-3} vs Testigo	-0.8609	3.0276	
T^{-2} vs Testigo	-0.9442	2.9442	

Las comparaciones importantes del nivel 0.05 están indicadas por ***.

Los tratamientos 2, 3 y 4 no presentaron significancia en la mortalidad de *D. suzukii* respecto a el testigo, esto debido a que sus rangos de confianza tiene

valores -0 y que la prueba de Dunnett menciona que si el valor que se obtenga es menor a 0 no hay diferencia entre el testigo y los tratamientos 2, 3 y 4 ya que .

Lasa y Williams (2019) algunos ensayos de laboratorio y campo revelan que la mezcla de pequeñas concentraciones de azúcar (3gr/litro), e inclusive la mezcla de azúcar con levaduras, mejoran significativamente los niveles de control de la plaga con algunas materias activas como spinosad. Sin embargo, es importante efectuar una experimentación adicional sobre el uso de este tipo de mezclas para el control de plagas en México.

Pero la falta de materias activas para el control de esta plaga, y la necesidad de conservar los residuos de plaguicidas por debajo de los niveles máximos permitidos para exportación, parece haber incentivado el uso de estos biopreparados que pueden contener extractos de diversos productos naturales como ajo, canela, chile picante, chicalote, semillas de soja, cuasia y tajetes. Otras sustancias químicas repelentes como octenol y geosmina, también han demostrado eficacia en campo en otras partes del mundo, sin embargo no están registradas actualmente en México. Por lo que los resultados obtenidos podrán ser una base para seguir investigando el control que *A. pleiakantha* tiene sobre *D. suzukii*, cabe mencionar que solo es un estudio preliminar y faltaría complementarlo con mas pruebas Lasa y Williams (2019).

4.3. Caracterización cualitativa de compuestos de *A. pleiakantha* Greene.

De acuerdo a los resultados de las nueve proporciones, la de 5:1:5 (cloroformo, acetato de etilo, etanol) fue la que dio una mejor resolución con la separación de tres fracciones diferentes en el extracto de hoja de *A. pleiakantha*. A estas fracciones se les determinó el factor de referencia (Fr). Las fracciones tuvieron una separación relativamente alta y fueron fácilmente distinguibles por coloración y separación. Los Fr fueron de 0.77, 0.88 y 0.98 correspondientes a las fracciones 1, 2 y 3 respectivamente.

Después que se obtuvo la proporción que separo las fracciones, se realizó una cromatografía de columna con la proporción 5:1:5 de donde se obtuvieron 18 fracciones con tres coloraciones distintas que va de un amarillo tenue, un amarillo brillante y color café, los cuales fueron diferentes a los obtenidos en la cromatografía de capa fina como se muestra en la Figura 1:

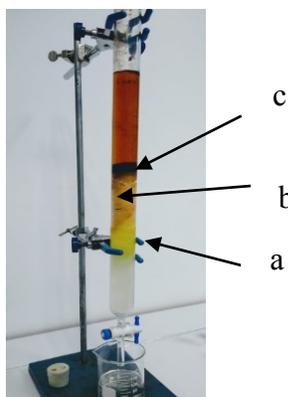


Figura 1: Separación de fracciones en cromatografía de columna. Las principales fracciones distinguidas por color fueron a, b y c.

Otros autores (Kukula-Koch y Mroczek, 2015) han empleado una combinación de técnicas de cromatografía para aislar e identificar compuestos de *A. mexicana*. Ellos encontraron que, independientemente de que se esperaba una baja reproducibilidad de la cromatografía en capa fina, la reproducibilidad de los valores del factor de retención (R_f) was excelente. Estos autores concluyen que la combinación de las CCC–TLC–HPLC–ESI–TOF–MS son adecuadas para la identificación de productos naturales activos presentes en extractos complejos de plantas. Las fracciones obtenidas en este estudio se podrían procesar mediante HPLC para identificar algunos de los compuestos activos.

