

Universidad Autónoma de Sinaloa
Colegio en Ciencias Agropecuarias
Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte
Maestría en Ciencias Agropecuarias



TESIS:

ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE EXTRACTOS ETANÓLICOS DE
MELIÁCEAS EN *Diaphorina citri* Kuwayama 1908 (HEMIPTERA:
LIVIIDAE) EN CONDICIONES DE LABORATORIO

**Que para obtener el grado de Maestro en Ciencias
Agropecuarias**

PRESENTA:

VICTOR GABRIEL ALMADA RUIZ

DIRECTOR(A) DE TESIS:

DR. GABRIEL ANTONIO LUGO GARCÍA

CO-DIRECTOR(A) DE TESIS:

DRA. LAURA DELIA ORTEGA ARENAS

ASESORES:

DR. BARDO HELEODORO SÁNCHEZ SOTO

DR. ÁLVARO REYES OLIVAS

Culiacán de Rosales, Sinaloa, México, a junio de 2016

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **VICTOR GABRIEL ALMADA RUIZ**, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA SIDO APROBADA POR EL MISMO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

(SELLO DE POSGRADO)

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR(A)



DR. GABRIEL ANTONIO LUGO GARCÍA

CO-DIRECTOR(A)



DRA. LAURA DELIA ORTEGA ARENAS

ASESOR(A)



DR. BARDO HELEODORO SÁNCHEZ SOTO

ASESOR(A)



DR. ÁLVARO REYES OLIVAS

CULIACÁN DE ROSALES, SINALOA, MÉXICO, A 21 DE JUNIO DE 2016



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA CULIACÁN
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL FUERTE
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL CARRIZO

En la Ciudad de Culiacán Rosales, Sinaloa, el día 20 de enero del año 2020, el que suscribe Victor Gabriel Almada Ruiz, alumno del Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias, con número de cuenta 1309391-6, de la Unidad Académica Facultad de Agricultura del valle del Fuerte, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la UAS, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Gabriel Antonio Lugo García y de la Dra. Laura Delia Ortega Arenas y cede los derechos del trabajo titulado “Actividad biológica de extractos etanólicos de meliáceas en *Diaphorina citri* Kuwayama 1908 (Hemiptera: Liviidae)” en condiciones de laboratorio”, a la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, para su difusión, con fines académicos y de investigación por medios impresos y digitales, todo esto en apego al artículo 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor.

La Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México) protege el contenido de la presente tesis. Los usuarios de la información contenida en ella deberán citar obligatoriamente la tesis como fuente, dónde la obtuvo y mencionar al autor intelectual. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ATENTAMENTE

Almada Ruiz Victor G.

Victor Gabriel Almada Ruiz

CORREO ELECTRÓNICO: almadaruiz@yahoo.com.mx
CURP: AARV840725HSL LZC06

DEDICATORIA

A mis padres: Conrado Almada Valenzuela y Eligia Ruiz Ayala quienes me han impulsado a luchar con pasión y ahínco por la consecución de todos los retos que la vida me ha impuesto. Gracias por el apoyo incondicional otorgado en cada una de las decisiones que he tomado en mi vida, por orientarme, por aconsejarme y por brindarme ese amor, cariño y comprensión que solo un par de seres como ustedes pueden dar.

A mi esposa: Maluly, que con su paciencia, comprensión y amor me impulso a no desfallecer en este reto que hoy superamos juntos. Gracias por caminar de mi lado y por apoyarme en cada momento. A mi hijo Oliver Alexander Almada Leyva que desde la pancita de su mami me inyectó la energía necesaria para emprender y conquistar los retos emprendidos, y que hoy por fin en mis brazos me inspira a seguir adelante y con la frente en alto.

A mi hermano: Javier Alonso que siempre tuvo palabras de apoyo para alentarme a luchar por lo que me proponga. Y quien junto a mis sobrinos: Alexis, Geovany y Gael, me hicieron vivir gratos momentos cuando más tenso se ponía el trabajo.

A mi familia: Mi abuela Hilaria, tíos, primos quienes con la confianza depositada en mi persona me motivaron para día a día tratar de superarme.

A mis compañeros y amigos: Profesores de la FAVF, gracias por su apoyo y motivación para emprender este reto.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi enorme gratitud al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Colegio de Ciencias Agropecuaria de la Universidad Autónoma de Sinaloa por brindarme la oportunidad de formar parte de su programa e incursionar en el apasionante mundo de la ciencia.

Gracias al Dr. Álvaro Reyes Olivas, Dr. Bardo Heleodoro Sánchez Soto y Dr. Gabriel Antonio Lugo García por su disposición para impartir los cursos pertinentes al programa y a su vez por aceptar formar parte de mi comité.

Un agradecimiento y mención especial para el Dr. Bardo H. Sánchez Soto por los bien intencionados consejos vertidos a mi persona y cuyo eco impulsó mi interés por incursionar en esta aventura. Así como a mi director de tesis, Dr. Gabriel Antonio Lugo García, por cobijarme bajo su tutela y por hacer todo lo necesario para que tomara la decisión de iniciar el camino de la superación profesional a través del estudio de un posgrado. Gracias por el apoyo brindado y la paciencia otorgada.

A la Dra. Laura Delia Ortega Arenas, por las facilidades otorgadas para el desarrollo de la investigación pertinente a este documento, puesto que sin su cooperación esto no hubiera sido posible. Así como su valiosa participación como codirectora del desarrollo de esta tesis y por la paciencia vertida a mi persona en el transcurso de la misma.

Al Dr. Edgar Eduardo Mendoza García por su paciencia, consejos, regaños, y sobre todo por su valiosa asesoría en los bioensayos realizados. Gracias por la confianza depositada. Así como a los compañeros del laboratorio de Insectos Vectores del Programa de Entomología y Acarología del Colegio de Postgraduados: Karen, Victor y Don Maleno (Magdaleno Caballero) por su grata compañía.

Por último, agradecer a todas aquellas personas que de una u otra manera han sido partícipes de mi vida personal y profesional impulsándome a seguir adelante.

CONTENIDO	PÁGINA
INDICE DE CUADROS	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama, 1908.....	3
2.1.1 Biología y morfología.....	3
2.1.2 Distribución mundial y nacional.....	4
2.1.3 Plantas hospederas.....	4
2.1.4 Daños e importancia económica.....	5
2.1.5 Métodos de control.....	6
2.1.5.1 Control químico.....	6
2.1.5.2 Métodos alternativos (control cultural, biológico y uso de plantas).	7
2.2 Potencial de las plantas como agentes de control de insectos.....	9
2.2.1 Plagas agrícolas en campo.....	10
2.2.2 Plagas de granos almacenados.....	12
2.2.3 Plagas pecuarias.....	13
2.2.4 Fitopatógenos.....	14
2.2.5 Plagas sobre humanos.....	16
2.3 Familia Meliaceae.....	19
2.3.1 Taxonomía y descripción botánica.....	19
2.3.2 Distribución e importancia económica.....	19

2.3.3 Especies evaluadas.....	20
2.3.3.1 <i>Swietenia humilis</i> Zucc. 1835.....	20
2.3.3.1.1 Descripción botánica.....	20
2.3.3.1.2 Distribución.....	20
2.3.3.1.3 Usos e importancia económica.....	20
2.3.3.1.4 Actividad biológica.....	20
2.3.3.2 <i>Azadirachta indica</i> A. Juss.....	23
2.3.3.2.1 Descripción botánica.....	23
2.3.3.2.2 Distribución.....	23
2.3.3.2.3 Usos e importancia económica.....	23
2.3.3.2.4 Actividad biológica.....	24
2.3.3.3 <i>Melia azedarach</i> L. 1753.....	26
2.3.3.3.1 Descripción botánica.....	26
2.3.3.3.2 Distribución.....	26
2.3.3.3.3 Usos e importancia económica.....	27
2.3.3.3.4 Actividad biológica.....	27
3. HIPOTESIS.....	30
4. OBJETIVOS.....	31
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	32
5.1 Material biológico.....	32
5.1.1 Colecta e identificación taxonómica de plantas.....	32
5.1.2 Cría de <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama 1908.....	33
5.2 Preparación de los extractos.....	34

5.2.1 Concentración madre.....	34
5.2.2 Preparación de concentraciones prueba.....	35
5.2.2.1 Ventana biológica.....	35
5.2.2.2 Bioensayos.....	35
5.3 Bioensayos.....	35
5.3.1 Toxicidad en ninfas.....	35
5.3.2 Toxicidad en adultos.....	37
5.3.3 Repelencia de adultos.....	38
5.3.4 Inhibición de oviposición.....	41
5.4 Análisis de datos.....	43
6. RESULTADOS.....	44
6.1 Toxicidad de Extractos.....	44
6.2 Repelencia.....	46
6.3 Inhibición de la oviposición.....	50
7. DISCUSIÓN.....	53
8. CONCLUSIÓN.....	60
9. LITERATURA CITADA.....	61

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Porcentajes de mortalidad de ninfas de tercer instar de <i>Diaphorina citri</i> a las 24 h postaplicación de distintas concentraciones de extractos etanólicos de semillas de <i>Swietenia humilis</i> , <i>Azadirachta indica</i> y frutos de <i>Melia azedarach</i>	45
2	Porcentajes de mortalidad de adultos de <i>Diaphorina citri</i> a 24 h postaplicación de distintas concentraciones de extractos etanólicos de semillas de <i>Swietenia humilis</i> , <i>Azadirachta indica</i> y frutos de <i>Melia azedarach</i>	46
3	Porcentaje de repelencia registrado a las 3, 4, 5, 6 y 24 h postaplicación del extracto etanólico de <i>Swietenia humilis</i> y <i>Azadirachta indica</i> sobre adultos de <i>Diaphorina citri</i>	47
4	Clasificación del extracto etanólico de <i>Swietenia humilis</i> y <i>Azadirachta indica</i> en función del porcentaje de repelencia observado a la 3 ^a , 4 ^a , 5 ^a , 6 ^a y 24 h postaplicación del tratamiento.....	48
5	Porcentaje de inhibición de oviposición de adultos de <i>Diaphorina citri</i> a 24 h postaplicación de distintas concentraciones de extractos etanólicos de semillas de <i>Swietenia humilis</i> , <i>Azadirachta indica</i> y frutos de <i>Melia azedarach</i> L.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Ubicación de los sitios de muestreo de las plantas evaluadas. Los puntos negro y rojo ubican a las comunidades del Ejido Taxtes y Campo 4, de manera respectiva, que pertenecen al municipio de El Fuerte. El punto azul representa a la Ciudad de Los Mochis, Ahome, Sinaloa.....	32
2	Invernadero del Colegio de Postgraduados Campus Montecillos. a) Nave principal; b y c) Jaulas contenedoras de la cría de <i>Diaphorina citri</i>	33
3	Preparación del extracto etanólico de semilla de <i>Swietenia humilis</i> Zucc (venadillo). a) Pesaje de la semilla; b) Macerado de la semilla; c) Preparación de la solución de agua, alcohol y adherente; d) Mezclado del polvo (10 g) y la solución etanólica; e) Separación de la fase líquida de la sólida; f) Solución madre concentrada al 10% (100 mg mL ⁻¹).....	34
4	Preparación de los tratamientos para la ventana biológica y bioensayo. a) Extracto de semilla de <i>Swietenia humilis</i> Zucc (venadillo), b) Separación de fases, c) Contenedores de la solución base; d) Preparación de las diluciones subsecuentes.....	36
5	Establecimiento del ensayo de mortalidad de ninfas. a) Aplicación del tratamiento en la hoja sustrato; b) Eliminación del exceso de tratamiento; c) Colocación del disco de naranja en la caja Petri; d) Aislamiento del experimento con condiciones homogéneas de luz y temperatura.....	37
6.	Evaluación de mortalidad con adultos (ventana biológica y bioensayo). a) Colecta de adultos; b) Adultos dormidos con CO ₂ ; c) Atomizadores con el tratamiento a aplicar; d) Colocado de insecto en sustrato; e) Aplicación del tratamiento; f) evaluación.....	38

7.	Arena experimental usada en pruebas de repelencia de adultos de <i>Diaphorina citri</i> (imagen Váldez y Ortega, 2015).....	39
8.	Preparado de unidad experimental para el ensayo de repelencia. a) Perforado de orificio de inoculación y ventilación de la unidad experimental; b) Inserción de la hoja en el microtubo y sellado del vaso.....	40
9.	Instalación del experimento de repelencia. a) Aislamiento de las unidades experimentales en condiciones homogéneas; b) Insectos posados en el tratamiento testigo; c) Registro de la repelencia observada.....	40
10.	Fijado del bote a la unidad experimental durante el experimento de inhibición de oviposición.....	41
11.	Plantas con los brotes tratados distribuidas al azar en el ensayo de inhibición de oviposición.....	42

RESUMEN

En la búsqueda de métodos alternativos de manejo de plagas basados en la racionalidad y sustentabilidad del ambiente, el presente estudio tuvo como objetivo la evaluación del potencial de los extractos etanólicos de las semillas de *Swietenia himilis* Zucc, *Azadirachta indica* A. Juss y *Melia azedarach* L. en el manejo del psílido Asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* Kuwayama. La toxicidad de los extractos se evaluó al exponer a adultos y ninfas, a discos de hoja de *Citrus sinensis* cv Valencia, tratados por el método de aspersión e inmersión, respectivamente. La repelencia se determinó al exponer adultos a una hoja tratada, dentro de una arena experimental, a las 4, 5, 6 y 24 h postaplicación, mientras que la inhibición de la oviposición se evaluó mediante el confinamiento de adultos en un frasco de plástico que contenía un brote de naranja tratado por método de aspersión. Los extractos etanólicos de las tres especies de meliáceas evaluados mostraron actividad biológica significativa en *D. citri*. En ninfas el mejor efecto tóxico se logró con el extracto de *A. indica* (93.3%), seguido de *S. humilis* (88.3 %) y *M. azedarach* (77.3%), mientras que en adultos solo los extractos de *S. humilis* (61%) y *A. indica* (58%) resultaron efectivos. En general, los adultos resultaron más tolerantes que las ninfas, en éstos el efecto tóxico se evidenció a partir de 100.0 mg.ml⁻¹, mientras que en ninfas a 4.10 mg.ml⁻¹. Los extractos de *S. humilis* y *A. indica* mostraron la mayor acción repelente (82 y 78 %, respectivamente) a 100.0 mg.ml⁻¹; este efecto estuvo asociado a la concentración y disminuyó a través del tiempo. Ninguno de los extractos evaluados inhibió de manera contundente la oviposición.

Palabras clave: *Azadirachta indica*, inhibición de la oviposición, insecticidas vegetales, *Melia azedarach*, repelencia, *Swietenia humilis*, toxicidad.

ABSTRACT

In a search for alternative methods in the plague manage based on rationality and environmental sustainability, this study aimed to evaluate the potential of the ethanolic extracts of seeds *Swietenia himilis* Zucc seeds, *Azadirachta indica* A. Juss and *Melia azedarach* L. in handling of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama. The toxicity of extracts it was rated by exposing adults and nymphs, to leaf discs *Citrus sinensis* cv Valencia, treated by the method of spraying and dipping, respectively. The repellency it was determined by exposing adults to leaf treated, in an experimental sand, at 4, 5, 6 and 24 h post application, whereas inhibition of oviposition was estimated by confining of adults in a plastic bottle containing orange outbreak treated by spraying method. The ethanolic extracts of the three species of meliaceas evaluated showed significant biological activity in *D. citri*. The better toxic effect in nymphs was achieved with the extract of *A. indica* (93.3%), followed by *S. humilis* (83.3%) and *M. azedarach* (77.3%), while in adults only the extracts of *S. humilis* (61%) and *A. indica* (58%) resulted effective. Generally, adults showed greater tolerance than nymphs, evidenced in this an effect starting from 100.0 mg.ml⁻¹, while in nymphs it was of 4.10 mg.ml⁻¹. The extracts of *S. humilis* and *A. indica* showed the most repellent action (82 and 78%, respectively) starting from 100.0 mg.ml⁻¹; this effect was associated with the concentration and decreases over time. None of the tested extracts inhibited oviposition conclusively.

Keywords: *Azadirachta indica* A. Juss., inhibition of oviposition, *Melia azedarach* L., repellency, *Swietenia humilis* Zucc, toxicity, vegetal extract.

1. INTRODUCCIÓN

La producción agrícola enfrenta hoy un enorme reto. Con cerca de medio siglo transcurrido tras la implementación de la revolución verde; en la actualidad la pertinencia de la tecnología desarrollada se encuentra enfrascada en un acalorado debate. Con señalamientos referenciados al control químico de plagas como agente contaminante, mutagénico y biocida de insectos no blanco, así como elemento estimulante de la resistencia en otros (Wilson *et al.*, 1999; Martínez y Gómez, 2007; Mann *et al.*, 2010; FAO, 2013), el empleo de este tipo de productos enfrenta hoy a una significativa fracción detractora, situación que ha propiciado la necesidad de generar nuevas técnicas de control que se encuentren basadas en un sistema productivo enmarcado en la sustentabilidad ambiental (Prabhaker *et al.*, 1985; Rodríguez, 1998).

Con más de 2000 plantas registradas con alguna propiedad insecticida (Montesino *et al.*, 2009), estos organismos representan una prometedora alternativa en la generación de nueva tecnología que coadyuve en el control de las poblaciones de insectos plaga. Capaces de producir una amplia diversidad de sustancias biológicamente activas, juegan un importante papel en el comportamiento ecológico y fisiológico de los insectos fitófagos al actuar como sustancias tóxicas, atrayentes, repelentes, estimulantes, o bien inhibiendo el desarrollo, alimentación y oviposición del insecto (Jacobson, 1989; Ascher, 1993; Rodríguez y Trumble, 1999). Dentro de la gama de plantas, sobresalen por ser de las especies de mayor exploración miembros de las familias Amaryllidaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Solanaceae y Meliaceae (Villalobos, 1996); destacando en esta última miembros cuya efectividad en el control de la supervivencia, alimentación, fertilidad, crecimiento y desarrollo de los insectos ha sido demostrada de manera previa, debido principalmente a la presencia limonoides (Li, 1999; Ibáñez y Zoppolo, 2008).

En este sentido, diversos miembros de la familia Meliaceae se han evaluado en distintas plagas, encontrando un potencial como control de insectos, nematodos,

bacterias y hongos. Antecedentes que motivaron la curiosidad de extrapolar estas propiedades a *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae). Este insecto fitófago conocido también como psílido asiático de los cítricos (PAC), es una especie de suma importancia en la citricultura mundial (Michaud, 2004). Tiene preferencia alimentaria exclusiva por miembros de la familia Rutaceae. Adultos y ninfas provocan considerables daños a la planta y provocan a la par la diseminación de las bacterias *Candidatus Liberibacter* var. *asiaticus* y *americanus*, agentes causales del huanglongbing (HLB) (Tsai *et al.*, 1988; Su y Huang, 1990). Si bien, en la actualidad el manejo del vector se realiza de manera preferencial a través del control químico (Stansly y Qureshi, 2007; SENASICA, 2015), al igual que en otros cultivos el uso indiscriminado de este ha traído consigo consecuencias indeseables. De tal suerte que ante la necesidad de buscar alternativas naturales para el manejo de *D. citri* y ampliar el conocimiento de las propiedades insecticidas de una de las familias más prometedoras (Meliaceae), se planteó como objetivo evaluar en condiciones de laboratorio la actividad biológica de los extractos etanólicos de tres especies de meliáceas sobre ninfas y adultos de *D. citri*.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908

Diaphorina citri (Hemiptera: Liviidae) o Psílido Asiático de los Cítricos (PAC), es un insecto cuya presencia en el campo citrícola ha condicionado su producción a nivel mundial (Alemán *et al.*, 2007). Con un mediano impacto económico como plaga (Hernández *et al.*, 2014), la alerta fitosanitaria es potencializada al develarse su alta efectividad para fungir como vector de las bacterias *Candidatus Liberibacter var. asiaticus* y *americanus*, agentes causales de la enfermedad más devastadora en el cultivo de cítricos, el huanglongbing (HLB) (Capoor *et al.*, 1967; Tsai *et al.*, 1988; Su y Huang, 1990).

2.1.1 Biología y morfología

Los adultos del PAC miden en promedio de 2.7 y 3.4 mm, presentan desarrollo paurometábolo relativamente corto, influenciado de manera particular por las condiciones ambientales y la planta hospedera (Liu y Tsai, 2000; McFarland y Hoy, 2001), pudiendo vivir hasta 54 días (Liu y Tsai, 2000). Las condiciones óptimas para su desarrollo se presentan en climas secos con temperaturas entre los 25 y 28°C (Liu y Tsai, 2000; Galindo *et al.*, 2009; Baños *et al.*, 2012; SENASICA, 2015). Contrario a esto, su reproducción se ve nulificada con temperaturas menores a 10 °C y mayores a 33 °C (García, 2009; SENASICA, 2015). Las hembras llegan a ovipositar hasta 800 huevos durante toda su vida (Fersan, 2009) pudiéndose presentar hasta 30 generaciones por año (Etienne *et al.*, 2001).

Diversos autores (French *et al.*, 2001; Fernández y Miranda, 2005; Alemán *et al.*, 2007; Wenninger y Hall, 2007; Robles *et al.*, 2010) indican que el adulto presenta coloración gris cenizo y puede ser reconocido por la posición que adoptan al alimentarse, cuyo cuerpo es inclinado en un ángulo de entre 30 y 45° respecto a la superficie de la hoja. Muestran gran motilidad y por lo general tienden a saltar cortas distancias cuando son molestados. Tienen un sutil dimorfismo sexual entre los adultos, siendo las hembras ligeramente mayores (3.3 mm de largo) que los machos

(2.7 mm) (Preza, 2011). Las ninfas son pequeñas, oscilando su tamaño de 0.35 mm en primer instar hasta 1.66 mm en el quinto; son aplanadas y mantienen un comportamiento en su mayoría sedentario sobre la unión del pecíolo de la hoja y el brote (Fonseca *et al.*, 2007). Ninfas y adultos forman grupos sin preferencia de edad o tamaño (Fernández y Miranda, 2005).

2.1.2 Distribución mundial y nacional

Con una distribución inicial restringida a países de la zona mediterránea, Asia y África, en la actualidad se ha confirmado la presencia del psílido en las principales zonas citrícolas del mundo (Alemán *et al.*, 2007), al expandirse incluso a las zonas urbanas aledañas donde ha encontrado en plantas de traspatio y ornamentales como *Murraya paniculata* (L) Jack, un excelente medio de incubación cuando las condiciones de los lotes comerciales no son las óptimas (Salcedo *et al.*, 2010; Hernández *et al.*, 2012). Hoy en día, en México la especie se encuentra clasificada como plaga cuarentenaria presente (EPPO, 2014).

En América, el primer registro del insecto data del año 1942 y fue observado en Brasil (Costa, 1942). Sin embargo, no fue hasta su descubrimiento en el sur de Florida en 1998 que comenzó a prestársele mayor atención (Halbert *et al.*, 2003, citado por Halbert y Núñez, 2004). En México, se detectó cuatro años después (2002) en el estado de Campeche; situación que puso en alerta al país pero que fue insuficiente para que solo un par de años después (2004) se diseminara e hiciera presencia en otras regiones del territorio nacional, (Querétaro, San Luis Potosí, Colima, Tabasco y Yucatán). Para el 2008, el territorio mexicano terminó por sucumbir ante su presencia, al confirmarse muestras positivas en Baja California (López *et al.*, 2005; SENASICA, 2015), pudiendo encontrarse a la fecha en más de 688 municipios de 28 estados de la República Mexicana.

2.1.3 Plantas hospederas

El problema de *D. citri* como plaga citrícola se ve agravado por la alta especificidad de la especie por plantas de la familia Rutaceae. Halbert y Manjunath

(2004) mencionan 58 especies de cítricos como posibles hospederos del psílido, destacando el género *Citrus* como el de mayor número de especies hospederas y *Murraya paniculata* como la especie de mayor preferencia para su desarrollo (Aubert, 1987; Aubert y Quilici, 1988; Liu y Tsai, 2000; García, 2009).