V. CONCLUSIONES

Los extractos acuosos y alcohólicos de *A. pleiacantha* provocaron mortalidad de *Melanaphis sacchari*. El extracto de raíz, relativamente en bajas concentraciones, provocó altas tasas de mortalidad de pulgón amarillo del

sorgo ya que la dilución al 20 % generó una mortalidad de 91.34 por ciento. Mientras que los extractos etanólicos solo tuvieron efecto hasta la dilución al 40% tanto en hoja como en tallo con un 88 y 100 % en mortalidad de *M. sacchari*, respectivamente. Esto permite concluir que los extractos acuosos son más efectivos para el control de pulgón amarillo, además son más baratos y ecológicos, al requerirse menos cantidad de insumos para su elaboración. El extracto acuoso de *A. pleiacantha* es capaz de controlar en condiciones de laboratorio a la mosca de las alas manchadas *D. Suzuki* utilizando las dosis de 10^0 y 10^{-1} , las cuales fueron estadísticamente iguales con 7.3 y 6.7 por ciento de mortalidad, respectivamente. El tratamiento con la dilución 10^{-1} puede ser el mejor en virtud de que se requiere diez veces menos material vegetal y se obtienen los mismos resultados de control.

VI. LITERATURA CITADA

- Altieri M. A., Hecht S., Liebman M., Magdoff F., Nogarard R., Sicor T. O. (1999). Agroecología bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan-comunidad. Avda. Millan 413, 12900 Montevideo. ISBN (Nordan): 9974-42-052-0.
- Asplen, M. K.; Anfora, G.; Biondi, A.; Choi, D. S.; Chu, D.; Daane, K. M. & Desneux, N. (2015). Invasion biology of spotted wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. *Journal of Pest Science*, 88(3), 469-494. doi:10.1007/s10340-015-0681-z
- Bellamy, D.; E., M. S. Sisterson, and S. S. Walse. 2013. Quantifying host potentials: indexing postharvest fresh fruits for spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*. *Plos one* 8: e61227. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061227>.
- Beers E.H., Van Steenwyk R.A., Shearer P.W., Coates W.W., Grant J.A. (2011). Developing *Drosophila suzukii* management programs for sweet

cherry in the western United States. Pest Management Science 67: 1386-1395.

Blackman, R. L. and V. F. Eastop. 2015. Aphids on the World's Plants. An Online Identification and Information Guide. <http://www.aphidsonworldsplants.info>.

Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana. (2009). Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana. Hecho en México. Consultado el 14 de marzo de 2018. <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=Argemone%20mexicana&id=7515>

Bruck D.J., Bolda M., Tanigoshi L., Klick J., Kleiber J., DeFrancesco J., Gerdeman B., Spitler H. (2011). Laboratory and field comparisons of insecticides to reduce infestation of *Drosophila suzukii* in berry crops. Pest Management Science 67: 1375-1385.

CABI. 2018. Argemone mexicana. Consultado en marzo de 2018 en: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/6878>

Carrillo R. J. C., Vásquez O. R, Ríos D. A, Jerez S. M. P, Villegas A. Y. 2008. Extractos vegetales para el control de plagas del follaje del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Oaxaca, México. VIII Congreso científico de SEAE. "Agricultura y Alimentación Ecológica". Bullas, Murcia, España.

Cervantes, S., Tonne, P., Govindarajulu, R., Alexander P. and Bailey C. 2010. Population genetic analysis of argemone plaiacantha subsp. Pinnatisecta (Sacramento prickly poppy, papaveraceae) and reevaluation of its taxonomic status. Journal of the Botanical Research Institute of Texas Vol. 4, No. 1. pp. 261-269.

CONAZA. 2018. Desiertos y Zonas Áridas de México. Consultado en abril de 2018. [www.conaza.gob.mx/transparencia/Documents/Zonas Áridas.doc](http://www.conaza.gob.mx/transparencia/Documents/Zonas_Aridas.doc)

Cha D.H., Adams T., Rogg H, Landolt P.J. (2012). Identification and field evaluation of fermentation volatiles from wine and vinegar that mediate