2.1.4 Daños e importancia económica

Uno de los principales problemas asociados con el PAC como plaga radica en su modo de alimentación. Durante este proceso ninfas y adultos extraen la savia que es distribuida hacia el peciolo y los brotes tiernos de la planta (Aubert, 1987; Sánchez, 2010), inyectando en contra parte toxinas que producen su malformación, inviabilidad e incluso su abscisión (Asplanato *et al.*, 2011; Ruiz, 2013), además de la secreción por parte de las ninfas de una gran cantidad de melaza cuya presencia propicia la proliferación del hongo causante de la fumagina y cuyo desarrollo altera las principales actividades metabólicas de la hoja (fotosíntesis, intercambio gaseoso y transpiración), afectando por ende el funcionamiento del sistema (Mata y Mosqueda, 1995).

Si bien la presencia del insecto provoca importantes daños al cultivo, el verdadero problema reside en su capacidad para transmitir las bacterias *Candidatus Liberibacter var. asiaticus* y *americanus*, causantes de una de las enfermedades más antiguas y de mayor potencial destructivo en cítricos, el Huanglongbing (HLB) (Bové, 2006; Asplanato *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2014). Esta enfermedad (HLB o dragón amarillo como también se le conoce) es una enfermedad cuya capacidad de diseminación y patogenicidad representa un alto riesgo en la producción citrícola al incidir de manera directa en la cantidad y calidad de los frutos obtenidos y, condicionar la supervivencia de millones de árboles (Velarde *et al.*, 2010; Soto, 2013).

Morales (2013), informa que dentro de los casos más impactantes ocurridos a través de la historia citrícola destacan los registros de la región de Guandong (China) donde entre 1977 y 1981 se tuvieron que eliminar más de 960 mil plantas de

mandarina y limón, paralizando en su totalidad al sistema productivo al disminuir la producción de 450 mil a solo 5 mil toneladas. Situación similar a la vivida en Filipinas donde la producción de mandarinas disminuyó de 11 700 toneladas a solo 100 en la década de los 60; así como la desaparición del cultivo de mandarina y naranja en Arabia Saudita por más de una década.

En América, se detectó por primera vez en 2004 en San Pablo, Brasil (Teixeira *et al.*, 2005), sin embargo fue en Florida (EUA) donde presentó un impacto real, donde a solo cinco años de ser informada la enfermedad, hubo una reducción del 23% en la producción, la desaparición de más de 8 mil empleos y una pérdida económica de 4 500 millones de dólares (Hodges y Spreen, 2012, citado por Monzo *et al.*, 2014). Aun cuando en México, la enfermedad fue registrada en 2009 en Yucatán (SENASICA, 2015), hasta ahora no existen antecedentes de gran trascendencia en el país; sin embargo, estimaciones realizadas por Salcedo *et al.* (2010) sugieren que bajo un panorama catastrófico las pérdidas productivas se encontrarían cercanas a los tres millones de toneladas, equivalente al 41% del total de la producción nacional de cítricos, siendo afectados en orden decreciente los cultivos de naranja, toronja, mandarina y limón.

2.1.5 Métodos de control

Ante este panorama y con base en lo que la historia ha enseñado, el sistema productor cítrícola mundial ha adoptado diversas medidas en el control de la enfermedad, al enfocarse, en lo principal, al manejo del vector (López *et al.*, 2013). Esto ha permitido el desarrollo de diversas estrategias cuya pertinencia y efectividad se ha puesto a prueba en condiciones varias, basadas primordialmente en la convergencia de los distintos métodos de control disponibles, y respaldadas bajo el enfoque del Manejo Integrado de Plagas (MIP).

2.1.5.1 Control químico

Después de que el PAC fue categorizado como un efectivo vector del HLB, la utilización de productos químicos se vio ampliamente generalizada (García, 2013).

Con resultados variables en función del grupo químico empleado, destacan por su efectividad aquellos que contienen abamectina (Sánchez, 2010; Macías *et al.*, 2013), espirotetramato (Hernández *et al.*, 2013), dimetoato (Hernández *et al.*, 2012), ometoato (Reyes *et al.*, 2013), aldicarb (Qureshi y Stansly, 2008), thiametoxam (Sánchez, 2011), spiromesifen (Sánchez, 2010) e imidacloprid (Sánchez, 2010; Sánchez, 2011; Hernández, 2012; Hernández *et al.*, 2013), entre otros productos enlistados por Cortez *et al.* (2010). Si bien cada una de estas sustancias ha mostrado resultados prometedores, destaca la efectividad observada con el uso de imidacloprid, que da excelentes resultados en el control de ninfas y adultos (Bahagabati y Nariani, 1983; Villanueva, 2011; Hernández *et al.*, 2012; Macías *et al.*, 2013), además de un excelente efecto ovicida (Ruiz, 2013).

Es pertinente mencionar que si bien los resultados mostrados por cada uno de estos productos hablan por sí solos, en la mayoría de los casos los autores coinciden en proponer un empleo racional de éstos y de manera preferente como medida de contingencia, apostando en todo momento por la implementación de un manejo integrado de plagas que utilice no solo el potencial de los productos sintéticos y naturales, sino que busque además la convergencia de éstos con el conocimiento de las condiciones de la interacción plaga-planta-entorno.

2.1.5.2 Métodos alternativos (control cultural, biológico y uso de plantas)

Debido al debate al que ha sido sometido el control químico tras la potencialización de los efectos secundarios asociados a su uso (Prabhaker *et al.*, 1985; Mann *et al.*, 2010), la agricultura moderna se enfrenta con la necesidad de evaluar la pertinencia “inequívoca” de esta metodología y pugnar por la investigación e implementación de una convergencia pacífica entre el sistema agropecuario y el ambiente (Altieri, 1995), apostando por la integración del sistema tradicional (químico) con métodos más ecológicos como el control cultural, control biológico y la utilización de plantas con potencial insecticida (Bejarano, 2002, citado por Brechelt, 2004). A continuación se describe cada método ecológico:

1) *Control cultural*. Es considerado en esencia como un método preventivo e implica el acondicionamiento del agroecosistema de tal forma que resulte poco favorable para el desarrollo de la plaga. La efectividad de la estrategia se encuentra supeditada a la estricta coordinación de los elementos en su implementación (Robles, 2012), y se basa en el uso de material vegetativo certificado, el establecimiento de barreras rompevientos y la eliminación de plantas enfermas cuando es detectado el HLB (Roistacher, 1996; Grafton-Cardwell *et al.*, 2013; De la Cruz, 2014).

2) *Control biológico*. Es una metodología ampliamente generalizada y que se encuentra respaldada en el empleo de enemigos naturales (depredadores, parasitoides, patógenos y fitófagos) como medida de control de las poblaciones plaga en un rango económico aceptable (Sánchez *et al.*, 1997). Destacan por su empleo las especies de *Tamarixia radiata* Waterston (Étienne *et al.*, 2001; Pluke *et al.*, 2008; Sánchez *et al.*, 2012; Baños, 2014; Mead y Fasulo, 2014), *Olla v-nigrum* Mulsant, 1866 (Michaud, 2001, 2002; Michaud y Olsen, 2004), *Cycloneda sanguinea* Linnaeus 1763, *Harmonia axyridis* Pallas, 1773 (Michaud, 2002; Reyes *et al.*, 2013); así como miembros del grupo de los escarabajos, avispas, sírfidos, crisopas y arañas (Hall, 2008). De igual forma sobresalen por su efectividad organismos entomopatógenos como los hongos *Beauveria bassiana* Balsamo, 1835 (Yang *et al.*, 2006), *Isaria fumosorosea* Wize, 1904 (Gandarilla *et al.*, 2013) e *Hirsutella citrififormis* Speare (Rivero y Grillo, 2000; Étienne *et al.*, 2001; Halbert y Manjunath, 2004; Yang *et al.*, 2006; Casique *et al.*, 2011).

3) *Uso de plantas con potencial insecticida*. Es una estrategia empleada desde épocas antiguas, se centra en el aprovechamiento de las propiedades naturales de ciertas plantas para hacer frente a otras especies mediante la expresión de un efecto repelente, supresor, disuasivo, antibiótico o anorexigénico (Ávalos y Pérez, 2009; Montesino *et al.*, 2009). Sobresalen por su comprobada eficacia miembros de las familias Amaryllidaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Labiatae, Meliaceae y Solanaceae (Villalobos, 1996).

En las evaluaciones hechas con *Diaphorina citri* destacan especies como el nim (*Azadirachta indica*), cuyo principio activo (azadirachtina) es capaz de inhibir la alimentación del insecto, reducir su fecundidad, retrasar su crecimiento y provocar trastornos en su desarrollo; además de producir un efecto repelente, interrumpir la muda y generar un efecto tóxico (Salas y Mendoza, 2001; Weathersbee y McKenzie, 2005). Aunado a esta planta, existen otras que han sido sometidas a exploración en busca de estas propiedades encontrando resultados prometedores con algunas de ellas. Destacan por su capacidad insecticida, repelente y disuasoria de la alimentación plantas como el ajo (*Allium sativum* L.) (Mann *et al.*, 2011; Cázares *et al.*, 2014), orégano (*Origanum vulgare* L.) (Cázares *et al.*, 2014), guayaba (*Psidium guajava* L.) (Rouseff *et al.*, 2008; Zaka *et al.*, 2010; Onagbola *et al.*, 2011; Ichinose *et al.*, 2012) y toloache (*Datura stramonium* L.) (Sandoval *et al.*, 2013).

2.2 Potencial de las plantas como agentes de control de insectos

Con un compendio botánico de más de 200 mil especies vasculares descritas (Magaña y Villaseñor, 2002; Llorente y Ocegueda, 2008), la dilucidación del potencial del reino Plantae aún se encuentra lejos de ser alcanzado por completo. Durante siglos se ha sacado provecho de las propiedades de estos organismos, no obstante, el conocimiento total de los beneficios que de éstos se pudieran obtener sigue siendo una asignatura pendiente. Y es precisamente dentro de este vacío cognitivo donde la investigación referente a la capacidad insecticida e insectistática de las plantas resguarda su justificación.

Aun cuando existen más de 1,600 plantas registradas con alguna propiedad biológica (Grainge *et al.*, 1985), la investigación respecto a su aplicación ha sufrido una explosiva reactivación desde hace 25 años (Pérez, 2012). El uso de plantas data desde antes de la llegada de los insecticidas organosintéticos y con registros que se remontan a más de dos mil años en los países de la región oriente del mundo (Silva *et al.*, 2002; Thacker, 2002; Do Nascimento, 2008), su potencial como método de control de plagas representa hoy en día una de las estrategias más prometedoras en la búsqueda de alternativas naturales cuyo coste para la economía social y ecológica

sean poco significativas y que a su vez den posibilidad a la disrupción de la cada vez más acentuada resistencia de los insectos a los métodos de control químicos (Millán, 2008).

Dentro de la gama de evaluaciones implementadas en la dilucidación de la pertinencia de este tipo de productos, destaca la utilización de polvos, extractos y aceites vegetales en el control de insectos, hongos, bacterias e inclusive otras plantas. Dichas evaluaciones han sido sometidas en los sectores donde la presencia de plagas provoca disrupción del funcionamiento idóneo de la actividad e incluyen, para el caso de insectos, la medición de la respuesta observada en parámetros como la inhibición de la oviposición y alimentación, repelencia, mortalidad, viabilidad de desarrollo, modificación del comportamiento, interrupción y retraso en la muda; mientras que en la actividad mostrada por los microorganismos destacan los parámetros referentes a la antibiosis, inhibición de crecimiento, esporulación, viabilidad de esporas y germinación.

2.2.1 Plagas agrícolas en campo

Si bien el campo de acción del uso de productos de origen vegetal es relativamente amplio, las evaluaciones correspondientes se han realizado en su mayoría en el manejo de plagas agrícolas. Destacan aquellas cuya incidencia afecta a los principales cultivos a nivel mundial. Por ejemplo, Rodríguez *et al.* (1982) evaluaron infusiones y extractos acuosos de 86 especies vegetales en la supervivencia y alimentación de la larva del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith, 1797, encontrando nueve especies con efecto tóxico y seis inhibitorias de la alimentación. No obstante, la evaluación de los extractos acuosos es el enfoque generalizado que se le da a la investigación referente a su efectividad, autores como Lizarazo *et al.* (2008) han dado mayor variabilidad respecto a la extracción de los componentes activos; dichos autores demuestran la efectividad del extracto diclorometanoico de *Polygonum hydropiperoides* Michx. (Polygonaceae), al obtener una mortalidad sobre el mismo insecto del 100% con una dosis media de 2500 mg mL⁻¹. Situación similar a la expresada por Roel y Vendramim (2006),

quienes utilizando extractos acetónicos de *Trichilia pallida* Sw. encontraron un significativo efecto tóxico y letárgico de este sobre las larvas de *Spodoptera frugiperda*, además de atribuirles una mayor durabilidad en comparación a la de otro tipo de extracto. Capataz *et al.* (2007), por su parte, sometieron a elicis suspensiones celulares de hojas de *Azadirachta indica*, obteniendo un efecto inhibitorio del extracto sobre la alimentación de larvas de segundo instar hasta en un 100% de la población evaluada. Efecto similar (80.3%) al obtenido por Ortíz *et al.* (2008), al probar extractos crudos de acetato de bencénico a base de semillas de nim.

Así como con este insecto, otras especies han sido blanco de este tipo de ensayos. El control de mosquitas blancas, por ejemplo, ha sido evaluado con diferente tipo de extractos. Camarillo *et al.* (2009), examinaron la actividad biológica de extractos acuosos, aceites y turbios de diversas estructuras de la planta *Tagetes filifolia* Lag. (Asteraceae) sobre ninfas y adultos de *Trialeurodes vaporariorum* Westwood, 1856; la autora informa que el aceite presenta un efecto tóxico, repelente e inhibidor de la alimentación y crecimiento. Castillo *et al.* (2012) utilizaron extractos de capsaicinoides que provienen de frutos de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) y observaron un efecto tóxico en el 50% de la población a las siete horas después de aplicado el tratamiento, además de encontrar repelencia significativa con concentraciones del 5%. Estos resultados son similares a los informados por Mendoza (2010), quien con concentraciones de 200 mg mL⁻¹ del extracto etanólico de *Raphanus raphanistrum* L. lograron repelencia del 76% y mortalidad de 56%; además de observar una significativa reducción de la oviposición del insecto.

Dada la efectividad mostrada, la evaluación de este tipo de productos se ha generalizado al control de plagas de la mayoría de los cultivos de importancia económica. Granados (2010) indica una mortalidad en ninfas y adultos del insecto *Bactericera cockerelli* Sulc del 100 y 90%, respectivamente, al ser tratadas con extractos acuosos y etanólicos de *Azadirachta indica*, *Ambrosia artemisiifolia* L., *Raphanus raphanistrum*, *Ricinus communis* L. y aceite de *Tagetes filifolia*, en concentraciones promedio de 200 mg mL⁻¹. Por su parte, Palma y Serrano (1997)

demonstraron la actividad de ciertas especies vegetales en el manejo de insectos al obtener una influencia significativa del uso de cinco especies (*Mammea americana* L., *Melia azedarach*, *Myroxylon balsamun* (L.) Harms, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth y *Cestrum nocturnum* L.), de 38 evaluadas, en el control del picudo del chile (*Anthonomus eugenii* Cano, 1894).

2.2.2 Plagas de granos almacenados

Además de ser aplicadas de manera directa sobre plagas de cultivos en pie, diversas especies también se han evaluado en el control de insectos que afectan productos en post cosecha, en lo particular granos almacenados. Por ejemplo, Nava *et al.* (2010), al evaluar el efecto del extracto acuoso de *Bacharis glutinosa* Pers., *Eucalyptus globulus* Labill. y *Melia azedarach* en la supervivencia y emergencia de adultos del gorgojo pardo del frijol (*Acanthoscelides obtectus* Say, 1831) encontraron una efectividad significativa de éstos al provocar una mortalidad superior al 30% y porcentajes de inhibición de emergencia de adultos mayores al 50%. De igual forma, Olivero *et al.* (2009), determinaron la actividad repelente del aceite esencial de *Lippia organoides* Kunth, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck y *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle sobre *Tribolium castaneum* Herbst, 1797, una de las principales plagas de cereales y productos almacenados, encontrando repelencias del 94 (*L. organoides*) y 96% (*C. nardus*), porcentajes similares al producto comercial utilizado en su manejo. Resultados que también coinciden con los obtenidos por Atwal y Sandhu (1970, citado por Esquinca, 1994), quienes al aplicar polvo al 2% de semilla de nim (*Azadirachta indica* A. Juss) en mezcla con trigo (*Triticum aestivum* L.) lograron controlar el insecto por más de dos meses.

Sanabria y Ramírez (2013), por su parte, informan un efecto tóxico del polvo de semillas de *Chenopodium ambrosioides* L. sobre adultos de *Callosobruchus maculatus* Fabricius, 1775, plaga de semillas de poroto (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), donde concentraciones al 2 y 4% aniquilaron al 78.85% de la población. Observaciones parecidas a las registradas por Silva *et al.* (2005), quienes observan porcentajes de mortalidad del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky,

1855, de hasta un 98.8 y 90.1% con los polvos de *Chenopodium ambrosioides* y *Peumus boldus* Molina, de manera respectiva. Por su parte Iannacone *et al.* (2005) al emplear polvos y extractos acuosos de *Coriandrum sativum* L., *Caesalpinia spinosa* (Feuillee ex Molina) Kuntze, *Bidens pilosa* L. y *Sambucus peruviana* Kunth lograron obtener para los primeros, porcentajes de mortalidad del 25% para *S. zeamais* y 15% para *S. paniceum*, resultados poco significativos desde el punto de vista práctico pero que como antecedente sientan buenas bases para continuar con esta línea de investigación.

2.2.3 Plagas pecuarias

Aun cuando el uso de productos a base de plantas se ha enfocado en su mayoría en el ámbito agrícola, su empleo se ha generalizado a otras áreas. Uno de ellos es el manejo de plagas pecuarias, al destacar por el número de artículos publicados sobre el estudio de los insectos ectoparásitos del ganado bovino, principalmente en lo referente al control de *Boophilus microplus* Canestrini, 1888 (Acari: Ixodidae), ácaro cuya presencia en el ganado vacuno infiere significativamente en el detrimento de la salud y producción del animal (Athayde *et al.*, 2001).

En relación a lo anterior Forti *et al.* (2009), al evaluar el efecto insecticida del extracto alcohólico al 1% de *Annona muricata* L., *Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L.M. Perry, *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf y *Azadirachta indica*, encontraron una reducción total de emergencia de larvas provenientes de madres tratadas y mortalidad del 100% con el extracto de *A. muricata*. Resultados coincidentes a los registrados por Castillo (2011) quien, al emplear extractos etanólicos de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC., *Brugmansia Sanguinea* (Ruiz & Pav.) D. Don, *Verbena litoralis* Kunth y *Nicotiana tabacum* L., observó porcentajes de mortalidad similares. Por su parte, García (2011) evaluó la mortalidad observada en el ácaro tras ser tratado con extractos crudos y aceites esenciales de ocho especies de plantas obteniendo solamente un 38.2 y 29.4% de mortalidad con los aceites

esenciales de *Piper crassinervium* Kunth y *Piper aequale* Vahl, respectivamente, mientras que con los extractos crudos solo se obtuvieron un 9.3 y 7.3%.

Otros autores han explorado la manera de controlar a *B. microplus* de manera natural. Así, Rosado *et al.* (2008) utilizando extractos crudos de hojas y corteza de *Diospyros anisandra* S.F. Blake, develaron el potencial de estas como larvicida al presentarse con éstas una mortalidad del 84.91 y 79.24%. Por su parte, Álvarez *et al.* (2008) al usar extractos polares y no polares de 10 especies de plantas sobre el mismo insecto, establecieron la efectividad toxica, inhibitoria de la oviposición de *Zyzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M. Perry, *Morus alba* L., *Piper nigrum* L.) y la mezcla de *Allium sativum* L. con *Z. aromaticum*.

Aun cuando la mayoría de los ensayos científicos se han centrado en insectos incidentes en los cultivos agrícolas, la evaluación pertinente de los extractos en el control de otras especies también se ha hecho patente. Por ejemplo, Aparecido *et al.* (2010), evaluaron y confirmaron la efectividad del aceite esencial de *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle y *Eucaliptus citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson, para aniquilar las poblaciones de *Anocentor nitens* Neumann, 1897. Ramírez *et al.* (2009), por su parte, reafirmaron el conocimiento popular del uso de algunos extractos en el control de la mosca de los cuernos (*Haematobia irritans* Linnaeus, 1758), al encontrar un excelente efecto tóxico de los extractos acuosos de cinco especies de plantas, en las que destacan por el mayor porcentaje de mortalidad el extracto a base de hojas de *Nicotiana tabacum* L., mientras que Iriarte *et al.* (2013) hizo lo mismo al determinar el efecto repelente de cuatro especies de gramíneas (*Melinis minutiflora* P. Beauv., *Andropogon gayanus* Kunth, *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf y *Cenchrus ciliaris* L) sobre larvas de la garrapata *Amblyomma cajennense* Fabricius, 1787 encontrando excelente respuesta con *M. minutiflora*.

2.2.4 Fitopatógenos

Al igual que en el control de plagas insectiles, el uso de productos a base de plantas como medio de control natural sobre microorganismos es algo que se ha

generalizado a través del tiempo. Su capacidad para combatir y regular el crecimiento de cepas de diversos organismos y fungir a la vez como un recurso de bajo impacto ambiental, le ha conferido a este campo de investigación una extraordinaria justificación para su desarrollo.

Gran parte de los ensayos publicados hasta la fecha se han enfocado en la protección de productos hortícolas y frutales, encontrando en el combate de microorganismos como bacterias y hongos un campo fecundo. Stauffer *et al.* (2000), evaluaron un total de 98 extractos acuosos sobre 10 especies de microorganismos (bacterias y hongos) presentes en diversos cultivos. Tras un período de 48 horas postratamiento se encontró un efecto inhibitorio de crecimiento con nueve plantas, en lo particular en el control de la bacteria *Xanthomonas campestris pv. campestris* (Pammel) Dowson (Xcc). Rodríguez *et al.* (2000) midieron el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial de cuatro hongos fitopatógenos (*Stemphylium solani* G.F. Weber, *Fusarium oxysporium* var. *lycopersicum* (Sacc.) W.C. Snyder & H.N. Hans, *Pyricularia grisea* (Cooke Sacc.) y *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae* (Breda de Haan) Tucker) después de la inoculación del medio de cultivo con el extracto hidroalcohólico de tres especies vegetales (*Acacia farnesiana* (L.) Willd., *Parthenium hysterophorus* L. y *Pluchea carolinensis* (Jacq.) G. Don); sólo registran respuesta inhibitoria de las tres plantas sobre *P. grisea* y *P. parasitica* var. *nicotianae*.

En un trabajo similar Tequida *et al.* (2002) probaron el efecto de 14 especies de plantas en la inhibición del crecimiento de seis especies de hongos (*Aspergillus flavus* Link: Fr., *Aspergillus niger* P.E.L. van Tieghem, *Penicillium chrysogenum* Thom 1910, *Penicillium expansum* Link, *Fusarium poae* (Peck) Wollenw y *Fusarium moniliforme* Sheldon) donde encontraron que el extracto etanólico y metanólico de *Larrea tridentata* (DC.) Coville inhibió en 41.5 y 100%, respectivamente, el crecimiento micelial. Velazquez *et al.* (2006), por su parte reportan resultados similares con extracto metanólico, diclorometánico e hidroalcohólico de semillas de moringa (*Moringa oleífera* Lam.) en el crecimiento micelial, esporulación, diámetro y germinación de esporas del hongo *Rizophus stolonifer* (Ehrenb.:Fr.) Vuill. Moo-Koh *et*

al. (2014) al evaluar el efecto *in vitro* del extracto acuoso de la planta *Bonellia flammaea* (Millsp. ex Mez) B. Ståhl & Källersjö sobre siete hongos fitopatógenos, encontraron un efecto inhibitorio del crecimiento micelial (20 – 100%) con las especies evaluadas; además una reducción de hasta un 100% en la esporulación y germinación de los conidios.

Otros autores se han destacado por explorar el potencial de las plantas en el control de fitopatógenos. Por ejemplo, se han evaluado los extractos etanólicos de hojas de *Lippia organoides* Kunth e *Heliotropium indicum* L. contra el hongo *Colletotrichum gloesporioides* (Penz.) Penz. y Sacc. (Bolívar *et al.*, 2009); Extractos de fresas en el control de *Botrytis cinerea* Pers.:Fr. (Álvarez, 2012). La especie *Thymus vulgaris* L. sobre *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum* Schldt y *Sclerotinia sclerotorum* (Lib.) de Bary, (1884) (Lizcano, 2007); *Datura stramonium* L. contra *Ramularia cercosporelloides* U. Braun & Crous (Quintana *et al.*, 2010).

2.2.5 Plagas sobre humanos

Aunado a los organismos mencionados en los apartados anteriores, existen otros tipos de plagas cuya presencia en la vida cotidiana del humano implica una atención inmediata, máxime sobre aquellos insectos cuya asociación con cierto tipo de microorganismos juegan un papel de importancia en la salud pública. Si bien este campo ha sido relativamente poco desarrollado, la investigación al respecto ha ido ganando adeptos a través de los años.

Bajo esta primicia diversos autores han dedicado su tiempo a estudiar los efectos producidos por ciertas especies vegetales en insectos de la familia Culicidae (mosquitos). Parra *et al.* (2007) registraron la mortalidad observada al aplicar el extracto etanólico de *Annona muricata* L., *Melia azedarach* y *Ricinus communis* L. sobre el mosquito *Aedes aegypti* L. 1762, e informan una respuesta positiva sobre las larvas en solo 24 h de aplicado el tratamiento, con una CL₅₀ de 860 ppm con la solución de *R. communis*. Estos resultados se asemejan a los observados por Leyva *et al.* (2009) quienes al tratar al mismo insecto con el aceite esencial de *Piper auritum*

Kunth, *Pimenta racemosa* (Mill.) J.W. Moore, *Chenopodium ambrosioides* L. y *Piper aduncum* L., encuentran una correspondencia alta entre las concentraciones utilizadas y la mortalidad producida.

Otras especies de Culícidos también han sido sometidas a evaluación con referencia a los extractos vegetales. Por ejemplo, Bobadilla *et al.* (2002), registraron actividad larvica sobre individuos del cuarto estadio de *Anopheles* sp. al utilizar el extracto etanólico de *Annona cherimola* Mill y *Annona muricata* L. a dosis relativamente bajas de 1.2 y 0.8 mL/100 mL, de manera respectiva. Por su parte Pérez *et al.* (2004), evaluaron la respuesta mostrada por el mosquito *Culex quinquefasciatus* Say, 1823 al ser tratado con el extracto de 51 especies, 39 de ellas como extractos acuosos, tres como extractos acetónicos, ocho como aceites y 11 esencias vegetales; los resultados indican la toxicidad del extracto acuoso de *Annona squamosa* L., *Acacia farnesiana* (L.) Willd. y *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., siendo superados solo por el extracto acetónico de semillas de *A. squamosa* (10 – 100%) y el de las esencias con 100% de mortalidad.

Si bien los estudios se han centrado en gran parte al control de los organismos vectores, de igual forma se ha empezado a experimentar con el manejo *in vitro* de los microorganismos implicados en diversas enfermedades; un campo quizá menos explorado pero cuyos antecedentes muestran un panorama promisorio. De esta forma, Rojas *et al.* (2012) informaron el efecto bactericida del extracto etanólico de la hojas de nim (*Azadirachta indica*) con concentraciones de 25 ppm sobre *Enterococcus faecalis* (Andrewes and Horder, 1906) Schleifer and Kilpper-Bälz, 1984; *Escherichia coli* (Migula, 1895) Castellani and Chalmers, 1919; *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter, 1872) Migula, 1900; *Burkholderia glumae* (Kurita and Tabei, 1967) Urakami *et al.*, 1994 y *Klebsiella oxytoca* (ATCC 43863 y ATCC 43086), en lo particular, en aquellas con mayor patogenicidad en el humano.

Lizcano y Vergara (2008), evaluaron la efectividad de los extractos etanólicos y aceites vegetales de *Valeriana pilosa* Ruiz & Pav., *Hesperomeles ferruginea* (Pers.)

Benth., *Myrcianthes rhopaloides* (Kunth) McVaugh y *Passiflora manicata* (Juss.) Pers en el control microbiano de *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* (Ehrenberg 1835) Cohn 1872, *Staphylococcus aureus* Rosenbach, 1884 y *Candida albicans* (Robin) Berkhout, encontrando una excelente respuesta en todas las especies de microorganismos al emplear el extracto etanólico de *P. manicata*, principalmente sobre *B. subtilis*, mientras que el uso de aceites esenciales solo resultó promisorio la planta de *M. rhopaloides* frente a *C. albicans*. Álvarez *et al.* (2005), probaron el efecto *in vitro* de los extractos etanólicos de *Phenax rugosus* (Poir.) Wedd. y *Baccharis trinervis* Pers sobre tres especies de hongos (*Trichophyton rubrum* Malmsten, 1845, *Trichophyton mentragrophytes* y *Candida albicans* (Robin) Berkhout) encontrando una excelente respuesta con ambas plantas en el control de los dos primeros hongos a dosis de 150 mg/mL, no así sobre *C. albicans* donde no se presentó respuesta positiva ni siquiera al ser tratada con la dosis más alta (1000 mg/mL). Contrario a ello, Bata (2014) al utilizar extractos metanólicos y acuosos de diversas estructuras de la flor de colorín (*Erythrina americana* Mill.) como método de control de *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* (Loeffler, 1892) Castellani & Chalmers, 1919, *Streptococcus mutans* Clarke, 1924, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae* (Klein, 1884) Chester, 1901, *Micrococcus luteus* (Schroeter, 1872) Cohn, 1872 emend. Wieser *et al.*, 2002 y *Listeria monocytogenes* (Murray *et al.*, 1926) Pirie, 1940, encontró un porcentaje bajo de inhibición del crecimiento, aunque se observó un incremento positivo respecto a la dosis, además de presentarse una mejor respuesta sobre el grupo de bacterias Gram positivas.

Por su parte, Velásquez (2007) observó la respuesta mostrada por *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Enterococcus faecalis*, al ser tratadas con los extractos acuosos, etanólicos, etéreos y diclorometánicos de las especies vegetales *Rumex palustris* Sm., *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.) Pers., *Franseria artemisioides* Willd., *Piper asperifolium* Ruiz & Pav y *Cestrum parqui* L'Hér.); los resultados destacan la efectividad del extracto diclorometánico de *R. palustris* y *F. artemisioides* para inhibir el crecimiento de las especies de bacterias *S. aureus* y *E. faecalis*.

2.3 Familia Meliaceae

2.3.1 Taxonomía y Descripción botánica

La familia Meliaceae es un grupo de plantas dicotiledóneas miembros del orden Sapindales (Cronquist, 1992). Se caracteriza por poseer hábito de crecimiento arbóreo o arbustivo con hojas alternas, estipuladas y en su mayoría pinnadas. Poseen flores bisexuales, rara vez unisexuales, actinomorfas y agrupadas en panículas; cáliz y corola usualmente imbricadas con 4 o 5 sépalos y pétalos. Estambres en grupos de 5, 8 o 10, por lo general unidos dentro de un tubo. Ovario libre con 2 o 5 lóculos. Fruto capsular, rara vez drupáceo. Semillas por lo común aladas y en algunos casos con endospermo carnoso (Lawrence, 1951; Shreve y Wiggins, 1964).

2.3.2 Distribución e importancia económica

Los miembros de la familia Meliaceae se distribuyen de manera amplia en zonas tropicales y subtropicales del mundo, pero puede encontrarse de igual forma en regiones templadas (Lawrence, 1951; Calderón y German, 1993). Con un número aproximado a los 50 géneros y 800 especies (Lawrence, 1951), son plantas de apreciado valor comercial en la industria maderera, en la que destacan, por su calidad, especies como *Swietenia macrophylla* King (caoba) y *Cedrela odorata* L. (Cedro rojo) (Calderón y Germán, 1993). Si bien su explotación principal se centra en esta actividad y la ornamentación, en los últimos años su empleo se ha visto diversificado a otras áreas como la farmacología y el control de plagas agrícolas (Varela, 2010). En este sentido, sobresalen, por su importancia los géneros *Azadirachta*, *Guarea*, *Trichillia*, *Melia*, *Cedrela*, *Swietenia*, *Cabralea*, *Carapa*, *Ruagea* y *Schmardaea* (Pennington, 2009).

2.3.3 Especies evaluadas

2.3.3.1 *Swietenia humilis* Zucc. 1835

2.3.3.1.1 Descripción botánica

Swietenia humilis es una planta con hábito de crecimiento arbóreo. Puede alcanzar alturas superiores a los 10 m. Posee hojas glabras imparipinadas con 2 a 5 pares por pieza y con forma elíptica-lanceolada o elíptica-ovada. Tiene flores con pétalos blancos de casi 5 mm de longitud. Su fruto es una cápsula que mide de 15-20 cm x 10-12 cm. Las semillas tienen una prolongación alar que alcanza los 9 cm (Lawrence, 1951; Shreve y Wiggins, 1964).

2.3.3.1.2 Distribución

En México al árbol de *S. humilis* se le conoce con el nombre común de “flor de venadillo”, “cóbano”, “caoba”, “gateado” “zopilote” o “caobilla”. Es una especie con distribución dispersa y aislada en toda la región del Pacífico Mexicano. Es nativa de Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua y Panamá. Su hábitat se establece sobre vegetación del bosque seco caducifolio, sabana, laderas rocosas y campos cultivados (IUCN, 2015).

2.3.3.1.3 Usos e importancia económica

Con respecto a su uso, aun cuando su madera es empleada en trabajos de carpintería locales, su importancia maderable llega a ser poco significativa, por lo que su principal contribución es de tipo ecológica. Se tienen además informes acerca del uso terapéutico de la semilla en el tratamiento de dolores de pecho, tos, cáncer y amibiasis. Sin embargo estas propiedades no han sido sustentadas con estudios científicos (Orwa, 2009).

2.3.3.1.4 Actividad biológica

Diversos estudios se han realizado con la finalidad de explorar las propiedades de esta especie como alternativa de manejo de natural de plagas y enfermedades. En el ámbito agropecuario, su uso se ha encaminado al empleo

directo de sus derivados (polvos, extractos) y en el aislamiento de las sustancias activas (humilínolides, principalmente), generándose con ello nueva información respecto al potencial de esta especie como medida de control alternativa de plagas agrícolas, incentivando a la vez más investigaciones. Al respecto, Segura y Correa *et al.* (1993) reportan que los extractos de hojas de *S. humilis* inhibieron el crecimiento (concentración efectiva al 50%, EC50 = 100 ppm) y alimentación (EC50 = 23 ppm) de larvas de gusano trozador *Peridroma saucia* Hübner. El análisis fitoquímico del extracto de semillas reveló la presencia de siete limonoides, incluidos los humilínolidos A-D (Okorie y Taylor, 1970; Segura-Correa *et al.*, 1993; Zorofchian *et al.* 2013). De igual forma Jiménez *et al.* (1997) al estudiar el efecto insecticida de los humilínolidos A-D, a 50 ppm, incorporados en la dieta, contra *Ostrinia nubilalis* Hübner, 1796, demostraron que éstos compuestos activos causaron mortalidad larval así como reducción en el crecimiento e incremento en el tiempo de desarrollo, en una manera dependiente de la concentración.

Champagne (1989), evaluó el efecto producido por el extracto metanólico del follaje de esta y 30 especies más de meliáceas en el crecimiento y la alimentación del mismo insecto (*P. saucia*), obteniendo resultados positivos en la supresión de la actividad mostrada por cada una de ellas. Por su parte, Segura *et al.* (1993) comprobaron la capacidad del extracto metanólico de la semilla de *S. humilis* para inhibir el crecimiento y la alimentación de las larvas de tercer instar del gorgojo harinero *Tenebrio molitor* L., 1758, además de afectar junto a los humilínolidos A, B y C en el crecimiento radicular de las especies vegetales *Amaranthus bypochondriacus* L. y *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. Situación similar a la informada posteriormente por Angulo (2003), quien determinó la actividad de esta planta y el formulado a base de nim en el control del gusano soldado (plaga del grano de garbanzo) y mosquita blanca (vector de virus en tomate) al registrarse una disminución de la incidencia viral en plantas de tomate y menor daño de los granos de garbanzo. Por su parte Zanábrega *et al.* (2007), demostraron la actividad disuasiva del extracto acuoso de esta y dos especies vegetales más en la alimentación de la hormiga arriera (*Atta mexicana* Smith, 1858).

En el campo microbiológico, Angulo *et al.* (2009), demostraron la efectividad del extracto metanólico de las semillas de venadillo en la reducción del crecimiento micelial y esporulación del hongo *Rizhopus stolonifer* Ehrenb. (Ex Fr.) Lind., además de inducir la modificación de sus estructuras germinativas. Situación coincidente con los indicado por Garduño (2009) al encontrar una excelente respuesta antifúngica e inhibitoria del crecimiento micelial del hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *gladioli* (Massey) Snyder y Hansen.

Si bien el empleo directo de los extractos ha mostrado excelentes resultados, el aislamiento y uso de los componentes activos también ha entrado en juego, de manera específica en la búsqueda de poder replicar de manera artificial su modo de acción. En este sentido, autores como Jiménez *et al.* (1997, 1998) testearon la efectividad de cuatro limonoides humilínolides (A-D-E-F) sobre la inhibición del crecimiento de larvas y la mortandad de adultos del barrenador europeo del maíz (*Ostrinia nubilalis* Hbn., 1796), obteniendo en ambas etapas de desarrollo una significativa disminución en el crecimiento y supervivencia. Situación similar a la mostrada en el control de *Sitophilus oryzae* Linnaeus, 1763, al utilizar los humilínolides C-D (Omar *et al.*, 2007).

Respecto al uso de *S. humilis* en medicina, y aun cuando existen afirmaciones respecto a su uso de *S. humilis* en el tratamiento de ciertas enfermedades (Camacho *et al.*, 2003; Rico *et al.*, 2014), lo cierto es que la literatura en relación al tema es escasa y con poco respaldo científico (Alonso *et al.*, 2011). De los pocos estudios destaca el efectuado por Rojas *et al.* (2011) quienes mediante un estudio clínico lograron registrar disminución de los niveles de azúcar en la sangre (73.53%) de pacientes diabéticos hiperglucémicos, lo cual representa, según sus autores, una excelente pauta para el futuro desarrollo farmacológico de esta planta. Rico *et al.* (2014), por su parte, evidenciaron, en ratones, el potencial del extracto etanólico de su semilla como antinociceptivo y espasmolítico, con la finalidad de en un futuro migrar su aplicación a estudios con humanos. Con objetivos similares, López *et al.* (2007), documentaron el efecto inhibitorio del extracto etanólico de semillas de *S.*

humilis en el control de las bacterias *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, además de reducir las concentraciones del bacteriófago P22.

2.3.3.2 *Azadirachta indica* A. Juss.

2.3.3.2.1 Descripción botánica

La especie *A. indica* es una planta arbórea con corteza fisurada y rugosa de color marrón oscuro cuya talla puede alcanzar los 15 m de altura. El follaje está constituido por hojas compuestas e imparipinnadas de entre 5-15 foliolos dispuestos de manera alterna; las láminas son estrechas, lanceoladas miden 6 cm de largo. Sus flores, abundantes y aromáticas, son del tipo panicular con disposición axilar; de manera individual cáliz y corola se encuentran compuestos de cinco lóbulos, redondeados y de color verde pálido para el primero, y blancos, oblongos y redondeados de 0.5 cm de largo para el segundo; posee 10 estambres unidos en un tubo. Su fruto, una drupa, de color amarillo verdoso cuando maduro y puede medir hasta 2 cm de largo. Su semilla es de forma elíptica y una vez seca expide un fuerte olor parecido al ajo.

2.3.3.2.2 Distribución

A. indica es originaria del continente asiático, de manera particular la India y Burma (hoy Myanmar), en la actualidad se encuentra distribuida de manera amplia en más de 72 países en el mundo, incluidos varios países de América (Ogbuewu *et al.*, 2011; Hashmat *et al.*, 2012). Su mejor desarrollo en regiones con precipitación de 450 a 1200 mm y en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 1500 msnm (Parrotta y Chaturvedi, 1994).

2.3.3.2.3 Usos e importancia económica

Aun cuando *A. indica* posee poca importancia económica en los países dónde fue introducida (principalmente ornamental, reforestación y como barreras rompevientos en campo agrícolas), en países de Asia y África su cultivo se ha generalizado como fuente de combustible (leña) con alto valor calórico (Chaturvedi, 1985). Sus frutos, semillas, aceites, hojas, raíces y corteza se han empleado de

manera efectiva en el tratamiento de diversas afecciones (Parrotta y Chaturvedi, 1994; Hashmat *et al.*, 2012). Además de que su aceite es base en la elaboración de cosméticos, lubricantes y ceras y, posee gran potencial como elemento espermaticida (Parrota y Chaturvedi, 1994).

2.3.3.2.4 Actividad biológica

Dentro de los principales usos que a esta planta se le atribuyen se encuentra su empleo como fuente natural de insecticidas debido a que es rica en triterpenoides y alcaloides concentrados en su corteza, hojas, frutos y semillas, dentro de los que sobresalen por su efectividad la azadiractina, salanina, meliantrol, nimbina y nimbidina (Schmutterer 1990; Osuna, 2005); productos cuya presencia juega un importante papel en la regulación de las funciones vitales de más de 400 insectos (Mareggiani, 2001) al incidir en la irrupción de su desarrollo, repelencia, inhibición de oviposición y alimentación, esterilización y mortalidad (Mareggiani, 2001; Osuna, 2005).

Diversos autores han validado la veracidad de la información vertida respecto a esta y han llegado a la conclusión de la importancia que esta planta guarda para el control de una gran variedad de plagas agrícolas. Por ejemplo, Esquinca (1994) evaluó el efecto del polvo de hojas de nim en la actividad biológica de *Tribolium castaneum* Herbst, 1797 y obtuvo una disminución media del 77.4 % en la emergencia de adultos proveniente de inmaduros tratados con el polvo a una concentración mínima del 2% y máxima del 6%. En contraposición, Trinidad y Gaona (2011), por su parte, encontraron un efecto tóxico sobre el brúquido *Callosobruchus maculatus* Fabricius, 1775 a partir de dosis del 4%. Situación similar a lo observado por Sabillón y Bustamante (1995) quienes registraron una disminución del daño causado por mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius, 1889) y larvas de *Spodoptera* sp., sobre plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tratadas con el extracto acuoso de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.), atribuyendo dicha respuesta a una probable actividad repelente del extracto al no haber individuos muertos en el experimento. De igual forma Arcos (1999), pudo observar un efecto inhibitorio de la

alimentación del aceite de nim en la termita de madera *Incisitermes marginipennis* Latreille, 1811.

Aun cuando todas las estructuras del árbol contienen en menor o mayor medida componentes activos, lo cierto es que la mayor concentración se encuentra en su semilla (Osuna, 2005), y donde destaca la azadiractina como el compuesto activo mayoritario (Castillo *et al.*, 2010). Bajo este antecedente un gran número de investigaciones se han conducido por esta línea. Por ejemplo, Castiglioni *et al.* (2002), obtuvieron una significativa reducción de la supervivencia del ácaro *Tetranychus urticae* Koch al ser expuesto al extracto acuoso y aceite de hojas, ramas y semillas de nim. Ramos *et al.* (2009), de igual forma, registraron mortalidad larval de *Spodoptera frugiperda* superior al 81% con concentraciones a partir de 640 ppm y mortalidad pupal máxima del 66.7%; además de prolongar la duración de la fase larval y pupal, disuadir la alimentación. Resultados similares a los obtenidos por Velázquez (2006) con el mismo insecto, quien al utilizar semillas molidas observó en las plantas un porcentaje de daño estadísticamente similar (36.6%) al mostrado por el producto químico utilizado como control (23.2%). Por su parte, Esparza *et al.* (2010) mostraron un efecto tóxico contundente del extracto metanólico de sus semillas sobre el pulgón *Aphis gossypii* Glover, 1877. Mientras que Valencia *et al.* (2004) pudieron apreciar un efecto repelente de la oviposición de la mosca mexicana de la fruta (*Anastrepha ludens* Loew.) al ser tratadas con los extractos acuosos de semillas de nim a una concentración de 3 y 5%. De igual forma, Villamil *et al.* (2012) describieron como el uso de extractos etanólicos de este elemento a una concentración de 250 ppm modificó el desarrollo de las ninfas de la chinche de los pastos (*Collaria scenica* Stal, 1859) al presentarse una disminución del número de exuvias y adultos al final del experimento, reduciendo además la emergencia o viabilidad en un 97%.

En el ámbito microbiológico la efectividad de esta especie de igual forma ha sido sometida a evaluación. Ashraf y Javaid (2007) encontraron una reducción (85%) en la biomasa del hongo *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid., (1947) al ser

tratado con el extracto etanólico de las hojas de nim. Fernández y González (2008) examinaron la respuesta mostrada por tres hongos fitopatógenos (*Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium oxysporum* y *Fusarium roseum* (Link) Snyder & Hansen) al extracto etanólico foliar y su fracción diclorometánica, encontrando una actividad antifúngica del 78.02% para la primera y del 88.35% para la segunda. Por su parte Ferreira *et al.* (2010), al evaluar la efectividad del aceite de nim a concentraciones de 0.25, 0.5 y 1% sobre *Fusarium oxysporum* sp. *medicagenis* W.C. Snyder & H.N. Hansen, (1940) y *F. subglutinans*, encontraron una relación directa entre la concentración aplicada y la reducción de la esporulación, del diámetro y peso seco de las colonias, la modificación del patrón de germinación de las esporas y la inhibición de la secreción de ácido fusárico. Mientras que Donoso (1998), demostró la acción inhibitoria de los extractos metanólicos y aceites de la semilla de nim sobre el crecimiento de los hongos *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Sclerotinia sclerotiorum* y *Alternaria alternata* (Fries) Keissler.

2.3.3.3 *Melia azedarach* L. 1753

2.3.3.3.1 Descripción botánica

De acuerdo con Rzedowski y Germán (1993), la especie *M. azedarach* es un árbol de más de 15 m de altura y 40 cm de diámetro. Posee hojas por lo general bipinnadas con foliolos numerosos y con láminas dentadas; longitud aproximada de 20-50 cm desde la base del peciolo al ápice. Flores paniculadas de crecimiento axilar y de color rosado o lila, laxas, de 10 a 20 cm de largo, pedicelos finos de 1.5 mm de largo; sépalos y pétalos compuestos de cinco piezas; filamentos unidos dentro de un tubo estaminal morado; ovario 5-locular con estilo de 5 mm de largo. Fruto drupáceo globoso, liso y amarillo de aproximadamente 1.5-2 cm de diámetro. Semillas alargadas de 7 mm de largo, presentes de manera unilocular.

2.3.3.3.2 Distribución

Originaria del Sur y Este de Asia, se encuentra distribuida, de manera amplia, en el continente Americano. Con estatus de especie introducida, en México, se ha registrado su presencia en 23 estados, dónde dependiendo de la región puede

identificársele con nombres como paraíso, piocha, canelo, paraíso morado, lila, paraíso chino, entre otros. De manera natural puede encontrársele en una altitud entre los 300 y 1100 msnm en zonas de vegetación secundaria del bosque tropical subcaducifolio.