- attraction of spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*. Journal of Chemical Ecology 38: 1419-1431.
- Coto D. y Saunders J.L. 2004. Insectos plagas de los cultivos perennes con énfasis en frutales en América Central. Turrialba. Serie Técnica. Manual técnico/CATIE; n°52. 420p.
- Cuevas, S. M. I., Romero, C. A. N. y García, J. C. M. 1991. Utilización del chicalote *Argemone mexicana* (*Papaveraceae*) como una alternativa para el control del gorgojo pinto del frijol *Z. subfasciatus* (Bohn) (Coleoptera: Bruchidae). In: Memorias del II Simposio nacional sobre sustancias vegetales y minerales en el combate de plagas. Sociedad Mexicana de Entomología. A. C. Oaxaca, Oaxaca, México. 3-10 pp.
- Cuthbertson A.G.S., Blackburn L.F., Audsley N. (2014). Efficacy of Commercially Available Invertebrate Predators against *Drosophila suzukii* Insects 5: 952-960.
- Das M. & Khanna SK. (1997). Clinicoepidemiological, toxicological and safety evaluation studies on argemone oil. NCBI. 27 (3): 273-297.
- Delgado R., C. S., M. D. Salas A., O. A. Martínez J., J. A. Díaz G., R. Guzmán M. Y E. Salazar S. 2016. Consumo de *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) por *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) y *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). Entomología mexicana 3: 369-374.
- DGIAAP-SENASICA. 2018. Décimo segundo informe mensual programa fitosanitario contra el pulgón amarillo del sorgo. Consultado en línea, abril de 2020. Linck de consulta: <http://www.senasica.gob.mx/?id=4099>
- Douglas, B.W., Bolda M.P., Goodhue R.E., Dreves A.J., Lee J; Bruck D.J., Walton V.M., O'Neal S.D. and Zalom F.G. 2011. *D. suzukii* (Diptera: Drosophilidae): Invasive Pest of Ripening Soft Fruit Expanding its Geographic Range and Damage Potential. Journal of Integrated Pest Management. 2(1):1-7.

- Ehler, L.E. 2006. Perspectives Integrated pest management (IPM): definition, historical development and implementation, and the other IPM. *Pest Management Science*, 62:787–789.
- Escudero C. L.A. 2014. *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae), una nueva plaga de los frutales que se está extendiendo mundialmente. Distribución, biología y ecología. *Revta Agron N O Argent* 34: 13-19.
- Escudero C. L.A. (2015). Estudios desarrollados sobre los métodos biotécnicos disponibles para el seguimiento y control de *Drosophila suzukii* en ESPAÑA. *Phytoma España* 269: 20-24.
- Frisbie, R.E. & P.L. Adkisson. 1985. CIPM: Integrated Pest Management on Major Agricultural Systems, from a symposium sponsored by The Consortium of Integrated Pest Management and USDA/CSRS. Texas Agriculture Experiment Station MP-1616, 743 p.
- Funes F. D.; Kirschbaum S. D.; Escobar I. L.; Heredia M. A. 2018. La mosca de las alas manchadas : *Drosophila Suzukii*, Matsamura. 1a ed . – Famaillá, Tucumán : Ediciones INTA, 2018. Libro digital, PDF
- Guo, Ch., Cui, W., Feng, X., Zhao, J. and G. Lu. 2011. Sorghum problems and Management. *Journal of Integrative Plant Biology* 53(3): 178–192.
- FAO. (2001). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 200. Consultado el 01 diciembre de 2019 en <http://www.fao.org/3/x9800s/x9800s00.htm#TopOfPage>.
- Gioanetto F., E. Franco J., J. Carrillo F., R. Quintero S. 1999. Elaboración de extractos con plantas nativas para el control de plagas y enfermedades. Centro de investigación y desarrollo en agricultura orgánica de Michoacán. Fundación produce MICHOACAN. 47 P.
- Granados, S. D; Sánchez, G. A; Granados, V. R. L; Borja .R. A. (2011). Ecología de la vegetación del desierto Chihuahuense. *Revista Chapingo*

serie ciencias forestales y del ambiente. vol. 17. versión On-line ISSN 2007-4018PRINTesversión impresa ISSN 2007-3828.

Gómez L. L.A.; Lastra B. L.A. 1995. Insectos asociados con la Caña de Azúcar en Colombia. En: CENGICAÑA El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali, CENICAÑA, 1995. p237-263.

González C J.; García C. M. D.; Moreno C. G., Sánchez G. J. A. & Arredondo B. H. C.. 2018. Fresh banana as an alternative host for mass rearing *Drosophila suzukii* Bullet. of Insectol. 71: 65-70.

Grassi A., Anfora G., Maistri S., Gottardello A., Maddalena G., De Cristofaro A., Savini G., Ioriatti C. (2015). Development and efficacy of *Drosophila suzukii*, a food bait for trapping *Drosophila suzukii*. International Organization for Biological and Integrated Control- West Palaearctic Regional Section (IOBC/WPRS) Bulletin, 109: 197-204.