2.3.3.3.3 Usos e importancia económica

Especie de rápido crecimiento, ha sido cultivada con fines maderables sin llegar a alcanzar significancia, por lo que su aprovechamiento se ha centrado en el embellecimiento de parques y jardines. Su semilla es utilizada en la confección de pulseras y collares, y en la extracción de cierto tipo de aceites. Se tienen reportes de la efectividad de algunas de sus piezas (corteza, hojas, frutos) en el control de parásitos intestinales, fiebre, vómito, histeria e incluso en el combate de insectos plaga del ganado bovino y equino. Sin embargo, dichas afirmaciones carecen de los elementos necesarios para darles celeridad y no han sido confirmadas.

2.3.3.3.4 Actividad biológica

Son numerosos los estudios sobre la actividad biológica mostrada por *M. azedarach*, Valladares *et al.* (2003) por ejemplo, registraron el efecto disuasivo del extracto de hojas senescentes en la alimentación de seis especies de insectos: *Colias lesbia* F., *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 y *Spilosoma virginica* Fabricius, 1798 con un 75% de inhibición y *Diabrotica speciosa* Germar, 1824, *Epilachna paenulata* Germar, 1824 y *Sitophilus oryzae* Linnaeus, 1763 con 100%; asimismo observan un efecto tóxico significativo en las larvas y adultos de *E. paenulata*. En otro estudio, se registra una mortalidad del 77 y 73% de la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830 al utilizar el extracto etanólico y acuoso, de frutos inmaduros, de manera respectiva Huerta *et al.* (2008). Por su parte, Serra *et al.* (1998), demostraron el excelente control de los extractos metanólicos de frutos y semillas en la inhibición de la alimentación de las larvas de *Sesamia nonagrioides* (Lefèbvre, 1827) al usar la concentración de semillas a 1000 ppm. Mismo efecto al informado por Ortíz *et al.* (2008) en larvas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) al incorporar en la dieta el extracto hidroxibenzoico de los frutos secos de esta

planta, oscilando el porcentaje de reducción alimenticio en un 83.3% al segundo día de aplicado el extracto. Rosseti *et al.* (2008) por su parte mostraron como las larvas de *Spodoptera eridiana* (Cramer, 1782) reducen su consumo verse expuesta a alimento previamente tratados con el extracto etanólico de hojas senescentes y frutos maduros de *M. azedarach*, además de presentar un aparente efecto inhibitor de su transición al estado pupal. Nardo *et al.* (1997), observaron la respuesta mostrada por *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) al ser alimentadas con hojas de frijol tratadas con el extracto acuoso de hojas y frutos maduros, registrando una clara interferencia del tratamiento en el desarrollo y la longevidad de los estados inmaduros del insecto, además de una marcada inhibición de la alimentación. Brunherotto y Vendramim (2001), evaluaron la influencia del extracto acuoso de paraíso al 5%, en la supervivencia, peso y actividad larval y pupal de *Tuta absoluta* (Meyrick). Resultados similares a los encontrados por Banchio *et al.* (2003), quienes al probar el efecto de los extractos sobre larvas de primer y tercer instar encontraron un efecto negativo en la supervivencia pupal, así como la disminución en las tasas de oviposición e inhibición de su alimentación.

Por su parte, Gajmer *et al.* (2002) evaluaron el extracto metanólico de paraíso sobre la oviposición y viabilidad de huevos de *Earias vittella* (Fab.) en condiciones de laboratorio, mostrándose una clara preferencia del insecto por ovipositar en las hojas libres de tratamiento y una reducción de estos en la zonas tratada. De igual forma, Lizana (2005), observó efecto biocida al utilizar el extracto etanólico de sus frutos sobre *Drosophila melanogaster* provocando una mortalidad del 77% con concentraciones de 7,500 ppm; además de inducir alteraciones en la reproducción y desarrollo de su descendencia. Respecto con el manejo de plagas de granos almacenados se puede citar el ensayo realizado por Espinoza (2006), quien observó una mortalidad del 84% al utilizar el polvo de hojas en el manejo de *Sitophilus zeamais* en contraste con el 70% obtenido con el empleo de los extractos hexánicos de la misma estructura.

Con relación a su actividad como agente antibiótico, Pérez *et al.* (2011) observaron la actividad del extracto de hojas de *M. azedarach* sobre el hongo *Colletotricum sp.*, encontrando que el uso de extractos etanólicos y de acetato de etilo a concentraciones de 50 ppm ejercen un excelente control antifúngico. Mendez *et al.* (2012), registraron como el empleo de extractos acuosos del fruto de *Melia* en el control del hongo *Elsinoe ampelina* (Shear.) logró reducir casi en su totalidad el crecimiento de su colonia, así como la germinación de esporas. Situación similar a la informada por López y Salas (1995) al emplear extractos acuosos de la semilla en la inhibición de la germinación de las esporas de *Botrytis cinerea* Pers. y *Phragmidium disciflorum* (Tode) J. James, (1895) con un 74 y 90%, de manera respectiva. De igual forma García *et al.* (2012) encontraron un efecto inhibitorio del extracto de paraíso en el crecimiento micelial del hongo *Sclerotinia sclerotium* (Lib.). Por su parte Mendez *et al.* (2009) encontró una respuesta inhibitoria con una concentración del 20% al utilizar el extracto acuoso de esta planta en el crecimiento micelial del hongo *Colletotricum gloesporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. De igual forma Mendes *et al.*, (2014) al utilizar el extracto acuoso por infusión de los frutos registraron una disminución de hasta un 75% en la germinación de las esporas de *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt.).

3. HIPÓTESIS

1. Los extractos etanólicos de las semillas de las meliáceas *Swietenia humilis*, *Azadirachta indica* y *Melia azedarach* muestran toxicidad en adultos y ninfas del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri*.
2. Los extractos etanólicos de las semillas de las meliáceas *S. humilis*, *A. indica* y *M. azedarach* provocan un efecto repelente sobre adultos de *D. citri*.
3. Los extractos etanólicos de las semillas de las meliáceas *S. humilis*, *A. indica* y *M. azedarach* inciden en el comportamiento reproductivo de los adultos hembra de *D. citri*.
4. La toxicidad de los extractos etanólicos de las semillas de nim es mayor a la registrada con *S. humilis* y *M. azedarach*.
5. Los porcentajes de efectividad registrados se encuentran en función de las dosis empleadas para cada uno de los parámetros evaluados.

4. OBJETIVOS

Evaluar en condiciones de laboratorio, la actividad biológica del extracto etanólico de semillas de las meliáceas *Swietenia humilis*, *Azadirachta indica* y *Melia azedarach* sobre adultos y ninfas del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri*.

OBJETIVOS PARTICULARES

- 1) Evaluar la toxicidad de extractos etanólicos de semillas de *S. humilis*, *A. indica* y *M. azedarach* en adultos y ninfas de 3er. instar de *D. citri* en condiciones controladas.
- 2) Determinar la concentración letal media (CL₅₀) de los extractos etanólicos de semillas de las tres meliáceas en adultos y ninfas de tercer instar de *D. citri* en condiciones de laboratorio.
- 3) Evaluar la repelencia de adultos de *D. citri* a través del tiempo al ser tratados con el extracto etanólico de semillas de *S. humilis*, *A. indica* y *M. azedarach* en laboratorio.
- 4) Determinar la concentración de repelencia media (CR₅₀) de los extractos etanólicos de semillas de *S. humilis*, *A. indica* y *M. azedarach* sobre adultos de *D. citri* en condiciones controladas.
- 5) Evaluar el efecto inhibitorio de la oviposición causado por los extractos etanólicos de semillas de *Swietenia humilis*, *Azadirachta indica* y *Melia azedarach* sobre adultos de *Diaphorina citri* en condiciones de invernadero.
- 6) Determinar las concentraciones inhibitorias medias de oviposición (CI₅₀) de los extractos etanólicos de semillas de *S. humilis*, *A. indica* y *M. azedarach* en la en *D. citri*.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Material biológico

5.1.1 Colecta e identificación taxonómica de plantas

Previo a la instauración de los ensayos se procedió a corroborar la identidad botánica de los especímenes. Para ello, se realizó la colecta pertinente siguiendo el protocolo establecido para plantas vasculares. Los sitios se ubicaron en las comunidades del Ejido Taxtes y Campo 4 del municipio de El Fuerte, así como la Ciudad de Los Mochis, Ahome, Sinaloa (Figura 1).

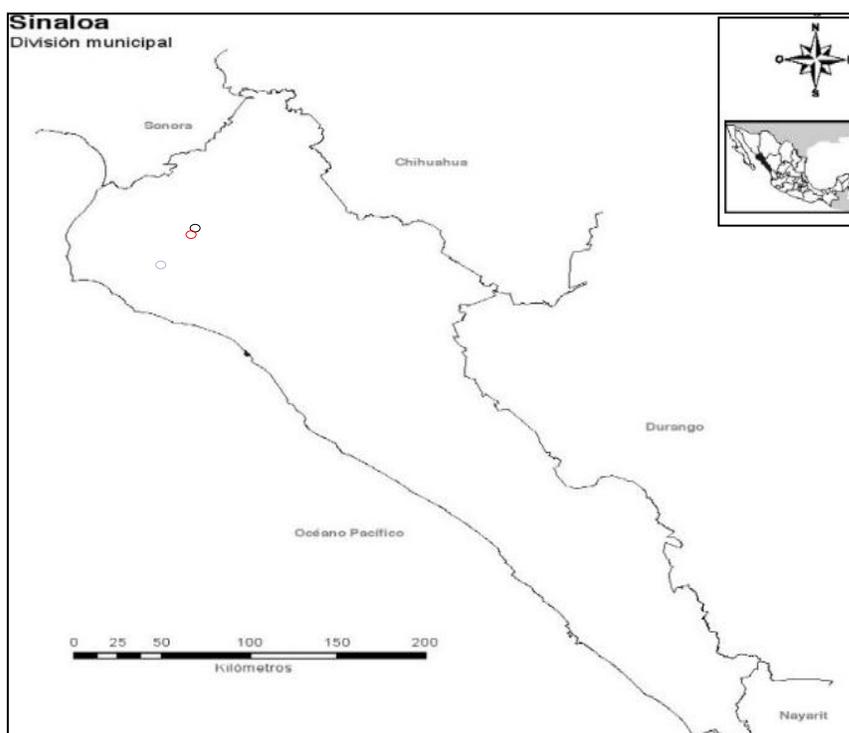


Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo de las plantas evaluadas. Los puntos negro y rojo ubican a las comunidades del Ejido Taxtes y Campo 4, de manera respectiva, que pertenecen al municipio de El Fuerte. El punto azul representa a la Ciudad de Los Mochis, Ahome, Sinaloa.

Las muestras, por triplicado se prensaron y trasladaron al herbario de la UAS donde se secaron y conservaron para su posterior determinación. La identificación taxonómica de los ejemplares estuvo a cargo del personal del herbario Carlos Darwin de la Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte (ESAVF), adscrito a la Universidad Autónoma de Sinaloa y para ello se utilizaron claves taxonómicas de floras regionales y monografías disponibles (Standley, 1920-1922; Shreve y Wiggins,

1964). Confirmada la identidad específica se procedió a la colecta de la estructura vegetal de interés (fruto y semilla). El material obtenido se trasladó al Herbario de la ESAVF para su deshidratación durante dos semanas a temperatura ambiente ($\pm 27^{\circ}\text{C}$) y bajo condiciones de sombreo. En el caso de *Azadirachta indica* (Nim) los frutos se procesaron de manera inmediata para facilitar la extracción y secado de la semilla. El material biológico ya preparado se trasladó al Laboratorio de Insectos Vectores del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México, para la elaboración de los extractos.

5.1.2 Cría de *Diaphorina citri* Kuwayama 1908

Para los diferentes experimentos se utilizaron ninfas de tercer instar y adultos de *D. citri*. Su desarrollo se dio en condiciones de invernadero a una temperatura de $35 \pm 5^{\circ}\text{C}$, fotoperiodo de 12 h y sustrato compuesto de plantas de *Murraya paniculata* (L.) Jack (limonaria, mirto) y *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (pro. sp.) cv. Valencia (naranja) (Figura 2). La cría fue proporcionada por la Dra. Laura Delia Ortega Arenas, responsable del laboratorio de Ecología e Insectos Vectores del Colegio de Postgraduados.



Figura 2. Invernadero del Colegio de Postgraduados Campus Montecillos. a) Nave principal; b y c) Jaulas contenedoras de la cría de *Diaphorina citri*.

5.2 Preparación de los extractos

5.2.1 Concentración madre

Con ayuda de una balanza analítica digital se pesaron y trituraron por separado 10 g de semilla de *Swietenia humilis* Zucc (venadillo), *Azadirachta indica* A. Juss (nim) y *Melia azedarach* L (paraíso). Debido a la dificultad para separar la semilla de esta última se decidió utilizar el fruto completo. El polvo obtenido se vertió en un frasco de vidrio con tapadera y con capacidad de 250 mL para ser mezclado con una solución compuesta por 70 mL de agua destilada, 30 mL de alcohol al 96% y 1 mL de Tween20 al 0.1%. La mezcla obtenida se agitó durante 10 s para homogenizar sus componentes, y posteriormente se dejó reposar por un período de 72 h en un lugar seco a temperatura ambiente y alejada de la radiación lumínica. Al concluir las 72 h, se separó la fase líquida de la sólida y se depositó en un frasco de plástico de 250 mL para constituir la concentración madre al 10% (100 mg mL^{-1}). El proceso se repitió en las dos fases de cada parámetro evaluado y para cada una de las plantas usadas (Figura 3).

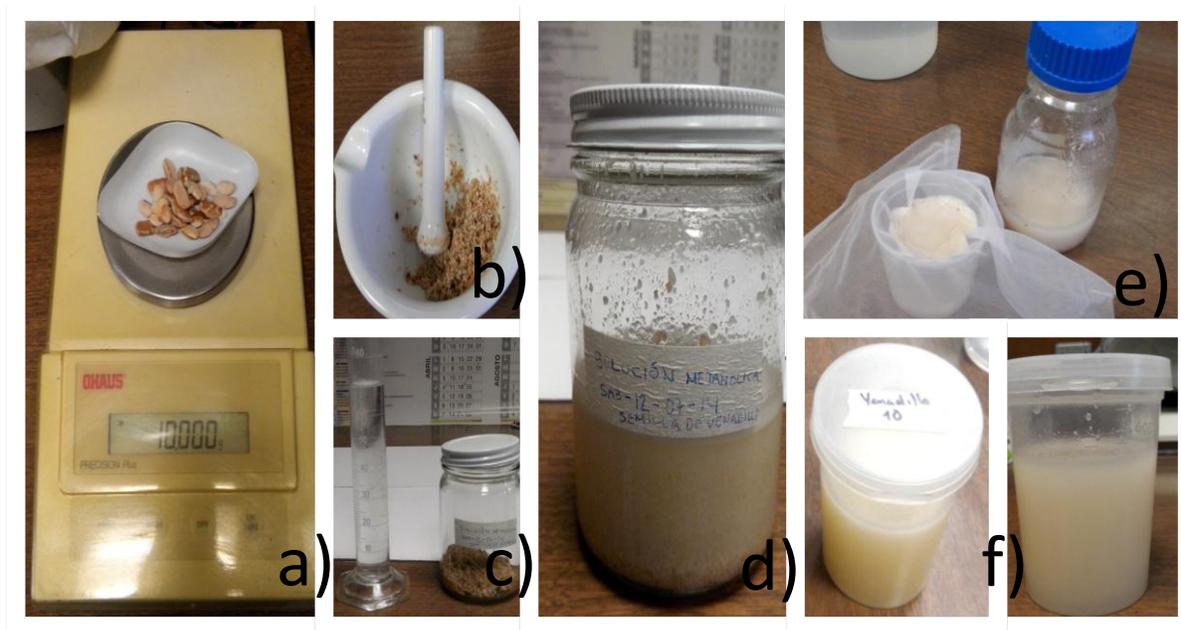


Figura 3. Preparación del extracto etanólico de semilla de *Swietenia humilis* Zucc (venadillo). a) Pesaje de la semilla; b) Macerado de la semilla; c) Preparación de la solución de agua, alcohol y adherente; d) Mezclado del polvo (10 g) y la solución etanólica; e) Separación de la fase líquida de la sólida; f) Solución madre concentrada al 10% (100 mg mL^{-1}).

5.2.2 Preparación de concentraciones prueba

5.2.2.1 Ventana biológica

A partir de extractos etanólicos de semilla de nim, paraíso y venadillo se prepararon soluciones al 10%, de las cuales, por diluciones subsecuentes, se obtuvieron concentraciones de 1 al 0.00001% para detectar las concentraciones con efecto máximo y mínimo de mortalidad, repelencia e inhibición de la oviposición en el intervalo de 0 a 100% (ventana biológica). A cada tratamiento se le agregaron 45 mL de una solución etanólica compuesta de agua destilada, alcohol al 96% y Tween20 al 0.1%, exceptuando al tratamiento al 10% que permaneció intacto y el testigo al que se adicionaron 50 mL. Posteriormente, se tomaron 5 mL de la concentración al 10% y se adicionaron al tratamiento con la concentración inferior inmediata (1%). De esta forma y de manera sucesiva se elaboraron las dosis del 1.0 al 0.00001%.

5.2.2.2 Bioensayos

Concluida la etapa exploratoria se realizó el bioensayo final, para ello se establecieron las concentraciones a evaluar en función de los extractos que mostraron una respuesta positiva. En el caso de mortalidad de ninfas, repelencia e inhibición de oviposición estos fueron establecidos a partir de concentraciones al 10, 6, 4, 2, 1, 0.35 y 0.1% (100, 60, 40, 20, 10, 3.5 y 1 mg mL⁻¹), además del tratamiento testigo. En mortalidad de adultos varió un poco esta escala y se etiquetaron como 10, 6, 2, 0.35, 0.1, 0.035 y 0.01% (100, 60, 20, 3.5, 1, 0.35 y 0.1 mg mL⁻¹), incluyendo un testigo absoluto (Figura 4).

5.3 Bioensayos

5.3.1 Toxicidad en ninfas

Este experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con siete tratamientos y un testigo absoluto. Por cada planta evaluada se utilizaron 600 ninfas de tercer instar distribuidas en cinco repeticiones de 15 individuos cada una. Las ninfas se obtuvieron de brotes tiernos infestados de plantas de *Murraya paniculata*. Como sustrato para el insecto se colectaron 32 hojas tiernas de naranja y se recortaron en discos de cerca de 4.0 cm para ser colocados sobre una solución

solidificada de agar-agar al 1% contenida en cajas Petri del mismo diámetro. Una vez listo el material (concentraciones, material biológico y sustrato) se continuó a la aplicación de los tratamientos. Las dosis empleadas fueron siete: 100, 60, 40, 20, 10, 3.5 y 1 mg mL⁻¹, además del testigo.

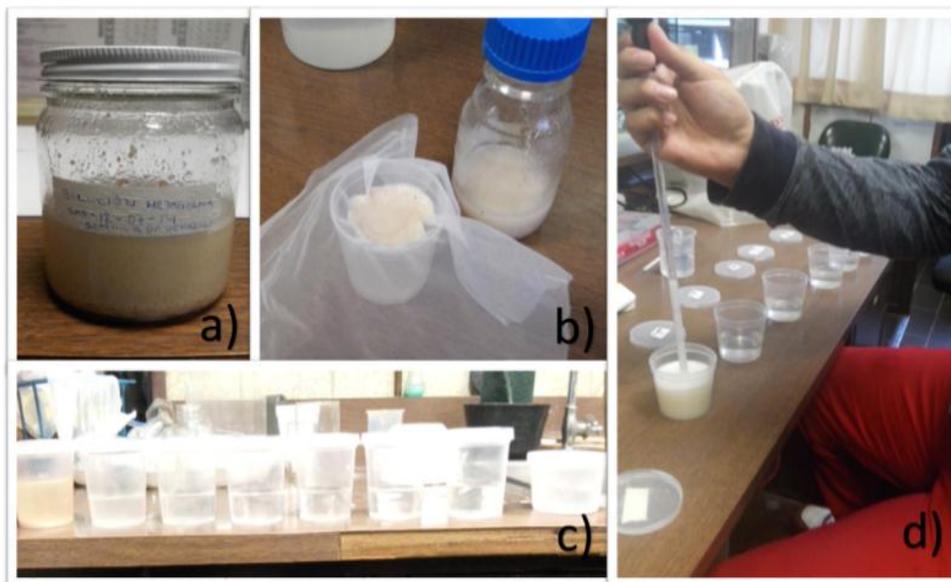


Figura 4. Preparación de los tratamientos para la ventana biológica y bioensayo. a) Extracto de semilla de *Swietenia humilis* Zucc (venadillo), b) Separación de fases, c) Contenedores de la solución base; d) Preparación de las diluciones subsiguientes.

El procedimiento utilizado consistió en sumergir cada disco de hoja de naranja en la concentración correspondiente durante un lapso aproximado de cinco segundos. Para eliminar el exceso del extracto, las hojas se secaron a una temperatura ambiente de ± 22 °C en papel absorbente y tras transcurrir el tiempo adecuado se colocaron con el envés expuesto dentro de las cajas Petri. Después, con ayuda de un microscopio estereoscópico y un pincel entomológico se colocaron cuidadosamente sobre la hoja 15 ninfas por repetición. Las cajas tratadas fueron aisladas en una mesa con condiciones homogéneas de luz y temperatura (Figura 5).

A las 24 h después de la aplicación se registró el número de insectos muertos por repetición y se consideró a los 75 individuos de cada tratamiento (15/repetición) como el 100% de mortalidad. Como criterio para considerar al insecto como muerto se utilizó la respuesta de este al estímulo aplicado por una aguja de disección, así como a la apariencia de estos.



Figura 5. Establecimiento del ensayo de mortalidad de ninfas. a) Aplicación del tratamiento en la hoja sustrato; b) Eliminación del exceso de tratamiento; c) Colocación del disco de naranja en la caja Petri; d) Aislamiento del experimento con condiciones homogéneas de luz y temperatura.

5.3.2 Toxicidad en adultos

Para cada planta evaluada se utilizaron 800 adultos sin sexar, siete tratamientos, un testigo y cinco repeticiones con 20 insectos por cada una de ellas. Si bien el diseño experimental (DCA) y el método de preparación del extracto y los tratamientos se mantuvo igual al utilizado con ninfas, el procedimiento para la obtención de los insectos y la aplicación del tratamiento presentaron una variación sustancial. La colecta de los insectos se dio directamente de la jaula entomológica e incluyó a 20 individuos por repetición, sometiéndolos a un período de ayuno de 2 h previo a la aplicación de los tratamientos. Para la aplicación de los tratamientos los insectos fueron anestesiados con CO₂ por un periodo de 2 min y posteriormente colocados dentro de una caja Petri con discos de naranja con el envés expuesto sobre una capa de 3 mm de solución solidificada de agar-agar al 1%. Los tratamientos utilizados (100; 60; 20; 3.5; 1; 0.35 y 0.1 mg mL⁻¹) se aplicaron utilizando un atomizador manual con capacidad para 5 mL de solución. Para ello se asperjaron tres descargas equivalentes a 1.5 mL de solución (Figura 6).



Figura 6. Evaluación de mortalidad con adultos (ventana biológica y bioensayo). a) Colecta de adultos; b) Adultos dormidos con CO₂; c) Atomizadores con el tratamiento a aplicar; d) Colocado de insecto en sustrato; e) Aplicación del tratamiento; f) evaluación.

La evaluación se realizó a las 24 h de aplicado el tratamiento. Se utilizó como criterio la movilidad del insecto y aquel que aparentaba estar muerto fue estimulado con la aguja de disección para confirmar o descartar dicha aseveración. De nueva cuenta se aplicó la corrección de Abbott (1925) en los datos de venadillo y paraíso al encontrarse una mortandad superior al 3% en el testigo. Los datos así obtenidos fueron utilizados en el cálculo de las CL₅₀ correspondientes. En el caso de nim se usaron las observaciones registradas de manera directa. En ambos casos el testigo fue excluido de este cálculo.

5.3.3 Repelencia de Adultos

Para evaluar el efecto potencial repelente de los extractos en adultos de *D. citri*, se construyó una arena experimental (Figura 7). Cada arena consistió en un vaso de polipropileno transparente (Cristal®) de 250 mL invertido con tapa, con cuatro orificios: un pequeño orificio lateral sellado con un tapón extraíble a través del cual los adultos *D. citri* se introdujeron; un orificio en la base y dos más (Ø 4.0 cm) en los lados cubiertos con malla fina para favorecer la ventilación. La tapa del vaso se perforó para acoplar un vial de cristal de 2 mL, con agua corriente, en el cual se sumergió y sujetó el peciolo de una hoja de naranja *C. sinensis* cv. Valencia'

previamente inmersa por 5 seg. en la sustancia de prueba, y dejando secar a temperatura ambiente como se describió anteriormente. El vial y hoja se encerraron acoplando la tapa con el vaso en posición invertida. Por un orificio lateral (\varnothing 1.0 cm), tapado con un corcho, se introdujeron 20 adultos de 3 a 6 d de emergidos y 2 h en ayuno previo. Cada arena se consideró una unidad experimental. Para cada concentración se usaron 20 individuos adultos de ambos sexos de 3-6 días de emergidos y se realizaron cinco repeticiones (Figura 8).

El método de preparación y la concentración de los tratamientos fue el mismo que para los ensayos de mortalidad homólogos a esta prueba (100, 60, 40, 20, 10, 3.5 y 1 mg mL⁻¹). La evaluación se implementó con los extractos de *Swietenia humilis* y *Azadirachta indica*, excluyendo en ambos la concentración de 1 mg mL⁻¹. La repelencia se midió por la diferencia entre insectos posados y no posados en la hoja testigo comparada con las hojas tratadas a las 4, 5, 6 y 24 h después de la introducción de los insectos, y se expresó en porcentaje (20 = 100 % en cada repetición) (Figura 9).



Figura 7. Arena experimental usada en pruebas de repelencia de adultos de *Diaphorina citri* (Imagen Valdez y Ortega, 2015).



Figura 8. Preparado de unidad experimental para el ensayo de repelencia. a) Perforado de orificio de inoculación y ventilación de la unidad experimental; b) Inserción de la hoja en el microtubo y sellado del vaso.

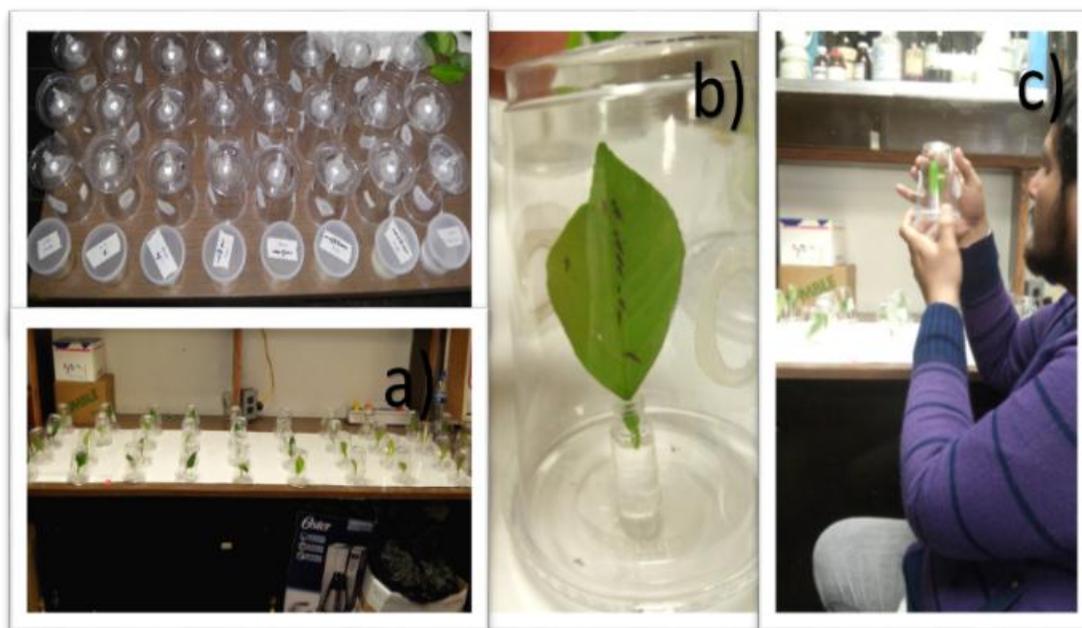


Figura 9. Instalación del experimento de repelencia. a) Aislamiento de las arenas experimentales en condiciones homogéneas; b) Insectos posados en el tratamiento testigo; c) Registro de la repelencia observada

5.3.4 Inhibición de oviposición

Para realizar las pruebas se seleccionaron brotes tiernos y se procedió a aplicar el tratamiento correspondiente. La metodología empleada se basó en el método de aspersión implementado en el ensayo de toxicidad en adultos presentando dos variantes: 1) El extracto fue aplicado de manera directa en los brotes previamente elegidos y 2) Se utilizaron cinco aspersiones por repetición en lugar de tres. Transcurrido un tiempo razonable para que el exceso del extracto se eliminara, se aislaron los brotes de manera individual dentro de una pequeña jaula, la cual fue construida con un recipiente cilíndrico de plástico liso transparente (150 mL de capacidad) con un orificio lateral de 2x2 cm² cubierto con tela de organza para permitir la ventilación. Con ayuda de un pequeño microaspirador bucal, y por otro orificio lateral menor se introdujeron 20 psíldos adultos, en una proporción de machos y hembras de 1:1, de 3 a 6 días de emergidos y con 2 h en ayuno previo. Las plantas se dispusieron al azar en diferentes jaulas cubiertas con malla antiáfidos.



Figura 10. Fijado del bote a la unidad experimental durante el experimento de inhibición de oviposición.



Figura 11. Plantas con los brotes tratados distribuidas al azar en el ensayo de inhibición de la oviposición.

El registro de la efectividad del extracto se basó en el recuento de los huevos depositados en los brotes donde se aplicó el tratamiento. Para ello se cortaron los brotes y se trasladaron al laboratorio para su revisión bajo el microscopio. El porcentaje de oviposición fue calculado mediante una regla de tres, tomando el número de huevecillos en el testigo como el 100% de oviposición (Fórmula 1). El porcentaje inhibido resultó de la diferencia entre 100 y el porcentaje de oviposición para cada tratamiento (Fórmula 2).

Fórmula 1

$$\text{Porcentaje de oviposición} = \frac{Y * 100}{X}$$

Sea:

X = No. de huevos en el testigo y

Y = No. de huevos en el tratamiento

Fórmula 2

$$\text{Porcentaje de inhibición} = 100 - \% \text{ de oviposición}$$

5.4 Análisis de datos

Los experimentos para evaluar la mortalidad, repelencia y oviposición se establecieron bajo un diseño completamente al azar. Antes de elegir el análisis estadístico a utilizar los datos fueron sometidos a la prueba de normalidad utilizando el estadístico de Shapiro y Wilk (1965) como referencia. Los datos no se ajustaron a la distribución normal aun cuando fueron transformados mediante raíz cuadrada, logaritmo natural y arcoseno de raíz cuadrada, por lo que se aplicaron métodos no paramétricos como Kruskal-Wallis mediante el estadístico de prueba X^2 de Pearson y con un nivel de significancia al 5%. Se realizó además una prueba de separación de medias mediante Suma de Rangos de Wilcoxon para todos los pares posibles de tratamientos. Los datos de mortalidad y de repelencia cuyos porcentajes fueron mayores al 3% pero inferior al 12% fueron corregidos mediante la fórmula de Abbott (1925) y sometidos junto a los demás datos a un análisis Próbit para establecer la línea de respuesta log dosis-Próbit y los valores de concentración media que causaron el 50% de mortalidad (CL_{50}), de repelencia (CR_{50}) y de inhibición de oviposición (CI_{50}). Valores que fueron expresados en $mg\ ml^{-1}$. El testigo, no fue incluido en este análisis. El manejo de todos análisis se dio mediante la utilización del programa estadístico SAS v. 9.0 (SAS Institute, 1999).

6. RESULTADOS

Los extractos etanólicos de las tres especies de plantas evaluadas presentaron un efecto negativo sobre adultos y ninfas de tercer instar de *Diaphorina citri*. La eficiencia de estos varió en función del parámetro evaluado, el extracto utilizado y el estado de desarrollo del insecto, además de la concentración y el tiempo de exposición de este a los tratamientos.

6.1 Toxicidad de Extractos

En este parámetro se obtuvo la mejor respuesta en los ensayos que corresponden al estado ninfal. Se obtuvo una mortandad superior al 50% con dosis relativamente bajas. En todos los ensayos se encontró una relación positiva entre la mortalidad del insecto y la concentración utilizada. Respecto a las pruebas realizadas con adultos los resultados no fueron los esperados, sin embargo los ensayos pueden considerarse exitosos al encontrar porcentajes de hasta el 60% de mortalidad.

Como ya se comentaba, la evaluación referente a los ensayos con ninfas mostró los porcentajes más altos de efectividad, correlacionándose estos a la concentración utilizada. Los mejores resultados se obtuvieron con la concentración más alta del extracto de semillas de *Azadirachta indica* (10% = 100 mg mL⁻¹) con un 97.3% de mortandad del insecto, seguida por el extracto de semillas de *Swietenia humilis* con 88.3% y fruto de *Melia azedarach* con 77.3%. Es preciso mencionar la peculiaridad del extracto de *A. indica* cuyo efecto sobre la supervivencia de las ninfas es afectada es porcentajes superiores al 50% aun con dosis de solo 1mg mL⁻¹. Situación similar a lo encontrado para *S. humilis* y *A. indica* que mantienen dicho promedio con dosis de 10 mg mL⁻¹ y 20-40 mg mL⁻¹ respectivamente. Esta información se ve respaldada con los cálculos referentes a las concentraciones letales medias, encontrando valores de CL₅₀ de apenas 4.10 mg ml⁻¹ en el caso de la más efectiva (*Azadirachta indica*), de 12.26 mg mL⁻¹ para *S. humilis* y de 93.49 mg mL⁻¹ en *M. azedarach* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentajes de mortalidad de ninfas de tercer instar de *Diaphorina citri* a las 24 h postaplicación de distintas concentraciones de extractos etanólicos de semillas de *Swietenia humilis*, *Azadirachta indica* y frutos de *Melia azedarach*.

Concentración (mg mL ⁻¹)	Mortalidad (%)		
	<i>Swietenia humilis</i>	<i>Azadirachta indica</i>	<i>Melia azedarach</i>
100	88.3 ^a	97.3 ^a	77.3 ^a
60	70.0 ^a	88.0 ^b	62.6 ^b
40	58.3 ^a	82.6 ^b	57.3 ^{abc}
20	75.0 ^{ab}	74.6 ^{bc}	46.6 ^c
10	51.6 ^{ac}	57.3 ^d	42.6 ^c
3.5	31.6 ^{bc}	54.6 ^d	44.0 ^c
Testigo	6.6 ^d	2.6 ^e	4.0 ^d
Pr>X ²	0.0056	<0.0001	0.0003
CL ₅₀ (mg mL ⁻¹)	12.26	4.10	93.49
Límites fiduciales	(0.58-30.73)	(0.81-8.03)	(50.45-362.84)
b±s	0.95±0.27	1.03±0.18	0.45±0.10

Porcentajes con letras iguales en la misma columna indican la ausencia de diferencias estadísticas significativas entre sí ($p \leq 0.05$). b=pendiente de la línea de regresión, s=error estándar.

En adultos, los porcentajes de mortalidad difirieron de manera significativa ($P < 0.05$) de los conseguidos con ninfas. De nueva cuenta la eficiencia más alta se obtuvo con la concentración de 100 mg mL⁻¹. Sin embargo, en esta ocasión fue *S. humilis* quien presentó la mayor toxicidad con 61% de mortalidad, seguido por *A. indica* (58%) y *M. azedarach* (28%). Si bien, *S. humilis* causó una mayor mortalidad con 100 mg mL⁻¹, las concentraciones letales medias (CL₅₀) revelan una eficiencia numericamente menor de éste en el control del insecto con relación a la presentada por *A. indica*, presentando para la primera una CL₅₀ de 103.57 mg mL⁻¹, mientras que la segunda ronda los 98.12 mg mL⁻¹. Esta situación pone de manifiesta una relativamente superior efectividad de la segunda con respecto de la primera. Respecto a la CL₅₀ de *M. azedarach* el cálculo fue descartado al encontrarse una pobre respuesta del extracto sobre el insecto con porcentajes que no superaron el 30% de mortalidad (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentajes de mortalidad de adultos de *Diaphorina citri* a 24 h postaplicación de distintas concentraciones de extractos etanólicos de semillas de *Swietenia humilis*, *Azadirachta indica* y frutos de *Melia azedarach*.

EXTRACTO EVALUADO			
Concentración (mg mL ⁻¹)	<i>Swietenia humilis</i>	<i>Azadirachta indica</i>	<i>Melia azedarach</i>
100	61.0 ^a	58.0 ^a	28.0 ^a
60	*29.0	48.0 ^a	11.0 ^{ab}
20	27.0 ^b	34.0 ^b	11.0 ^{ab}
3.5	19.0 ^{bd}	35.0 ^b	10.0 ^{ab}
1	20.0 ^b	22.0 ^c	9.0 ^b
0.35	10.0 ^c	19.0 ^c	8.0 ^b
0.1	11.0 ^{cd}	*21.0	8.0 ^{ab}
Testigo	4.0 ^e	6.0 ^d	2.0 ^c
Pr>F	<0.0001	<0.0001	0.0217
CL ₅₀ (mg mL ⁻¹)	103.57	98.12	-----
Límites fiduciales	22.49-8240	48.73-285.96	
b±s	0.56 b±s0.11	0.45±0.06	

*Datos no considerados en los análisis próbit. -- Análisis no ejecutado. Porcentajes con superíndices iguales en la misma columna difieren de manera significativa entre sí (P≤0.05). b=pendiente de la línea de regresión, s=error estándar.

6.2 Repelencia

Sólo se registró efecto repelente significativo (P<0.05) al utilizar los extractos a base de semilla de *Swietenia humilis* y *Azadirachta indica*. En el caso del fruto de *Melia azedarach* se encontró un efecto repelente no significativo desde el ensayo preliminar (<47%) por lo que se optó por descartarle del bioensayo final. Los mejores resultados se obtuvieron con las concentraciones de 100 mg ml⁻¹ y con 60 mg ml⁻¹ que difieren de manera significativa (P<0.05) del resto de tratamientos. La diferenciación del testigo con el resto de los tratamientos evidenció la nula influencia de éste sobre la respuesta mostrada (Cuadro 3). Con base en la clasificación establecida por Lin *et al.*, (1990) se determinó la influencia de aquellos extractos con un rango de acción entre el 60 y 82% de repelencia observada. Sin embargo, al utilizarse el valor del error estándar como complementario al índice de repelencia para establecer dicha clasificación, el cálculo varió en función de las observaciones registradas incluyéndose por tanto a aquellos valores significativamente inferiores al rango base establecido (35, 53 y 56%).

Cuadro 3. Porcentaje de repelencia registrado a las 3, 4, 5, 6 y 24 h postaplicación del extracto etanólico de *Swietenia humilis* y *Azadirachta indica* sobre adultos de *Diaphorina citri*.

Concentración (mg ml ⁻¹)	Porcentaje de repelencia/hora registrada									
	3er		4ta		5ta		6ta		24va	
	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A
100	82 ^a	78 ^a	74 ^a	72 ^a	74 ^a	69 ^a	69 ^a	60 ^a	56 ^a	60 ^a
60	78 ^a	69 ^a	70 ^{ab}	65 ^a	63 ^a	56 ^a	51 ^{ab}	53 ^a	35 ^b	51 ^{ab}
40	52 ^b	69 ^{ab}	44 ^{cd}	52 ^{ab}	43 ^b	44 ^{ab}	46 ^{abc}	43 ^{ab}	27 ^{bc}	39 ^{bcd}
20	53 ^{ab}	62 ^{abc}	42 ^{abcd}	56 ^{ac}	39 ^{ab}	46 ^{ab}	33 ^{bc}	35 ^{ab}	19 ^c	25 ^{cde}
10	48 ^{bc}	45 ^{bc}	42 ^{cd}	32 ^c	32 ^b	36 ^b	30 ^{bc}	25 ^b	17 ^c	18 ^{de}
3.5	25 ^d	27 ^{bc}	25 ^{cd}	30 ^c	22 ^b	35 ^b	22 ^{bcde}	32 ^b	16 ^c	18 ^{de}
1	28 ^{bcd}	28 ^{bc}	36 ^{abcd}	31 ^{bc}	33 ^{bc}	29 ^b	14 ^{cde}	28 ^b	22 ^c	26 ^{cde}
Testigo	12 ^d	12 ^d	12 ^e	9 ^d	10 ^c	9 ^c	9 ^e	8 ^c	9 ^d	7 ^{ef}
X ²	29.7	28.63	25.08	26.85	26.97	23.43	24.81	24.81	27.08	29.09
Pr>X ²	.0001	.0002	.0007	.0004	.0003	.0014	.0008	.0008	.0003	.0001

Porcentajes con superíndices iguales en la misma columna no difieren estadísticamente entre sí ($p \leq 0.05$). S= *Swietenia humilis*; A= *Azadirachta indica*; * = Porcentajes de repelencia observados

Se puede observar un efecto repelente similar en las dosis mayores de ambas plantas, sin embargo, se logra percibir una mejor respuesta neta con el extracto de *S. humilis* a un período más corto de tiempo. Por ejemplo, en el caso del tratamiento de 100 mg mL⁻¹ se obtuvo la mayor repelencia a las 3 h post-aplicación del tratamiento con un 82% en *S. humilis* (Índice de Repelencia = IR = 0.34±0.13) y 78% en nim (IR = 0.40±0.23). Tendencia que se mantiene con un 74% de insectos repelidos a la 4ta y 5ta h (IR = 0.46±0.21 y 0.45±0.30), y un 69% en la 6ta h (IR = 0.51±0.45). Con *A. indica*, sin embargo, se presentó una ligera modificación en el registro a la 6ta h, perdiéndose incluso la efectividad del extracto y clasificándose este como neutro al ubicarse su IR muy cercano al valor de la unidad (IR = 0.61±0.41). Para esta misma planta, los porcentajes en la 4ta y 5ta h lograron mantener su efecto con un 72 (IR = 0.47±0.38) y 69% (IR = 0.51±0.34) respectivamente. En el caso del tratamiento de 60 mg mL⁻¹ se presenta un patrón de comportamiento similar al correlacionarse positivamente los porcentajes netos observados con el tiempo transcurrido tras la aplicación del tratamiento presentándose en ambos casos una mejor respuesta a la 3ra, 4ta y 5ta h con porcentajes del 78, 70 y 63% con el extracto de venadillo y del 69, 65 y 56% con nim (Cuadro 4).

Cuadro 4. Clasificación del extracto etanólico de *Swietenia humilis* y *Azadirachta indica* en función del porcentaje de repelencia observado a la 3^a, 4^a, 5^a, 6^a y 24 h postaplicación del tratamiento.

H	<i>Swietenia humilis</i>				<i>Azadirachta indica</i>			H	<i>Swietenia humilis</i>			<i>Azadirachta indica</i>		
	Concentración (mg mL ⁻¹)	Repelencia (%)	IR	C L	Repelencia (%)	IR	C L		Repelencia (%)	IR	C L	Repelencia (%)	IR	C L
3	100	82	0.34±0.13	R	78	0.40±0.23	R	4	74	0.46±0.21	R	72	0.47±0.38	R
	60	78	0.40±0.19	R	69	0.52±0.23	R		70	0.51±0.15	R	65	0.56±0.29	R
	40	52	0.71±0.51	A	69	0.52±0.46	R		44	0.78±0.50	A	52	0.69±0.47	A
	20	53	0.70±0.61	A	62	0.60±0.81	A		42	0.79±0.76	A	56	0.65±0.82	A
	10	48	0.74±0.46	A	45	0.77±0.55	A		42	0.79±0.37	A	32	0.86±0.16	N
	3.5	25	0.92±0.47	A	27	0.91±0.32	A		25	0.92±0.49	A	30	0.87±0.41	A
	1.0*	28	0.90±0.49	A	28	0.90±0.25	A		36	0.84±1.08	A	31	0.86±0.39	A
	Testigo	12	1.00±0.60	A	12	1.00±0.16	A		12	1.00±0.26	A	9	1.00±0.28	A
Pr>X ²		<.0001			<.0001			Pr>X ²		<.0001				
X ²		26.17			86.61			X ²		20.81				
CR ₅₀		23.48			20.49			CR ₅₀		38.13				
Límites fiduciales b±s		11.62–45.69			16.08–25.71			Límites fiduciales b±s		19.52–115.59				
		1.16±0.22			1.06±0.11					1.02±0.22				
5	100	74	0.45±0.30	R	69	0.51±0.34	R	6	69	0.51±0.45	R	60	0.61±0.41	N
	60	63	0.58±0.14	R	56	0.65±0.17	R		51	0.70±0.60	A	53	0.68±0.12	R
	40	43	0.78±0.56	A	44	0.76±0.70	A		46	0.74±0.78	A	43	0.77±0.63	A
	20	39	0.81±0.76	A	46	0.74±0.83	A		33	0.85±0.50	A	35	0.83±0.71	A
	10	32	0.86±0.27	A	36	0.83±0.22	A		30	0.87±0.18	A	25	0.90±0.37	A
	3.5	22	0.93±0.56	A	35	0.83±0.43	A		22	0.92±0.49	A	32	0.85±0.24	A
	1.0*	33	0.85±0.40	A	29	0.88±0.31	A		14	0.97±0.22	A	28	0.88±0.17	A
	Testigo	10	1.00±0.45	A	9	1.00±0.37	A		9	1.00±0.43	A	8	1.00±0.40	A
Pr>X ²		<.0001			<.0001			Pr>X ²		0.0004				
X ²		42.96			15.85			X ²		66.40				
CR ₅₀		44.97			49.01			CR ₅₀		60.54				
Límites fiduciales b±s		28.91–86.68			22.63–385.8			Límites fiduciales b±s		45.74–88.17				
		1.11±0.17			0.62±0.15					0.97±0.11				

H= Hora de registro; IR= Índice de repelencia; CL= Clasificación: R (repelente), N (neutral), A (atrayerente); CR₅₀ = Concentración repelente media; (*)= Datos no considerados en el análisis próbit; b=Pendiente de regresión; s= Error estándar.

Cuadro 4. Clasificación del extracto etanólico de *Swietenia humilis* y *Azadirachta indica* en función del porcentaje de repelencia observado a la 3^a, 4^a, 5^a, 6^a y 24 h postaplicación del tratamiento.

Hor a	Concentración (mg mL ⁻¹)	<i>Swietenia humilis</i>			<i>Azadirachta indica</i>		
		Repelencia (%)	IR	CL	Repelencia (%)	IR	CL
24	100	56	0.65±0.46	A	60	0.60±0.24	R
	60	35	0.83±0.12	R	51	0.69±0.41	A
	40	27	0.89±0.46	A	39	0.79±0.26	A
	20	19	0.94±0.30	A	25	0.89±0.55	A
	10	17	0.95±0.13	A	18	0.94±0.43	A
	3.5	16	0.96±0.21	A	18	0.94±0.68	A
	1.0*	22	0.92±0.42	A	26	0.89±0.40	A
	Testigo	9	1.00±0.28	A	7	1.00±0.34	A
	Pr>X ²	<.0001			<.0001		
	X ²	16.60			35.66		
	CR ₅₀	164.05			82.96		
	Límites fiduciales	70.82 -5848			49.07-243.87		
	b±s	1.07±0.26			1.08±0.18		

H= Hora de registro; IR= Índice de repelencia; CL= Clasificación: R (repelente), N (neutral), A (atrayente); CR₅₀ = Concentración repelente media; (*)= Datos no considerados en el análisis próbit; b=Pendiente de regresión; s= Error estándar.