Hamb K.A., Hernández A., Boundy-Mills K., Zalom F.G. (2012). Associations of yeasts with spotted-wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*; Diptera: Drosophilidae) in cherries and raspberries. Applied and Environmental Microbiology 78: 4869-4873.

Haviland D.R. & Beers E.H. (2012). Chemical control programs for *Drosophila suzukii* that comply with international limitations on pesticide residues for exported sweet cherries. Journal of Integrated Pest Management. 3 (2): 1-6

Kanzawa T. 1939. Studies on *Drosophila suzukii* Mats. Kofu, Yamanashi Agricultural Experiment Station. Rev App Entomol 29: 622.

Kleiber J.R., Unelius C.R., Lee J.C., Suckling D.M., Qian M.C., Bruck D.J. (2014). Attractiveness of fermentation and related products to spotted wing *Drosophila*. Environmental Entomology 43(2): 439-447.

Knight A.L., Light D.M., Trimble R.M. (2011) Identifying (E)-4,8-dimethyl-1,3,7-nonatriene plus acetic acid as a new lure for male and female codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). Environmental Entomology 40: 420-430.

- Kukula-Koch, W. y Mroczek, T. 2015. Application of hydrostatic CCC–TLC–HPLC–ESI-TOF-MS for the bioguided fractionation of anticholinesterase alkaloids from *Argemone mexicana* L. roots. *Anal Bioanal Chem* (2015) 407:2581–2589.
- Kogan, M. & M. Shenk. 2002. Conceptualización del manejo integrado de plagas en escalas espaciales y niveles de integración más amplios. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*, 65: 34-42.
- Kogan, M. 1998. Integrated pest management: Historical perspectives and contemporary developments. *Annual Review of Entomology*, 43: 243-270.
- Krause Pham C., Ray A. (2015). Conservation of OI- factory Avoidance in *Drosophila* Species and Identification of Repellents for *Drosophila suzukii*. *Scientific Reports* 5:11527 DOI: 10.1038/srep11527.
- Lagunes, T. A.; Villanueva, J. J. 1999. *Toxicología y Manejo de Insecticidas*. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. México. 264 p.
- Landolt P.J., Adams T., Rogg H. (2012). Trapping spotted wing *Drosophila*, *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) with combinations of vinegar and wine, and acetic acid and ethanol. *Journal of Applied Entomology* 136:148-154.
- Landolt P.J., Adams T., Davis T., Rogg H. (2012). Spotted wing *Drosophila*, *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae), trapped with combinations of wines and vinegars. *Florida Entomologist* 95: 326-332.
- Lannacone, J. y Reyes, M. 2001. Efecto de la rotenona y neem sobre *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) y *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) plagas del tomate en el Perú. *Agronomía Trop.* 51:65-79.
- Lasa R. Y Williams T. (22 de junio de 2019). Desarrollo de estrategias efectivas para el control de *Drosophila suzukii*. 1028(CONACYT-PDCPN2015). Xalapa, Veracruz, Mexico.

- Lee J. C., Burrack H.J., Barrantes L.D., Beers E.H., Dreves A.J., Hamby K., Haviland D. R., Isaacs R., Richardson T., Shearer P., Stanley C.A., Walsh D.B., Walton V.M., Zalom F.G., Bruck D.J. (2012). Evaluation of Monitoring Traps for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in North America. *Journal of Economic Entomology* 105: 1350-1357.
- López G., D. R., M. D. Salas A., O. A. Martínez J. y E. Salazar S. 2016. Géneros de *Aphidiidae* (Hymenoptera) parasitando al pulgón amarillo de la caña de azúcar *Melanaphis sacchari* Zehntner, 1897 (Hemiptera: Aphididae) en Irapuato, Guanajuato, México. *Entomología mexicana* 3: 365-368
- Martínez A.M.; Aguado P. A.J.; Viñuela, E., Rodríguez E.; Lobit, P.; Gómez, B. y Pineda, S. (2017). Effects of ethanolic extracts of *Argemone ochroleuca* (Papaveraceae) on the food consumption and development of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist* — Volume 100, No. 2: 339-345.
- Martínez T. S. H.; Rodríguez H. C.; Pérez P. R.; Granados E. C.; Ortiz H. Y. D.; y Floreán M. F. 2015. Evaluación de tres extractos vegetales en la población de mosca blanca en el cultivo orgánico de jitomate en invernadero. En Oaxaca, México. *Entomología mexicana* 2: 371-375.
- Martínez, M. 1996. Las plantas medicinales de México. Editorial Botas. México. pp. 108 - 110.
- Miller, M. E., S. A. Marshall, and D. A. Grimaldi. 2017. A Review of the species of *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae) and Genera of Drosophilidae of Northeastern North America. *Can. J. Arthropod. Identif.* 31: 1-282. doi:10.3752/cjai.2017.31.
- Mishra V, Saxena DK, Das M. Effect of argemone oil and argemone alkaloid, sanguinarine on sertori-germ cell coculture. *Toxicol Lett* 2009;186:104-10.