La efectividad del extracto se vio disminuida con el transcurrir de las horas, comenzando a acentuarse su volatilidad a partir de la 6ta h afectando la efectividad de las dosis de 100 y 60 mg mL⁻¹, presentando incluso una alternancia en la efectividad de este par de tratamientos al revertir en *S. humilis* su eficacia con la dosis de 60 mg mL⁻¹ (IR = 0.70±0.60) y nulificarse el efecto de *A. indica* con el tratamiento de 100 mg mL⁻¹ (IR = 0.61±0.41). Este comportamiento se ve acrecentado en la evaluación realizada a las 24 h, al caer la repelencia en las dosis más altas hasta un 56 y 35% con *S. humilis* y un 60 y 51% en *A. indica*, mostrándose una clara relación entre la repelencia observada y el tiempo transcurrido tras la exposición del insecto al tratamiento. Sin embargo, es de destacar como aún con estos porcentajes se puede apreciar cierto grado de control del insecto; incluso *S. humilis* con un 35% de repelencia neta observada muestra un efecto repelente con la dosis de 60 mg mL⁻¹ (IR = 0.83±0.12), mientras que *A. indica* hace lo propio con la dosis de 100 mg mL⁻¹ al repeler hasta un 60% (IR = 0.60±0.24).

Si bien puede observarse una mejor efectividad inmediata de *S. humilis* respecto con *A. indica*, lo cierto es que este último logra mantenerse relativamente estable por más tiempo e incluso ser efectivo a una dosis de 40 mg mL^{-1} con un 69% de repelencia neta observada y un IR de 0.52 ± 0.46 . Hecho que se ve respaldado por las concentraciones repelentes medias (CR_{50}) encontradas para cada período registrado. De igual forma puede evidenciarse un efecto inmediato mayor del extracto de *S. humilis* respecto con *A. indica* a 3h de aplicado el tratamiento (82% y 78%, de manera respectiva), la concentración repelente media para esta última ($CR_{50} = 20.49 \text{ mg mL}^{-1}$) le confiere cierta ventaja sobre *S. humilis* ($CR_{50} = 23.48 \text{ mg mL}^{-1}$) al ser inferior a esta. Esta tendencia se mantiene en la 4ta hora con una CR_{50} para *A. indica* de 30.90 mg mL^{-1} vs 38.13 mg mL^{-1} de *S. humilis*. Sin embargo, esta observación se ve invertida en la 5ta y 6ta h con una CR_{50} para *S. humilis* de 44.97 mg mL^{-1} y 60.54 mg mL^{-1} respectivamente, mientras que en *nim* se mantiene en 49.01 mg mL^{-1} y 87.32 mg mL^{-1} . Situación que presenta un giro en el registro de las 24 h al marcarse de manera altamente significativa la eficiencia de *A. indica* sobre *S. humilis* (82.96 mg mL^{-1} vs $164.05 \text{ mg mL}^{-1}$), acentuando la observación pertinente a una mayor permanencia de este en el ambiente respecto a *S. humilis* (Cuadro 4).

Respecto a los tratamientos inferiores a las dosis con respuesta directa no se encontró una respuesta significativa, clasificándose incluso esta como atraentes de acuerdo al índice utilizado. Sin embargo, esta ineficiencia se ve sopesada con la inclusión de cierto rango en las CR_{50} calculadas, principalmente en las referentes a la 3ra y 4ta hora.

6.3 Inhibición de la oviposición

En esta ocasión se encontró una respuesta poco significativa con los extractos de las tres plantas evaluadas. Los porcentajes de inhibición de la oviposición alcanzaron solamente un 59.68% en el mejor de los casos (*A. indica*), mientras que en *S. humilis* y *M. azedarach* sólo se logró repeler al 46.36 y 39.34%, respectivamente. Si bien el extracto con mejor respuesta fue el de *A. indica*, este

valor sólo pudo ser alcanzado al aplicar una dosis de 100 mg mL⁻¹, disminuyendo su respuesta por debajo del 45% en las concentraciones subsecuentes (Cuadro 5).

Cuadro 5. Porcentaje de inhibición de oviposición de adultos de *Diaphorina citri* a 24 h postaplicación de distintas concentraciones de extractos etanólicos de semillas de *Swietenia humilis*, *Azadirachta indica* y frutos de *Melia azedarach*.

Inhibición de oviposición (%)			
Concentración (mg mL⁻¹)	<i>Swietenia humilis</i>	<i>Azadirachta indica</i>	<i>Melia azedarach</i>
100	46.36 ^a	59.68 ^a	39.34 ^a
60	36.36 ^{ab}	45.16 ^b	38.52 ^a
40	*31.82	40.32 ^b	37.70 ^a
20	35.45 ^{ac}	36.29 ^b	36.89 ^{ab}
10	34.55 ^{ad}	23.39 ^c	*38.52 ^a
3.5	24.55 ^{bcd}	13.71 ^d	35.25 ^a
1	23.64 ^{bcd}	*8.87 ^{cd}	21.31 ^b
Testigo	0.00 ^e	0.00 ^e	0.00 ^c
Pr>X ²	0.0013	<.0001	0.0077
X ²	21.86	35.03	19.17
CI ₅₀ (mg mL ⁻¹)	388.84	68.02	1103
Límites fiduciales	102.92-18575	48.22-107.74	153.81-101109
b±s	0.29 b±s 0.07	0.79 b±s0.08	0.20 b±s 0.07

CI₅₀ = Concentración inhibitoria media; (*)= Datos no considerados en el análisis próbit; b=Pendiente de regresión; s= Error estándar.

Al igual que en los parámetros evaluados con anterioridad se puede apreciar una relación negativa entre la concentración del extracto y la respuesta obtenida. Sin embargo, esta vez la eficiencia mostrada por los extractos queda muy por debajo de lo esperado en función de lo observado con las evaluaciones de mortalidad y repelencia. Esta situación se ve claramente reflejada en los valores tan elevados de la concentración inhibitoria media (CI₅₀), donde si bien para *A. indica* logra mantenerse relativamente en un rango bajo (CI₅₀ = 68.02 mg mL⁻¹), lo cierto es que las obtenidas para *S. humilis* (388.84 mg mL⁻¹) y *M. azedarach* (1103 mg mL⁻¹) se sale completamente de una proporción práctica.

De acuerdo al análisis estadístico utilizado se puede apreciar una gran similitud entre los tratamientos de los extractos que no mostraron efectividad aparente, no así en el caso de *A. indica* donde si se logra observar una clara

separación entre las medias de los tratamientos evaluados, indicando una marcada heterogeneidad en la respuesta de la población al extracto, principalmente en los pertenecientes a semilla de *S. humilis* y fruto de *M. azedarach*. Estas dos últimas plantas presentan una pendiente muy baja (0.29 y 0.20), reafirmando esta conclusión. En *A. indica* sin embargo, esta aumenta hasta 0.79, mostrando una clara tendencia a la uniformidad.

7. DISCUSIÓN

La respuesta registrada en los tres parámetros evaluados concuerda con los señalamientos hechos para las especies vegetales de este grupo taxonómico. Los porcentajes mostrados reafirman el conocimiento previo respecto al efecto inducido por los extractos, polvos y aceites de meliáceas en el control de diversas especies insectiles de importancia agrícola. Su efectividad, aunque no definitiva en todos los casos, destaca la factibilidad de este recurso para fungir como un coadyuvante del combate a plagas en concordancia con la preservación del ecosistema (Castiglioni *et al.*, 2002).

De manera particular el efecto toxico mostrado por las plantas empleadas, coincide con lo expresado para otras especies de la misma familia botánica. Por ejemplo, López *et al.* (2002), registraron una mortalidad del 100% de larvas neonatas de *Ceratitis capitata* Wied., al ser tratadas con una concentración del 1% de polvo de *Trichilia havanensis* Jacq. Situación similar a la señalada por Figueroa (2011) al utilizar el polvo de la semilla en combinación con su pericarpio sobre larvas de *Spodoptera frugiperda*. Mientras que Bogorni y Vendramim (2003), destacan la efectividad de los extractos acuosos de seis especies de *Trichilia* en el manejo del mismo insecto (*S. frugiperda*), encontrando una respuesta similar a la obtenida con el extracto acuoso de *Azadirachta indica* (nim), una de las principales especies con potencial insecticida del mundo. Por su parte, con un efecto menor pero con conclusiones similares Mareggiani *et al.* (2010) señalan el potencial de *Melia azedarach* y *Trichilia glauca* para manejar bajas poblaciones del nematodo *Meloidogyne incognita*; comportamiento atribuido principalmente a la presencia de decenas de componentes fitoquímicos producto del metabolismo secundario de las plantas y cuyo efecto en el insecto implica la modificación de un importante número de parámetros biológicos dentro de los cuales destacan las alteraciones morfológicas, etológicas y fisiológicas (Li, 1999; Mareggiani, 2001; Osuna, 2005; Carpinella *et al.*, 2003). Esta situación pudo percibirse de manera clara al comparar los resultados documentados por otros autores con los obtenidos en la presente. De

acuerdo con dichos autores, el efecto manifiesto en el insecto pudo deberse a la presencia de tetranotriterpenoides en las plantas, sustancias reconocidas por sus altas concentraciones en miembros de esta familia botánica y dentro de las cuales destacan de manera puntual limonoides como la nimbina, salanina, meliartenin, humilinoles y azadirachtina, siendo estas dos últimas de las más estudiadas y aprovechadas (Brechelt, 2004).

En este sentido, algunos autores se han encargado de verificar dicha información y han optado por realizar los ensayos correspondientes. Así, Jiménez et al. (1997) por ejemplo, evaluaron la efectividad de cuatro limonoides humilinoles (A-D-E-F) extraídos a partir de la planta *Swietenia humilis*, sobre la inhibición del crecimiento de larvas y la mortandad de adultos del barrenador europeo del maíz (*Ostrinia nubilalis* Hbn., 1796), encontrando en ambas etapas de desarrollo una significativa disminución de sus porcentajes de crecimiento y supervivencia. Resultados que también coinciden con Omar et al. (2007) al utilizar los humilinoles C-D en el control de *Sitophilus oryzae* Linnaeus, 1763.

Puntualmente con *Diaphorina citri*, Ortega et al. (2014) observaron un comportamiento similar tras evaluar hojas y semillas de la meliácea *Swietenia humilis* (venadillo) en el control de ninfas y adultos, encontraron respuesta positiva solamente con el extracto proveniente de la simiente y destacando la efectividad total de esta en el estado inmaduro del insecto con respecto al adulto. Comportamiento similar al reportado por Sandoval et al. (2013), quienes al aplicar extractos foliares de nim encontraron porcentajes no tan alentadores como se hubiera esperado de esta planta, con tan solo un 45% de mortandad en adultos y un 72% en ninfas. Dicha diferenciación entre los resultados obtenidos por otros autores corrobora en buena medida las observaciones hechas por otros autores respecto a la mayor efectividad de los componentes activos en el estado inmaduro del insecto, principalmente por la acción selectiva de la azadirachtina, salanina y meliantrol (Díaz y Tovar, 2008). Situación similar a la registrada por Weathersbee III y McKenzie (2005), quienes indican como un bioplaguicida constituido en gran proporción por azadirachtina

obtuvo mejores resultados en el control de ninfas que en el de adultos. Por su parte, Fontes *et al.* (2012) registran observaciones similares al utilizar productos orgánicos de distinta constitución (ajo, canela, nim, aceites) y concluyen que la efectividad de este tipo de productos presenta un mayor efecto sobre ninfas que en adultos. Respecto a esta diferenciación, algunos autores señalan la importancia de esta situación (estado de desarrollo del insecto) como condicionante en la respuesta obtenida, al presentarse para el caso de ninfas un estado de poca movilidad y una débil presencia de la cubierta cuticular (Jiménez *et al.*, 2012). Aunado a esto, pudiera existir de igual forma una marcada diferenciación del efecto en función de la estructura utilizada. Bobadilla *et al.* (2002), Ibáñez y Zoppolo (2008) y Ortega *et al.* (2014), por ejemplo, destacan la importancia de este y otros factores en el condicionamiento de la expresión mostrada por la sustancia evaluada; señalando como particularmente importantes la edad y estado de desarrollo del insecto, la diferenciación en la composición fitoquímica de la planta en función a su etapa fenológica y la estructura utilizada, la época de colecta, así como a los métodos de extracción y formulación de los extractos y la técnica de aplicado de los tratamientos.

Y es precisamente en uno de estos (estructura utilizada) donde pudiera radicar dicha divergencia respecto a los resultados obtenidos y los antecedentes mostrados. Si bien cada estructura en la planta está caracterizada por la presencia de sustancias producto del metabolismo secundario, es la semilla el elemento al que se le atribuye la mayor concentración de componentes activos (Rodríguez *et al.*, 2000; Osuna, 2005). Si bien respecto a la diferenciación observada entre especies está plenamente justificada por la presencia y concentración de distintos componentes activos, el contraste general con los estudios previos como los reportados por Ortega *et al.* (2014), ensayo con mayor similitud al realizado, pudiera relacionarse con las condiciones de colecta del material vegetal utilizado. Esto de acuerdo a lo mencionado por Ibáñez y Zoppolo (2008), quienes sostienen que el tipo y concentración de sustancias activas presenta una significativa correlación con las condiciones de desarrollo de la planta respecto a las condiciones edáficas y climáticas en las que se encuentra. Situación enfrentada por la planta de paraíso

cuya composición química se encuentra fuertemente influenciada según sean plantas silvestres o bajo producción asistida (Huerta *et al.*, 2008).

Otro de los factores que supeditan en gran forma la extracción de las sustancias activas es el solvente utilizado y grado de maceración de la estructura vegetal a usar. Si bien la respuesta esperada al utilizar etanol como solvente consistía en un mayor porcentaje de mortalidad, tomando en cuenta que este producto es capaz de disolver la mayoría de los productos naturales (Castillo *et al.*, 2010; Ávalos, 2014), lo cierto es que la maceración de las semillas pudo haber influido significativamente en el proceso de extracción. Ibáñez y Zoppolo (2008), destacan la divergencia de sustancias observadas en la extracción de los componentes activos de la semilla de paraíso al ser empleada de manera directa en contraste a su completa trituración, destacando como en el segundo de los casos el grado de finura de las partículas favorece la disolución. Situación en la que se adoleció tras haber sometido las semillas a la maceración manual mediante el uso de un mortero, potencializándose aún más el efecto con los frutos de paraíso, donde el macerado se vio mayormente afectado por la dureza del pericarpio del fruto.

Aun en las circunstancias señaladas y pese a la diferenciación de los resultados obtenidos respecto a pruebas realizadas por otros autores, los porcentajes de mortalidad obtenidos corresponden significativamente al rango de acción empleado para considerar un efecto positivo. En función de la respuesta observada y aun cuando los extractos no mostraron un efecto definitivo en ninguna de las pruebas ejecutadas, la capacidad mostrada en el control de la población evaluada representa un excelente augurio respecto a la pertinencia de este grupo de plantas en el manejo de la supervivencia de *D. citri*, principalmente en lo referente al estado ninfal e incluso se encuentra dentro de los parámetros normales de acuerdo a lo observado por otros autores.

Respecto al índice de repelencia y de oviposición observados, puede señalarse una pobre respuesta del insecto a los tres productos utilizados,

acrecentándose en el caso de los extractos a base de frutos de paraíso donde incluso hubo que descartarle del ensayo final de repelencia por los bajos registros obtenidos. Sin embargo, es de destacar los señalamientos hechos respecto al procesamiento de estos y de cómo esta situación pudo haber supeditado el comportamiento observado. En el caso de nim y venadillo, sin embargo, con base en los resultados obtenidos para los ensayos de mortalidad si es de destacar la respuesta obtenida. Razón que contrasta con lo reportado por diversos autores respecto a la capacidad de estas plantas para inducir un efecto insectistático más que tóxico, con efectos repelentes y disuasorios de oviposición (Viglianco *et al.*, 2006; Castillo *et al.*, 2010; Senthil, 2013). Y es que de acuerdo a lo reportado por Peterson y Coats (2001) y observado por otros autores, era de esperarse que plantas como las evaluadas en el presente trabajo y cuyas características organolépticas sobresalen, se hubiesen presentado porcentajes de repelencia más altos que los registrados. Como los mostrados por García (2005) quien empleando extractos metanólicos de nim y paraíso, registró una excelente respuesta repelente contra adultos de *Sitophilus oryzae* L. Observaciones similares a las señaladas por Caffarini *et al.* (2008) utilizando el extracto acetónico y acuoso de paraíso sobre discos de hoja de eucalipto, alimento de la hormiga negra común (*Acromyrmex lundii*) registraron una excelente repelencia. De igual forma, Parra *et al.* (2007) encontraron una repelencia del 58% de los extractos de paraíso sobre ninfas de 4to estadio de *Rhodnius prolixus*. Mientras que González *et al.* (2006), por su parte, encontró porcentajes de hasta un 98% al utilizar el extracto crudo de las semillas de nim sobre pupas de abejas como medida de disuasión a su consumo por parte de *Varroa destructor*.

Si bien no se encuentra una explicación contundente respecto al comportamiento observado, este bien pudo deberse a la naturaleza misma del insecto utilizado puesto que el posicionamiento sobre la hoja tratada se mantuvo de manera intermitente durante el periodo de tiempo conducido. Muchos insectos tienden a primeramente posarse sobre la planta antes de determinar si es un alimento viable o no, situación que pudo haber presentado puesto que el insecto

tratado fue sometido a un período de ayuno de alrededor de dos horas dependiendo del momento de la colecta del mismo, situación que pudo estimular la alternancia de estos para alimentarse del sustrato en función del tiempo de ayuno. Sin embargo, es importante señalar como la diferenciación mostrada entre el tratamiento testigo y los insectos conducidos bajo la influencia del tratamiento fue altamente significativa, coincidiendo con lo mencionado por Visser (1983, citado por Ouyang *et al.*, 2013) respecto a que los componentes volátiles de la planta son condicionantes en la postura adoptada por el insecto respecto a la planta hospedera.

Observaciones similares se registraron en la evaluación correspondiente a la oviposición, donde si bien se obtuvieron valores aceptables, estos resultaron poco concluyentes por la situación en la que se manejaron los registros finales, donde la oviposición mostrada por el testigo se encontró relativamente cerca de las observaciones documentadas por los tratamientos. Si bien los antecedentes mostrados para nim y paraíso principalmente muestran el potencial de estas para fungir como inhibidores de la oviposición de distintas especies de insectos, los resultados aquí obtenidos difieren significativamente de ellos. Valencia *et al.* (2004), por ejemplo, trabajando con la mosca mexicana de la fruta (*Anastrepha ludens* Loew) encontraron una significativa reducción de la oviposición de esta al ser tratadas con el extracto acuoso de nim a concentraciones de solo 3 y 5%. Situación señalada anteriormente por Coudriet *et al.* (1985) quienes con concentraciones acuosas de la semilla de nim redujeron significativamente la oviposición de la mosca blanca del algodón. Resultados similares a los obtenidos por Borges *et al.* (2003) quienes observaron una inhibición total en hembras ingurgitadas de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* al ser tratadas con el extracto de frutos maduros. Mientras que por su parte Gajmer *et al.* (2002) evidenció la paulatina disminución de las tasas de oviposición de *Earias vitella* al ser sometidas a dietas tratadas con concentraciones de extractos metanólicos de semillas de nim de entre 2 y 10%; aunado a lo observado durante el mismo experimento con paraíso.

En este sentido, los porcentajes observados para uno y otro parámetro podrían considerarse como condicionantes, puesto que al presentarse un efecto disuasorio de la presencia del insecto en la planta sería prudente esperar un porcentaje similar respecto a la oviposición presentada. Incluso, en correspondencia a la respuesta registrada pudo observarse la mortalidad de varios individuos durante las pruebas de inhibición de oviposición, producto, muy probablemente, de la actividad insecticida previamente establecida. Aunado a esto es prudente mencionar que en lo referente a la oviposición pudo observarse que las hembras utilizadas no alcanzaron a ovipositar antes de terminar el período de prueba de 72 h., situación que pudo favorecer a la carencia de huevos registrados en cada uno de los brotes.

De acuerdo con Robles *et al.* (2010), la presencia de ninfas en las plantas es potencializada cuando el brote tiene aún un tamaño pequeño, relacionándose con una preferencia del insecto para ovipositar en dichos sitios. Por lo que pudiera considerarse esta situación como condicionante de los valores tan bajo registrados en el testigo. Sin embargo, esto no quiere decir que sea la causa de la disminución del número de huevos en las plantas con los tratamientos aplicados, máxime cuando las comparaciones estadísticas mostraron una significativa diferenciación entre estos y el testigo absoluto, concluyéndose por ende la presencia de un efecto de los tratamientos.

8. CONCLUSIÓN

Los extractos etanólicos de las tres especies de meliáceas evaluados mostraron actividad biológica significativa en *D. citri*. En ninfas el mejor efecto tóxico se logró con el extracto de *A. indica* (93.3%), seguido de *S. humilis* (88.3 %) y *M. azedarach* (77.3%), mientras que en adultos solo los extractos de *S. humilis* (61%) y *A. indica* (58%) resultaron efectivos. En general, los adultos resultaron más tolerantes que las ninfas, en éstos el efecto tóxico se evidenció a partir de 100.0 mg.ml⁻¹, mientras que en ninfas a 4.10 mg.ml⁻¹. Los extractos de *S. humilis* y *A. indica* mostraron la mayor acción repelente (82 y 78 %, respectivamente) a 100.0 mg.ml⁻¹; este efecto estuvo asociado a la concentración y disminuyó a través del tiempo. Ninguno de los extractos evaluados inhibió de manera contundente la oviposición.

9. LITERATURA CITADA

- Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18:165-267.
- Alemán, J.; Baños, H. y Ravelo, J. 2007. *Diaphorina citri* y la enfermedad huanglongbing: una combinación destructiva para la producción citrícola. *Revista de Protección Vegetal* 22(3):156-165.
- Alonso, C. A. J.; Villareal, M. L.; Salazar, O. L. A.; Gómez, S. M.; Domínguez, F. y García, C. A. 2011. Mexican medicinal plants used for cancer treatment: Pharmacological, phytochemical and ethnobotanical studies. *Journal of Ethnopharmacology* 133:945-972.
- Altieri, M. A. 1995. Agroecology: The science of sustainable agriculture. Westview Press, Boulder, CO.
- Álvarez, G. T. B. 2012. Biocontrol de *Botrytis cinerea* a partir de extractos fenólicos de fresa. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Michoacán.
- Álvarez, L. M. E.; Isaza, M. G.; Acosta, A. S. M. y Yepes, A. G. 2005. Actividad antimicótica de *Phenax rugosus* (Lam) Pers y *Baccharis trinervis* (Sw) Wedd. *Biosalud* 14:38-45.
- Álvarez, V.; Loaiza, J.; Bonilla, R. y Barrios, M. 2008. Control *in vitro* de garrapatas (*Boophilus microplus*; Acari: Ixodidae) mediante extractos vegetales. *Revista de Biología Tropical* 56:291-302.
- Angulo, E. M. A. 2003. Eficacia de nuevos bioplaguicidas formulados a partir de neem (*Azadirachta indica* Juss) y venadillo (*Swietenia humilis* Zucc). Consultado el 7 de Enero de 2015 en <http://www.ciad.edu.mx/salima/display1.asp?func=display&resid=53&tree=565>
- Angulo, E. M. A.; Armenta, R. E.; García, E. R. S.; Carrillo, F. J. A.; Salazar, V. E. y Valdéz, T. J. B. 2009. Extractos de semilla de *Swietenia humilis* Zucc. con actividad antifúngica en *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.:Fr.) Vuill. *Revista Mexicana de Fitopatología* 27(2):84-92.
- Aparecido, C. M.; De Oliveira, M. C. M.; Goldner, S. M.; Teixeira, G. F.; De Azevedo, P. M. C. y Daemon, E. 2010. Acaricidal activity of the essential oils from *Eucalyptus citridora* and *Cymbopogon nardus* on larvae of *Amblyomma cajennense* (Acari: Ixodidae) and *Anocentor nitens* (Acari: Ixodidae). *Parasitology Research* 107:987-992.
- Arcos, R. J. 2009. Efecto del aceite de nim *Azadirachta indica* A. Juss., sobre la termita de madera seca *Incisitermes marginipennis* (Latreille) (Isoptera: Kalotermitidae). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Pag. 62
- Ascher, K. R. S. 1993. Nonconventional insecticidal effects of pesticides available from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Archives of Insects Biochemistry Physiology* 22:433-49.
- Ashraf, H. and Javid, A. 2007. Evaluation of antifungal activity of Meliaceae family against *Macrophomina phaseolina*. *Mycopath* 5(2):81-84.
- Asplanato, G.; Pazos, J.; Buenahora, J.; Amuedo, S.; Rubio, L. y Franco, J. 2011. *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), vector de *Candidatus*

- Liberibacter spp., organismo causal del 'Huanglongbing' de los cítricos, contribución al desarrollo del manejo integrado de la plaga. Proyecto FPTA 230. Montevideo, Uruguay. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.
- Athayde, A. C. R.; Ferreira, U. L.; Lima, E. A. L. A. 2001. Fungos entomopatogênicos: uma alternativa para o controle do carrapato bovino-*Boophilus microplus*. *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento* 21 (1): 12-15.
- Aubert, B. 1987. *Trioza erytreae* Del Guercio and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psylloidea), the two vectors of Citrus Greening Disease: Biological aspects and possible control strategies. *Fruits* 42(3):149-162.
- Aubert, B. and Quilici, S. 1988. Monitoring adult psyllas on yellow traps in Reunion Island. Pages 249-254 in: Proc. 10th Conf. Int. Organ. Citrus Virol. S. M. Garnsey, L. W. Timmer, and J. A. Dodds, eds. International Organization of Citrus Virologists, Riverside, CA.
- Ávalos, G. A. y Pérez-Urria, C. E. 2009. Metabolismo secundario de plantas. Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal 2(3):119-145.
- Ávalos, S. J. 2014. Actividad citotóxica y estudio fitoquímico de los extractos de semilla y hoja de neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) de origen regional (Ébano, San Luis Potosí) comparada con la comercializada en la India. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Bahagabati, K. N. and Nariani, T. K. 1983. Chemical control of citrus psylla, a vector of citrus greening disease. *Journal of Research Assam Agricultural University* 4(1):86-88.
- Banchio, E.; Valladares, G.; Defagó, M.; Palacios, S. and Carpinella, C. 2003. Effects of *Melia azedarach* (Meliaceae) fruit extracts on the leafminer *Liriomyza huidobrensis* (Diptera, Agromyzidae): Assessment in laboratory and field experiments. *Annals of Applied Biology* 143:187-193.
- Baños, D. H. L. 2014. *Tamarixia radiata* Waterson (Hymenoptera: Eulophidae): agente de control biológico para la regulación de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). *Revista de Protección Vegetal* 29(2):152.
- Baños, H. L.; Alemán, J.; Martínez, M. DA.; Miranda, I.; Rodríguez, H.; Suris, M. y Ravelo, J. 2012. Ciclo y tablas de vida horizontal de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) sobre *Murraya paniculata* L. *Revista de Protección Vegetal* 27(2):95-101.
- Bata, G. L. L. 2014. Efecto de la actividad antimicrobiana de los extractos de flor de colorín (*Erythrina americana* Miller) sobre cepas de *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Streptococcus mutans* y *Staphylococcus aureus*. Tesis de Maestría. Universidad de Querétaro.
- Bobadilla, A. M.; Zavaleta, E. G.; Gil, F. F.; Pollack, V. L y Sisniegas, G. M. 2002. Efecto bioinsecticida del extracto etanólico de las semillas de *Annona cherimolia* Miller "Chirimoya" y *A. muricata* Linnaeus "guanábana" sobre larvas del IV estadio de *Anopheles sp.* *Revista Peruana de Biología* 9(2):64-73.
- Bogorni, P. C. e Vendramim, J. D. 2003. Bioatividade de Extratos Aquosos de *Trichilia spp.* Sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em Milho. *Neotropical Entomology* 32(4):665-669.
- Bolívar, K.; Sanabria, M. E.; Rodríguez, D.; Camacaro, M.; Ulacio, D.; Cumana, L. J. y Crescente, O. 2009. Potencial efecto fungicida de extractos vegetales en el desarrollo in vitro del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. &

- Sacc., y de la antracnosis en frutos de mango. *Revista UDO Agrícola* 9:175-181.
- Borges, L. M. F.; Ferri, P. H.; Silva, W. J.; Silva, W. C. and Silva, J. G. 2003. *In vitro* efficacy of extracts of *Melia azedarach* against the tick *Boophilus microplus*. *Medical and Veterinary Entomology* 17:228-231.
- Bové, J. M. 2006. Huanglongbing: A destructive, newly emerging, century-old disease of Citrus. *Journal of Plant Pathology* 88:7-37.
- Brechelt, A. 2004. El manejo ecológico de plagas y enfermedades. Santiago de Chile, Chile: Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (Rap-al). Recuperado el 03 de Febrero de 2015 de http://www.rap-al.org/articulos_files/Manejo_Ecologico_de_Plagas_A.Bretchel.pdf
- Brunherotto, R. and Vendramim, J. D. 2001. Bioatividade de extratos aquosos de *Melia azedarach* L. sobre o desenvolvimento de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro. *Neotropical Entomology* 30: 455-459.
- Caffarini, P.; Carrizo, P.; Pelicano, P.; Roggero, P. y Pacheco, J. 2008. Efectos de extractos acetónicos y acuosos de *Ricinus communis* (ricino), *Melia azedarach* (paraíso) y *Trichillia glauca* (Trichillia), sobre la hormiga negra común (*Acromyrmex lundii*). *IDESIA* 26:59-64.
- Calderón de Rzedowski, G. y Germán, M. T. 1993. Meliaceae. *In: Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*. 11:1-22.
- Camacho, M. R.; Phillipson, J. D.; Croft, S. L.; Solis, P. N.; Marshall, S. J. and Ghazanfar, S. A. 2003. Screening of plant extracts for antiprotozoal and cytotoxic activities. *Journal of Ethnopharmacology* 89:185–191.
- Camarillo de la Rosa, G. 2009. Actividad biológica de extractos de *Tagetes filifolia* Lag. en la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* West. (Hemiptera: Aleyrodidae). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.
- Capataz, T. J.; Orozco, S. F.; Vergara, R. R. y Hoyos, S. R. 2007. Efecto antialimentario de los extractos de suspensiones celulares de *Azadirachta indica* sobre *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith en condiciones de laboratorio. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 60:3703-3715.
- Capoor, S. P.; Rao, D. G. and Viswanath, S. M. 1967. *Diaphorina citri* Kuwayama, a vector of the greening disease of citrus in India. *The Indian Journal of Agricultural Sciences* 37:572-576.
- Carpinella, M. C.; Defago, M. T.; Valladares, G. and Palacios, S. M. 2003. Antifeedant and insecticide properties of a limonoid from *Melia azedarach* (Meliaceae) with potential use for pest management. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51:369-374.
- Casique, V. R.; Reyes, M. A. Y.; Sánchez, P. S. R.; Biodochka, M. J. and López, A. J. I. 2011. Pathogenicity of *Hirsutella citriformis* (Ascomycota: Cordycipitaceae) to *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae). *Florida Entomologist* 94(3):703-705.
- Castiglioni, E.; Vendramim, J. D. y Tamai, M. A. 2002. Evaluación del efecto de extractos acuosos y derivados de meliáceas sobre *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari, Tetranychidae). *Agrociencia* 6(2):75-82.
- Castillo, S. B. E. 2011. Evaluación *in vitro* del efecto de extractos vegetales en el control de la garrapata *Boophilus microplus* en el ganado bovino del cantón

- centinela del cóndor de la provincia de Zamora Chinchipe. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Loja, Ecuador. Pag. 159
- Castillo, S. L. E.; Jiménez, O. J. J. and Delgado, H. M. A. 2010. Secondary metabolites of the Annonaceae, Solanaceae and Meliaceae families used as biological control of insects. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 12:445-462.
- Castillo, S. L. E.; Jiménez, O. J. J. y Delgado, H. M. A. 2012. Actividad biológica *in vitro* del extracto de *Capsicum chinense* Jacq contra *Bemisia tabaci* Genn. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18(3):345-356.
- Cázares, A. N. P.; Verde, S. M. J.; López, A. J. I. y Almeyda, L. I. H. 2014. Evaluación de diferentes extractos vegetales contra el psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Revista Colombiana de Entomología* 40:67-73.
- Champagne, D. E. 1989. Insect antifeedant and growth regulating activity of phytochemicals and extracts from the plant family Meliaceae. Tesis de Doctorado. University of British Columbia. Pag. 347.
- Connolly, J. 1983. Chemistry of the limonoids of the Meliaceae and Cneoraceae. In *Chemistry and Chemical Taxonomy of the Rutales*. P. G. Waterman and M. F. Grunden (eds) (London: Academic Press), 175–213.
- Cortéz, M. E.; López, A. J. I.; Hernández, F. L. M.; Fú, C. A. y Loera, G. J. 2010. Control químico de *Diaphorina citri* Kuwayama en cítricos dulces, en México: Selección de insecticidas y épocas de aplicación. Folleto técnico No. 35. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle del Fuerte. ISBN: 978-607-425-481-5
- Coudriet, D. L.; Prabhaker, N. and Meyerdirk, D.E. 1985. Sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae): Effects of neem-seed extract on oviposition and immature stages. *Environmental Entomology* 14:776-779.
- Cronquist, A. 1992. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, Ed New York. Pag 1262.
- Da Costa, L. A. M. 1942. Insetos do Brasil. 3º tomo. Capítulo XXIII. Homópteros. 327: 267 pp. Escola nacional de Agronomia, Rio de Janeiro.
- De la Cruz, E. DC. 2014. Dinámica poblacional y distribución espacial de *Diaphorina citri* Kuwayama sobre naranja 'valencia late' en el Norte de Veracruz. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Chapingo. Pág. 72.
- Díaz, Z. U. y Tovar, H. H. 2008. Evaluación de efectividad biológica del Bio-Die, PROGRANIC CINNACAR y PROGRANIC NIMICIDE 80 para controlar plagas en limón persa *Citrus latifolia* Tan. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/018/i3300e/i3300e00.htm>
- Do Nascimento, F. J., Filho, E. D., Mesquita, L. X., Martis De Oliveira, A., Pereira, T. F. C. 2008. Extractos vegetales en el control de plagas. *Revista Verde de Agroecología e Desenvolvimento Sustentavel* 3(3):1–5.
- Donoso, C. E. 1998. Efecto de extractos de neem (*Azadirachta indica* J.) y *Melia azedarach* J. sobre 4 hongos fitopatógenos (*Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporium*, *Alternaria alternata*, *Sclerotinia sclerotiorum*) y determinación de compuestos con acción sobre el crecimiento de los hongos. Tesis de Licenciatura. Universidad de Talca, Chile. Pág. 63.

- EPPO. 2014. EPPO A1 and A2 lists of pests recommended for regulation as quarantine pests PM 1/2(23) English.
- Esparza, D. G.; López, C. J.; Villanueva, J. J. A.; Osorio, A. F.; Otero, C. G. y Camacho, D. E. 2010. Concentración de Azadiractina, efectividad insecticida y fitotoxicidad de cuatro extractos de *Azadirachta indica* A. Juss. *Agrociencia* 44(7):821-833.
- Espinoza, P. M. E. 2006. Evaluación de polvos y extractos de *Melia azedarach* L. (Meliaceae) para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) en laboratorio. Memoria de Licenciatura. Universidad de Concepción, Chile.
- Esquinca, R. H. 1994. Efecto antagónico del polvo de hoja de árboles de nim (*Azadirachta indica* A. Juss) del Estado de Nuevo León sobre *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Pág. 73.
- Étienne, J.; Quilici, S.; Marival, D. and Franck, A. 2001. Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). *Fruits* 56(5):307-315.
- FAO, 2013. The state of food on agriculture. Roma. E-ISBN 978-92-5-107672-9
- Fernández, C. D. M. y González, B. C. J. 2008. Evaluación *in vitro* de la actividad antifúngica del extracto foliar del árbol *Azadirachta indica* contra algunos hongos fitopatógenos. Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Pág. 111.
- Fernández, M. y I. Miranda. 2005. Comportamiento de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Parte III: Relación entre el ciclo de vida y el brote vegetativo foliar. *Revista Protección Vegetal*. 20 (3):161-164.
- Ferreira, G. M. R.; Arroteia, C. C. and Kemmelmeier, C. 2010. The effects of neem [*Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae)] oil on *Fusarium oxysporum* f. sp. *Medicagenis* and *Fusarium subglutinans* and the production of fusaric acid toxin. *Advances in Bioscience and Biotechnology* 1:1-6.
- FERSANITO. 2009. Huanglongbing: El enverdecimiento de los cítricos (HLB) y su vector psílido (*Diaphorina citri*) en la República Dominicana. *Boletín informativo* Ed. 9.
- Figuroa, B. R. 2011. Incidencia del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* Smith en Ocoyucan, Puebla y actividad bioinsecticida de semillas de *Carica papaya* L. y *Trichilia havanensis* Jacq. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Pág. 214.
- Fonseca, O.; Valera, N. y Vásquez, C. 2007. Registro y ciclo de vida de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en tres hospederos en el estado Lara, Venezuela. *Entomotropica* 22(3):145-152.
- Fontes, P, A. A.; Fu, C. A. A. y López, A. J. I. 2012. Eficacia de productos orgánicos foliares para el control de ninfas y adultos de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). *BIOtecnia* 14(2):26-31.
- Forti, B. M. S. M.; Neves, V. E. C.; Alves, DS. L.; Silva, D. N.; Girón, P. K. y Prêdes, T. R. C. 2009. Control de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) con extractos vegetales. *Revista Colombiana de Entomología* 35(2):145-149.

- French, J. V.; Kahlke, C. J. and Da Graca, J. V. 2001. First record of the Asian Citrus Psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae), in Texas. *Subtropical Plant Science* 53:14-15.
- Gajmer, T.; Singh, R.; Saini, R. K.; Kalidhar, S. B. 2002. Effect of methanolic extracts of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) and bakain (*Melia azadarach* L.) seeds on oviposition and egg hatching of *Earias vitella* (Fab.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal Applied Entomology* 136: 238- 243.
- Galindo, G.; Contreras, C. y Olvera, L. 2009. Caracterización ecobiográfica del psílido *Diaphorina citri* Kuwayama vector del Huanglongbing que afecta la citricultura mexicana apoyados en SIG y sensores de alta resolución. *Entomología Mexicana* 8:625-630.
- Gandarilla, P. F. L.; López, A. J. I.; Galán, W. L. J. and Quintero, Z. I. 2013. Patogenicity of native entomopathogenic fungi from the Mexican citrus-growing area against *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). *Southwestern Entomologist* 38(2):325-338.
- García, D. C. S. 2009. *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), vector de la bacteria que causa el Huanglongbing (HLB – Greening). Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Buenos Aires, Argentina. Pág. 18.
- García, M. M. A. 2005. Efectos de atracción-repelencia de extractos crudos de plantas de distribución regional en *Sitophilus orizae* L. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Pág. 59.
- García, M. V. H. 2013. Susceptibilidad de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) a insecticidas en Veracruz, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Pag. 50.
- García, P. J. L. 2011. Evaluación de las propiedades acaricidas de *Piper crassinervium* Kunth. *Piper aequale* Vahl. (Piperaceae) sobre larvas de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini, 1887) (Acari: Ixodidae). Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Pag. 96.
- García, R. A.; Juliatti, F. C.; García, B. K. A. y Alves, C. T. 2012. Atividade antifúngica de óleo e extratos vegetais sobre *Sclerotinia sclerotorium*. *Bioscience Journal* 28:48-57.
- Garduño, P. C. 2009. Evaluación de polvos y extractos vegetales sobre el desarrollo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *gladioli* (Massey) Snyder y Hansen e identificación de compuestos volátiles. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Pág, 153.
- González, C. J.; Sánchez, G. J. A. y Arredondo, B. H. C. 2012. Oviposición de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) sobre plantas de *Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae) como factor en la producción de ninfas. XXXV Congreso Nacional de Control Biológico. Puebla, Puebla. Pp. 142-146.
- González, G. R.; Otero, C. G.; Villanueva, J. A.; Pérez, A. J. A. y Soto, H. M. 2006. Toxicidad y repelencia de *Azadirachta indica* contra *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). *Agrociencia* 40:741-751.
- Grafton, G. E. E.; Stelinski, L. L. and Stansly, P. A. 2013. Biology and management of Asian citrus psyllid, vector of the Huanglongbing pathogen. *Annual Review of Entomology* 58:413-432.

- Grainge, M.; Ahmed, S.; Bitchell, W. C. and Hylin, J. W. 1985. Plant species reportedly possessing pest-control properties, and EWC/UH database. Second printing. East-West Center, Honolulu, and University of Hawaii. 249 p.
- Granados, E. C. A. 2010. Alternativas biorracionales para el control de paratrioza *Bactericera cockerelli* Sulzer (Hemiptera: Psyllidae) en laboratorio. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Oaxaca. Pág. 106.
- Halbert, S. E. and Manjunath, K. L. 2004. Asian Citrus Psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: A literature review and assessment of risk in Florida. *Florida Entomologist* 87(3):330-353.
- Halbert, S. E. and Núñez, C. A. 2004. Distribution of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Rhynchota: Psyllidae) in the Caribbean Basin. *Florida Entomologist* 87(3):401-402.
- Hall, D. G. 2008. Biological control of *Diaphorina citri*. I taller Internacional sobre Huanglongbing de los cítricos (*Candidatus Liberibacter* spp) y el psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*). Pág. 7.
- Hasmath, I.; Azad, H. and Ahmed, A. 2012. Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) – A nature's drugstore: An overview. *International Research Journal of Biological Sciences* 1(6):76-79.
- Hernández, F. L. M.; López, A. J. I.; Velázquez, M. J. J.; Urías, L. M. A.; Gómez, J. R. y Robles, B. A. 2013. Eficacia biológica de compuestos químicos aplicados al suelo y follaje contra *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en *Citrus latifolia* Tanaka. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(5):687-700.
- Hernández, F. L. M.; Urías, L. M. A.; Gómez, J. R.; López, A. J. I.; Velázquez, M. J. J. y Orozco, S. M. 2014. El Huanglongbing y su vector *Diaphorina citri* en limón persa en Nayarit: Recomendaciones para su manejo. Libro técnico No. 3, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. Pag. 82.
- Hernández, F. L. M.; Urías, L. M. A.; López, A. J. I.; Gómez, J. R. y Bautista, M. N. 2012. Control químico de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en lima persa *Citrus latifolia* Tanaka. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(3):427-439.
- Huerta, A.; Chiffelle, I.; Lizana, D. y Araya, J. E. 2008. Actividad insecticida de extractos del fruto de *Melia azedarach* en distintos estados de madurez sobre *Drosophila melanogaster*. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas* 34:425-432.
- Iannaccone, J.; Ayala, H. & Román, A. 2005. Efectos toxicológicos de cuatro plantas sobre el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1855 (Coleoptera: Curculionidae) y sobre el gorgojo de las galletas *Stegobium paniceum* (Linnaeus 1761) (Coleoptera: Anobiidae) en Perú. *Gayana* 69(2):234-240.
- Ibáñez, F. y Zoppolo, R. 2008. Estudios de producción y efectividad de extractos de Paraíso (*Melia azedarach*). En Jornada de Divulgación: "Avances de Resultados en Agricultura Orgánica" Serie de Actividades de Difusión N° 551. INIA-Las Brujas.
- Ichinose, K.; Hoa, N. V.; Bang, D. V.; Tuan, D. H. and Dien, L. Q. 2012. Limited efficacy of guajava interplanting on citrus greening disease: Effectiveness of protection against disease invasion breaks down after one year. *Crop Protection* 34:119-126.

- Iriarte, D.H. P. G.; Aguirre, O. J.; Martínez, G. S.; Gómez, D. A. A.; Loya, O. J. L.; Fernández, R. M. y Ulloa, C. R. R. 2013. Repelencia de los pastos *Melinis minutiflora*, *Andropogon gayanus*, *Brachiaria brizantha* y *Cenchrus ciliaris* sobre larvas de garrapata *Amblyomma cajennense* F. (Acari: Ixodidae). *Revista Bio Ciencias* 2(3):140-147.
- IUCN. 2015. The IUCN Red List of Threatened Species. Consultado el 23 de Mayo de 2015 en <http://www.iucnredlist.org/>
- Jacobson, M. 1989. Botanical pesticides: past, present and future. In: Insecticides of plant origin. Arnason, J. T.; B. J. R. Philogene and P. Moran (Eds.). *American Chemical Society*. Symposium Series 387. Washington D. C., USA. p. 1-10.
- Jiménez, A.; Mata, R.; Pereda, M. R.; Calderon, J.; Isman, M. B.; Nicol, R. and Arnason, J. T. 1997. Insecticidal limonoids from *Swietenia humilis* and *Cedrela salvadorensis*. *Journal of Chemical Ecology* 23(5):1225-1234.
- Jiménez, A.; Villareal, C.; Toscano, R. A.; Cook, M.; Arnason, J. T.; Bye, R. and Mata, R. 1998. Limonoids from *Swietenia humilis* and *Guarea grandiflora* (Meliaceae). *Phytochemistry* 49(7):1981-1988.
- Jiménez, J. A.; López, N. J. C. y Soto, G. A. 2012. Patogenicidad de dos nematodos entomopatógenos sobre *Metamasius hemipterus sericeus* (Coleoptera: Cuculionidae). *Boletín Científico Museo de Historia Natural* 16(2):87-97.
- Lawrence, G. H. 1951. Taxonomy of vascular plants. Macmillan, New York.
- Leyva, M.; Marquetti, M. C.; Tacoronte, J. E.; Scull, R.; Tiomno, O., Mesa, A. y Montada, D. 2009. Actividad larvicida de aceites esenciales de plantas contra *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). *Revista Biomédica* 20:5-13.
- Li, Xiaodong. 1999. Recent studies on insecticidal activities of limonoids from meliaceous plants. *Entomología SINICA*. 6(3): 283-288.
- Liu, Y. H. and Tsai, J. H. 2000. Effects of temperature on biology and life table parameters of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). *Annals of Applied Biology* 137:201-206.
- Lizana, R. D. R. 2005. Elaboración y evaluación de extractos del fruto de *Melia azedarach* L. como insecticida natural. Memoria Profesional. Universidad de Chile. Pág. 57.
- Lizarazo, H. K.; Mendoza, F. C. y Carrero, S. R. 2008. Efecto de extractos vegetales de *Polygonum hydropiperoides*, *Solanum nigrum* y *Calliandra pittieri* sobre el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). *Agronomía Colombiana* 26(3):427-434.
- Lizcano, G. M. C. 2007. Evaluación de la actividad antifúngica del extracto de tomillo (*Thymus vulgaris*) contra *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum* y *Sclerotinia sclerotiorum*. Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Pág. 71.
- Lizcano, R. A. J. y Vergara, G. J. L. 2008. Evaluación de la actividad antimicrobiana de los extractos etanólicos y/o aceites esenciales de las especies vegetales *Valeriana pilosa*, *Hesperomeles ferruginea*, *Myrcianthes rhopaloides* y *Passiflora manicata* frente a microorganismos patógenos y fitopatógenos. Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Pág. 131.