- Mitsui, H.; Takahashi K.H. and Kimura M.T. 2006. Spatial distributions and clutch sizes of *D. species* ovipositing on cherry fruits of different stages. *Popul. Ecol.* 48,233-237.
- Mortimer, J. 1990. Marine Turtle Conservation in Malaysia. *In* T.H. Richardson, H.I. Richardson & M. Donnelly (eds.). *Proc. of the Tenth Annual Workshop on Sea Turtle Biology and Conservation*. NOAA. Technical Memorandum NMFS-SEFC-278. 286 p.
- Nibouche, S., Mississippi, S., Fartek, B., Delatte, H., Reynaud, B. and L. Costet. 2015. Host plant specialization in the sugarcane aphid *Melanaphis sacchari*. *PLoS ONE* 10(11): 1–13. doi:10.1371/journal.pone.0143704.
- Ortiz, I., Avila-Chávez, M. A., & Torres, L. G. (2013). “Plaguicidas en México: usos, riesgos y marco regulatorio.” *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 5(2), 26–46. <https://doi.org/10.7603/s40682-014-0007-5>
- Ottaviano, M. F. (2012). “Manejo Integrado de la plaga *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) en cultivos de frutilla del Cinturón Hortícola Platense”. 199. La Plata, Buenos Aires, Argentina: Tesis.
- Prokopy, R.J. & M. Kogan. 2003. Integrated pest management. *In*: Cardé, R.T. & V.R. Resh (Eds.). Academic Press, San Diego, California, Pp. 589-595.
- Qian K., Zhu J.J., Sims S.R. (2013). Identification of volatile compounds from a food-grade vinegar attractive to house flies (Diptera: Muscidae). *Journal of Economic Entomology* 106: 979-987.
- Ramírez S., Trujillo A y Hernández M. 2017. Generación de estrategias para el manejo integrado del pulgón amarillo del sorgo en Jantetelco, Morelos. Instituto Nacional de investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Informe técnico.
- Rodríguez del B., L. A. and A. P. Terán. 2015. *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae): A new sorghum insect pest in Mexico. *Southwestern Entomologist*, 40: 433–434.

- Sanidad Agrícola ECONEX, S. L., (2017). Mosca del vinagre de alas manchadas. Biocontrol. Murcia (España). www.e-econex.com / e-mail: econex@e-econex.com. Recuperado el 09 DE septiembre de 2019. <https://www.drosophilasuzukii.es/>.
- Sánchez de Prager, M.; M. Prager Mosquera, D.I. Sánchez & P. Sarria. 2009. Indicadores de sostenibilidad con enfoque agroecológico en agroecosistemas tropicales. En: Vertientes del Pensamiento Agroecológico: Fundamentos y Aplicaciones. Altieri M. (Ed.). SOCLA, Medellín, Colombia, Pp. 321-344.
- Santiago H., N.C.; J.C. Carrillo R.; M.P. Jerez S.; J.L. Chávez S.; y C. Perales S. 2009. Extractos vegetales para el control de mosquita blanca *Bemisia tabaci* Genn. en tomate. http://www.somas.org.mx/pdf/pdfs_libros/agriculturasostenible5/5_1/70.pdf.
- Sarandón, S.J. & R. Sarandón. 1993. Un enfoque ecológico para una agricultura sustentable. En: Goin F y C Goñi (Eds.) Bases para una política ambiental de la R. Argentina. Sección III, Cap.19: 279-286.
- SAS Institute Inc. 2008. SAS/STAT® 9.2 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Sasaki, M. and Sato R. 1995. Bionomics of the cherry D., *D. suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) in Futeushima prefecture (Japan). Annual Report of the Society of Plant Protection of North Japan. 46:164–172.
- Sasaki, M. and Sato R. 1996. Bionomics of *D. pulchrella* Tan, Hus et Sheng (Diptera: Drosophilidae) in Fukushima prefecture (Japan). Tohoku Agriculture Research. 49: 161–162.
- Schwarzbach A. & Kadееit J., (1999). Phylogeny of prickly poppies, Argemone (Papaveraceae), and the evolution of morphological and alkaloid characters based on ITS nrDNA sequence variatio. Plant Systematics and Evolution. 218: 257-279.

- SAGARPA. 2018. Mapa del sorgo a nivel mundial. Recopilado el 28 de abril de 2019. <https://sader.gob.mx/catalogos/sagarpa-2018>
- SENASICA. 2014. Pulgón Amarillo *Melanaphis sacchari* (Zehntner). Ficha Técnica N° 43. D.F. México. 13 p.
- SENASICA. 2014. Pulgón amarillo *Melanaphis sacchari* (Zehntner). Dirección General de Sanidad Vegetal-Programa Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D.F. Ficha Técnica, no 43, 15 p.
- SIAP. 2014. Anuarios de producción agrícola 2012. Servicio d Información Agroalimentaria y Pesquera. Consultada en línea en Junio 2014: <http://siap.sagarpa.gob.mx>.
- SIAP. 2020. Anuario estadístico de la producción agrícola 2018. Consultada en línea el 29 de abril de 2020. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Silva, G. A.; Lagunes A. y Rodríguez, J. C. 2003. Control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) con polvos vegetales solos y en mezclas con carbonato de calcio en maíz almacenado. Ciencia e Investigación Agraria. 30:153-160.
- Singh, B.U; Padmaj, P.G.; Seetharama, N. 2004. Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphididae). In sorghum: a review . Crop Protection, 23: 739-755.
- Steel, Robert G D & Torrie, James H. 1980. Principles and procedures of statistics. New York: McGraw.
- Tarango A., L.A. 2015. Problemática y Alternativas de Desarrollo de las Zonas Áridas Y Semiáridas de México. Centro Regional de Estudios de las Zonas Áridas y Semiáridas (CREZAS). CAMPUS SLP-CP. Salinas de Hidalgo, S.L.P.
- Timmeren S., Isaacs R. (2013). Control of spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*, by speci c insecti- cides and by conventional and organic crop protec- tion programs. Crop Protection 54: 126-133.

- Tochen S, Dalton D, Wiman N, Hamm C, Shearer P, Walton V. 2014. Temperature-related development and population parameters for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on cherry and blueberry. *Environ Entomol* 43: 501-510.
- Valdés E. M.; Aldana LL. L.; Salinas S.D. O.; Figueroa B. R.; Hernández R. M. C. and Valladares C. M. G. 2016. Toxicity of plant extracts to *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Florida Entomologist*, 99(2): 226-230. <https://doi.org/10.1653/024.099.0211>
- Vázquez M., Aragón G, Bibbins M., Castillo D., Nava S y Pérez B. 2016. *Sphenarium purpurascens* control with *Beauveria bassiana* and extracts amaranth (*Amaranthus hypocondriacus* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.7 Núm.2 15 de febrero - 31 de marzo, 2016 p. 235-247.
- Villaseñor, J. L. y F. J. Espinosa G. 1998. Catálogo de malezas de México. Ediciones Científicas Universitarias, UNAM, Consejo nacional Consultivo Fitosanitario y Fondo de Cultura económica, México.
- Walsh, D. B., M. P. Bolda, R. E. Goodhow, A. J. Dreves, J. Lee, D. J. Bruck, V. M. Walton, S. D. O'Neal, and F. G. Zalom. 2011. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): Invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. *J. Integr. Pest Manag.* 2: G1-G7. doi:10.1603/ipm10010.
- Zhu J., Park, K.C., Baker T.C. (2003) Identification of odors from overripe mango that attract vinegars, *Drosophila melanogaster*. *Journal of Chemical Ecology* 29: 899-909.