- Llorente, B. J. y Ocegueda, S. 2008. Estado del conocimiento de la biota, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 283-322.
- López, A. J. I.; Peña, M. A.; Rocha, P. M. A. y Loera, J. 2005. Ocurrencia en México del psílido asiático *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae). In: Memorias del VII Congreso Internacional de Fitopatología. Chihuahua, Chih., México. Pp. C68.
- López, C. J.; López, A. J. I.; Robles, G. P. L. and Márquez, S. M. 2013. Geographic distribution of habitat, development, and population growth rates of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, in México. *Journal of Insect Science* 13(144):1-17.
- López, O. J.; Adán, A.; Ould, A. E.; Budia, F.; Del Estal, P. y Viñuela, E. 2002. Actividad de *Trichilia havanensis* Jacq. (Meliaceae) en la mosca mediterránea de la fruta *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae). *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas* 28:299-306.
- López, P. Y.; Angulo, E. M.; Martínez, R. C.; Soto, B. J. y Chaidez, Q. C. 2007. Efecto antimicrobiano de extractos crudos de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) y venadillo (*Swietenia humilis* Zucc) contra *E. coli*, *S. aureus* y el bacteriófago P22. *Bioquímica* 32(4):117-125.
- López, T. J. M y Salas, O. M. R. 1995. Control de algunos hongos fitopatógenos con extractos vegetales. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara.
- Macías, R. L. C.; Santillán, O. C.; Robles, B. A.; Isiordia, A. N. y Ortiz, C. M. 2013. Insecticidas de bajo impacto ambiental para el control de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en limón persa en "La Fortuna", Nayarit, México. *Revista Bio Ciencias* 2(3):154-161.
- Magaña, P. y Villaseñor, J. L. 2002. La flora de México, ¿Se podrá conocer completamente? *Ciencias* 66:24-26.
- Mann, R. S.; Rouseff, R. L.; Smoot, J. M.; Castle, W. S. and Stelinski, L. L. 2011. Sulfur volatiles from *Allium* spp. affect Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), response to citrus volatiles. *Bulletin of Entomological Research* 101:89-97.
- Mann, R. S.; Tiwari S.; Smoot J. M.; Rouseff R. L.; Stelinski L. L. 2010. Repellency and toxicity of plant-based essential oils and their constituents against *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). *Journal of Applied Entomology*. 136:1-10.
- Mareggiani, G. 2001. Manejo de insectos plaga mediante sustancias semioquímicas de origen vegetal. *Manejo integrado de plagas (Costa Rica)* 60:22-30.
- Mareggiani, G.; Zamuner, N. y Angarola, G. 2010. Efecto de extractos acuosos de dos meliáceas sobre *Meloidigyne incognita* (Nematoda, Meloidigynidae). *Revista Latinoamericana de Química* 38:68-73.
- Martínez, V. C. y Gómez, A. S. 2007. Riesgo genotóxico por exposición a plaguicidas en trabajadores agrícolas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 23:185-200.
- Mata, B. I. y Mosqueda, V. R. 1995. La Producción del Mango en México. UTEHA Noriega Editores. México. Pp. 83-103.
- McFarland, C. D. and Hoy, M. A. 2001. Survival of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) and its Two parasitoids, *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae)

- under different relative humidities and temperature regimes. *Florida Entomologist* 84:227-233.
- Mead, F. W. and Fasulo, T. R. 2014. Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Insecta: Hemiptera: Psyllidae). FDACS/DPI Entomology Circular 180. University of Florida, Gainesville, FL.
- Mendes, DS. C.; Vasconcelos, B. R. y Duarte, R. F. C. M. 2014. Ação de extratos de cinamomo sobre *Plasmopara viticola*. *Bioscience Journal* 30(2):639-649.
- Mendes, DS. C.; Vasconcelos, B. R. y Rios, D. F. C. M. 2012. Utilização do extrato aquoso de cinamomo no controle da antracnose da videira. *Summa Phytopathol* 38(4):312-318.
- Mendes, M. P.; Blume, E.; Brião, M. M. F.; Crintiane, B. S.; Junges, E.; Gindri, M. C. y Deconto, W. M. D. 2009. Ação fungitóxica de extractos vegetais sobre o crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides*. *Uruguaiana* 16:1-13.
- Mendoza, G. E. E. 2010. Toxicidad y repelencia de extractos vegetales para el control de mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* West. (Hemiptera: Aleyrodidae). Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Oaxaca.
- Michaud, J. P. 2001. Numerical response of *Olla V-Nigrum* (Coleoptera: Coccinellidae) to infestations of Asian citrus psyllid, (Hemiptera: Psyllidae) in Florida. *Florida Entomologist* 84(4):608-612.
- Michaud, J. P. 2002. Biological control of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Florida: A preliminary report. *Entomological News* 113(3):216-222.
- Michaud, J. P. and Olsen, L. E. 2004. Suitability of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, as prey for ladybeetles. *BioControl* 49:417-431.
- Millán, C. 2008. Las plantas: Una opción saludable para el control de plagas. Red de acción en plaguicidas y sus alternativas para América Latina. ISBN: 978-9974-8029-2-6
- Montesino, V. M.; López, F. H.; Hernández, A. J. y De Zayas, I. E. 2009. Insecticidas botánicos como alternativas para el manejo de plagas en sistemas agroforestales. *Agricultura orgánica* 1:24-26.
- Monzó, C.; Vanaclocha, P. y Stansly, P. A. 2014. Gestión del HLB y su vector, el psílido Asiático de los cítricos en Florida. *Levante Agrícola* 1:120-125.
- Moo-Koh, F. A.; Alejo, J. C.; Reyes, R. A.; Tun, S. J. M.; Sandoval, L. R. y Ramírez, P. J. A. 2014. Actividad *in vitro* del extracto acuoso de *Bonellia flammea* contra hongos fitopatógenos. *Agrociencia* 48(8):833-845.
- Morales, I, DS. 2013. Monografía del Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter* spp) de los cítricos. Trabajo de Experiencia Recepcional. Universidad Veracruzana. Pág. 43.
- Morales, V. P.; Fonseca, O.; Noguera, Y.; Cabaña, W.; Ramos, F.; Escalona, E.; Rosales, C.; Cermeli, M.; Salas, B. y Sandoval, E. 2010. Evaluación del ciclo de vida del psílido Asiático de los cítricos en cinco plantas hospederas. *Agronomía Tropical* 60(3):283-286.
- Nardo, E. A. B.; Costa, A. S. and Lourenção, A. L. 1997. *Melia azedarach* extracts as an antifeedant to *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Florida Entomologist* 80:92-94.

- Nava, P. E.; Gastélum, H. P.; Camacho, B. J. R.; Valdez, T. B.; Bernal, R. C. R. y Herrera, F. R. 2010. Utilización de extractos de plantas para el control de gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say) en frijol almacenado. *Ra Ximhai* 6:37-43.
- Ogbuewu, I. P.; Odoemenam, V. U.; Obikaonu, H. O.; Opara, M. N.; Emenalom, O. O.; Uchegbu, M. C.; Okoli, I. C.; Esonu, B. O. and Iloeje, M. U. 2011. The growing importance of Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) in Agriculture, Industry, Medicine and Environment: A review. *Research Journal of Medical Plant* 5(3):230-245.
- Olivero, V. J.; Caballero, G. K.; Jaramillo, C. B. y Stashenko, E. E. 2009. Actividad repelente de los aceites esenciales de *Lippia origanoides*, *Citrus sinensis* y *Cymbopogon nardus* cultivadas en Colombia frente a *Tribolium castaneum*, *Herbst. Salud UIS* 41(3):244-250.
- Omar, S., Marcotte, M., Fields, P., Sanchez, P. E., Poveda, L., Mata, R., Jimenez, A., Durst, T., Zhang, J., Mackinnon, S., Leaman, D., Arnason, J.T. and Philogène, B.J.R. 2007. Antifeedant activities of terpenoids isolated from tropical Rutales. *Journal of Stored Products Research* 43: 92-96.
- Onagbola, E. O.; Rouseff, R. L.; Smoot, J. M. and Stelinski, L. L. Guava leaf volatiles and dimethyl disulphide inhibit response of *Diaphorina citri* Kuwayama to host plant volatiles. *Journal of Applied Entomology* 135:404-414.
- Organización Mundial del Comercio, 2010. Problemas mundiales, soluciones mundiales: Hacia una mejor gobernanza mundial. Foro público de la OMC 2009. [Online] <http://onlinebookshop.wto.org> ISBN: 978-92-870-3732-9 2009. Pp. 260.
- Ortega A. L. D.; Mendoza G. E. E.; Lugo G. G. A. y Almada R. V. G. 2014. Toxicidad de extractos de "venadillo" (*Swietenia humilis* Zucc.) en adultos y ninfas de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Entomología Mexicana* 13(2):746-749.
- Ortíz, N. Y.; Avilés, P. R.; Spengler, S. I.; Rodríguez, D. Y.; Álvarez, V. M. E.; Lorenzo, R. Y.; Martínez, S. Y. and Ramos, G. N. 2008. Efecto antialimentario de *Melia azedarach* L. en dos especies de insectos fitófagos (Lepidoptera: Noctuidae). *Fitosanidad* 12(2):89-92.
- Orwa, C.; Mutua, A.; Kindt, R.; Jamnadass, R. and Anthony, S. 2009. Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0 disponible en: (<http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp>), Consultado el 25 de Septiembre de 2015.
- Osuna, L. E. 2005. Uso del neem para la elaboración artesanal de bioplaguicidas. Folleto técnico No. 10. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Todos Santos. Pp. 32.
- Ouyang, G.; Fang, X.; Lu, H.; Zhou, X.; Meng, X.; Yu, S.; Guo, M. and Xia, Y. 2013. Repellency of five mineral oils against *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Florida Entomologist* 96(3):974-982.
- Palma, R. M. y Serrano, L. 1997. Efecto de extractos botánicos sobre el picudo del chile (*Anthonomus eugenii* Cano) resultados preliminares en El Salvador. *Agronomía Mesoamericana* 8:99-107.
- Parra, H. G. J.; García, P. C. M.; Cotes, T. J. M. 2007. Actividad insecticida de extractos vegetales sobre *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) vector del dengue en Colombia. *Revista CES Medicina* 21:47-54.

- Parrota, J. A. y Chaturvedi, A. N. 1994. *Azadirachta indica* A. Juss. Neem, margosa. SO-ITF-SM-70. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 8 p.
- Pengue, W. A. 2005. Agricultura industrial y transnacionalización en América Latina: ¿La transgénesis de un continente? Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente. Red de formación ambiental para América Latina y el Caribe. Serie Textos Básicos para la formación ambiental. [Online] ISBN 968-7913-34-7.
- Pennington, T.D. (2009). Neotropical Meliaceae. In: Milliken, W., Klitgård, B. & Baracat, A. (2009 onwards), Neotropikey-Interactive key and information resources for flowering plants of the Neotropics.
- Pérez, C. A.; Rojas, S. J.; Chamorro, A. L. y Pérez, P. K. 2011. Evaluación de la actividad antifúngica de *Melia azedarach* sobre aislados de *Colletotrichum* spp. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 3(2):309-320.
- Pérez, L. E. 2012. Plaguicidas botánicos: Una alternativa a tener en cuenta. *Fitosanidad* 16:51-59.
- Pérez, P. R.; Rodríguez, H. C.; Lara, R. J.; Montes, B. R. y Ramírez, V. G. 2004. Toxicidad de aceites, esencias y extractos vegetales en larvas de mosquito *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). *Acta Zoológica Mexicana* 20:141-152.
- Peterson, C. y Coats, J. 2001. Insect repellents. Past, present and future. *Pesticide Outlook* 12:154-158.
- Pluke, R. W. H.; Qureshi, J. A. and Stansly, P. A. 2008. Citrus flushing patterns, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) populations and parasitism by *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Puerto Rico. *Florida Entomologist* 91:36-42.
- Prabhaker N.; Coudriet, L. D. and Meyerdirk, D. F. 1985. Insecticides resistance in the sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology* 78:748-752.
- Preza, D. A. 2011. Enemigos naturales de *Diaphorina citri* (Kuwayama) (Hemiptera: Psyllidae) en tres sitios del Estado de Veracruz. Trabajo de Experiencia Recepcional. Universidad Veracruzana. Pág. 79.
- Quintana, O. E. A.; Plascencia, J. M.; Burgos, H. A.; Guerrero, R. J. C.; Parra, V. N. V. y Cortéz, R. M. O. 2010. Extracto metanólico de *Datura stramonium* para el control *in vitro* e *in vivo* de *Ramularia cercosporoides*, agente causal de la falsa cenicilla del cártamo (*Carthamus tinctorius*). *Revista Mexicana de Micología* 31:19-27.
- Qureshi, J. A. y Stansly, P. A. 2008. Rate, placement, and timing of aldicarb applications to control Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), in oranges. *Pest Management Science* 64:1159-1169.
- Ramírez, A. M.; Cruz, C. A. y Rodríguez, M. C. 2009. Evaluación preliminar del efecto de los extractos etanólicos de cinco plantas medicinales sobre la mosca de los cuernos *Haematobia irritans* L. (Diptera: Muscidae). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 12:69-78.
- Ramos, L. M. A.; Pérez, G. S.; Zavala, S. M. A.; Rodríguez, H. C. y Mahuku, G. 2009. Actividad de extractos acuosos de *Ricinus communis* y de *Azadirachta indica*

- contra *Spodoptera frugiperda*, X Simposio Internacional y V Congreso Nacional de Agricultura Sostenible, Chiapas, México. Pág. 6.
- Reyes, R. M. A.; Loera, G. J. y López, A. J. I. 2013. Comparación de control natural y químico del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(4):495-501.
- Rico, R. L.; Gómez, F. D. E.; Ortiz, B. R.; Cano, E. E. y Franco, C. M. 2014. Evaluación toxicológica y farmacológica del extracto etanólico de las semillas de *Swietenia humilis* Zucc (caobilla). *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas* 45(2):77-83.
- Rivero, A. A. and Grillo, R. H. 2000. Natural enemies of *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) in the central region of Cuba. *Centro Agrícola* 27:87–88.
- Robles, G. M. M.; Velázquez, M. J. J.; Orozco, S. M.; Manzanilla, R. M. A.; Flores, V. R.; Arredondo, B. H.; Archila, M. A. B.; Núñez, C. M. C.; Barba, R. M.; Reyes, M. J. G. y Rodríguez, A. J. I. 2010. Bioecología del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en limón mexicano en Colima. VI Simposio Internacional Citrícola, Colima, México. Pág. 31-73.
- Robles, G. P. L. 2012. Protocolo para establecer áreas regionales de control del Huanglongbing y el psílido asiático de los cítricos (ARCOs). 60 p.
- Rodríguez, A. T.; Morales, D. y Ramírez, M. A. 2000. Efecto de extractos vegetales sobre el crecimiento *in vitro* de hongos fitopatógenos. *Cultivos Tropicales* 21(2):79-82.
- Rodríguez, H. C. 1998. Recetas de plantas contra mosca blanca. Memorias del I Simposio Internacional y IV Nacional sobre Substancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas. Rodríguez H., C. (Ed). Acapulco, Guerrero, México. p. 49-67.
- Rodríguez, H. C.; Lagunes, T. A.; Domínguez, R. R. y Bernúdez, V. L. 1982. Búsqueda de plantas nativas del Estado de México con propiedades tóxicas contra el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith y mosquito casero *Culex quinquefasciatus* Say. *Revista Chapingo* 37-38:35-9.
- Rodríguez, S. C. R. and Trumble, T. J. 1999. Effect of avocado furans on larval survival, growth, and food preference of the generalist herbivore, *Spodoptera exigua*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 90:131-40.
- Roel, A. R. e Vendramim, J. D. 2006. Efeito residual do extrato acetato de etila de *Trichilia pallida* Swartz (Meliaceae) para lagartas de diferentes idades de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). *Ciência Rural, Santa Maria* 36(4):1049-1054.
- Roistacher, C. N. 1996. The economics of Living with Citrus Diseases: Huanglongbing (Greening) in Thailand. Thirteenth ZOCV Conference, 1996-Procarvates and Blight. Pp. 279-285.
- Rojas, A. M.; Beltrán, S. V.; González, V. N. K.; Hernández, B. D. A.; Martínez, G. E.; Plancarte, S. A. y Villegas, R. L. 2011. Tratamiento alternativo con cuahuilote (*Guazuma ulmifolia* Lam.) y zopilote (*Swietenia humilis* Zucc.) para diabéticos que no responden a los hipoglucemiantes orales. Tlahui-Medic 32 Disponible en: http://www.tlahui.com/medic/medic32/diabetes_cuahui_zopil.htm). Consultado el 03 de Mayo de 2015.

- Rojas, S. J. N.; Pérez, C. A. F.; Martínez, A. J. G. y Mielles, G. J. U. 2012. Actividad antibacteriana de extracto de hojas de *Melia azedarach* L. *Revista Colombiana de Biotecnología* 14:224-232.
- Rosado, A. J. A.; Aguilar, C. A. J. Rodríguez, V. R. I.; Borges, A. R.; García, V. Z.; Méndez, G. M.; Cáceres, F. M. y Dorantes, E. A. 2008. Actividad ixodocida de extractos crudos de *Diospyros anisandra* contra larvas de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 8:297-301.
- Rossetti, M. R.; Defagó, M. T.; Carpinella, M. C.; Palacios, S. M. y Valladares, G. 2008. Actividad biológica de extractos de *Melia azedarach* sobre larvas de *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 67(1-2):115-125.
- Rouseff, R. L.; Onagbola, E. O.; Smoot, J. M. and Stelinski, L. L. 2008. Sulfur volatiles in Guava (*Psidium guajava* L.) Leaves: Possible Defense Mechanism. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(19):8905-8910.
- Ruiz, G. I. 2013. Evaluación de insecticidas para el control del psílido Asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*) Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en sus diferentes estados biológicos, en limón persa. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Pág. 46.
- Sabillón, A. y Bustamante, M. 1995. Evaluación de extractos botánicos para el control de plagas del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *CEIBA* 36(2):179-187.
- Salas, J. y Mendoza, O. 2001. Evaluación de un extracto de nim en el control de *Bemisia tabaci* y *Liriomyza sativae* en tomate. *Agronomía Tropical* 51(2):221-234.
- Salcedo, D.; Hinojosa, R.; Mora, G.; Cocarrubias, I.; De Paolis, F.; Cintora, C. y Mora, S. 2010. Evaluación del impacto económico de Huanglongbing (HLB) en la cadena citrícola mexicana. México: IICA, 144 p.
- Sanabria, R. S. R. y Ramírez, L. M. 2013. Evaluación del efecto insecticida y repelente del polvo de *Chenopodium ambrosioides* sobre adultos de *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera, Bruchidae) en semillas de poroto (*Vigna unguiculata*). *Investigación Agraria* 11:36-39.
- Sánchez, B. M. 2010. Biología, ecología y control de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Pág. 57.
- Sánchez, G. J. A.; Moreno, C. G.; González, C. J. y Arredondo, B. H. C. 2012. Parasitismo de *Tamarixia radiata* (Waterson) (Hymenoptera: Eulophidae) sobre *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en áreas urbanas de la zona citrícola del estado de Colima. 3° Simposio Nacional sobre Investigación para el manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México. Veracruz, México. Pág. 66.
- Sánchez, M. M. 2011. Evaluación de insecticidas para el control del psílido Asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), en plantas de naranjo valencia y limonaria en vivero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Pág. 54.
- Sánchez, R. M.; Fontal, C. F. M.; Sánchez, R. A. y López, C. J. I. 1997. El uso de insectos depredadores en el control biológico aplicado. *Boletín SEA* 20:141-149.

- Sandoval, R. F.; Arriaga, G. M. L.; Hernández, L. L.; Hernández, R. I. y Guzmán, G. F. I. 2013. Actividad biológica en campo del extracto etanólico de *Melia azedarach*, *Psidium guajava*, *Datura stramonium*, *Piper auritum* y *Azadirachta indica* A. Juss sobre la *Diaphorina citri*. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 9:22-29.
- SAS Institute. 2002. The SAS System SAS Institute 2002 for Windows. Version 9.2.
- Schmutterer, H. 1990. Properties and potential of natural pesticides from the nim tree, *Azadirachta indica*. *Annual Review of Entomology* 35:271-297.
- Schuster, D. J.; Thompson, S.; Ortega, A. L. D. and Polston, J. E. 2009. Laboratory evaluation of products to reduce settling of sweetpotato whitefly adults. *Journal of Economic Entomology* 102(4): 1482-1489.
- Segura, C. R.; Mata, R.; Anaya, A. L.; Hernández, B. B.; Villena, R.; Soriano, G. M.; Bye, R. and Linares, E. 1993. New tetranortriterpenoids from *Swietenia humilis*. *Journal of Natural Products* 56(9):1567-1574.
- SENASICA, 2015. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. *Diaphorina citri* Kuwayama, Psílido Asiático de los Cítricos. Ficha técnica. Pdf. <http://www.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?IdDocumento=21365&IdUrl=39203>. (Consulta: 15-01-2015).
- Senthil, N. S. 2013. Physiological and biochemical effect of the neem and other Meliaceae plants secondary metabolites against Lepidopteran insects. *Frontiers in Physiology* 4:1-17.
- Serra, A. J.; Sans, B. A. y Riba, V. M. 1998. Caracterización de la actividad alimentaria de extractos de frutos y semillas de *Melia azedarach* L. y de *Azadirachta indica* A. sobre larvas del lepidóptero *Sesamia nonagrioides* Lef. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas* 24:1019-1032.
- Serra, C.A., 2006. Manejo Integrado de Plagas de Cultivos-Estado Actual y Perspectivas para la República Dominicana. Santo Domingo (República Dominicana). CEDAF, 2006. pp.176
- Shapiro, S.S. y Wilk, M.B. 1965. An Analysis of Variance Test For Normality (complete samples). *Biometrika* 52: 591–611.
- Shreve, F. y Wiggins, I. L. 1964. Vegetation and flora of the Sonoran Desert, Vol. I y II. Stanford University Press, Stanford, California, EE. UU. 1740 pp.
- Silva, A. G.; Lagunes, T. A.; Rodríguez, M. J. C. y Rodríguez, L. D. 2002. Insecticidas vegetales: una vieja y nueva alternativa para el manejo de plagas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* 66:4-12.
- Silva, G.; Orrego, O.; Hepp, R. y Tapia, M. 2005. Búsqueda de plantas con propiedades insecticidas para el control de *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40:11-17.
- Soto, L. M. G. 2013. Respuesta fisiológica y bioquímica de plantas de limón mexicano infectadas con *Candidatus Liberibacter asiaticus*. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Sinaloa.
- Standley, P. C. 1920–1922. Trees and shrubs of México. Contributions from the United States National Herbarium 23: 1–1721.

- Stansly, P. A., and Qureshi, J. A. 2007. Insecticidal control of Asian citrus psyllid through foliar applications on orange, 2006. *Arthropod Management Tests* 32: D10.
- Stauffer, B. A.; Orrego, F. A. y Aquino J. A. 2000. Selección de extractos vegetales con efecto fungicida y/o bactericida. *Revista de Ciencia y Tecnología* 1(2):29-33.
- Su, H. J. y Huang, R. S. 1990. The nature of likubin organism, life cycle, morphology and possible strains, pp. 106-110. *In*: B. Aubert, S. Tontyaporn, y D. Buangsuwon [eds.], Rehabilitation of Citrus Industry in the Asia Pacific Region. Proc. Asia Pacific International Conference on Citriculture. Chiang Mai, Thailandia, 4-10 Febrero 1990. UNDP-FAO, Roma
- Teixeira, D. C.; Ayres, A. J.; Danet, J. L.; Jagoueix, E. S.; Saillard, C. and Bové, J. M. 2005. First report of a huanglongbing-like disease of citrus in São Paulo State Brazil, and association of a new *Liberibacter* species, *Candidatus Liberibacter americanus*, with the disease. *Plant Disease* 89:107.
- Tequida, M. M.; Cortez, R. M.; Rosas, B. E. C.; López, S. S. y Corrales, M. C. 2002. Efecto de extractos alcohólicos de plantas silvestres sobre la inhibición de crecimiento de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium expansum*, *Fusarium moniliforme* y *Fusarium poae*. *Revista Iberoamericana de Micología* 19:84-88.
- Thacker, J.R.M. 2002. An introduction to arthropod pest control. Cambridge University Press.
- Trinidad, C. V. L. y Gaona, M. E. F. 2011. Acción insecticida y repelente del neem sobre adultos de *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae) en granos de poroto (*Vigna unguiculata*). *Investigación Agraria* 13(2): 107-111.
- Tsai, J. H.; Chen, Z. Y.; Chen, C. Y. y Jin, K. X. 1988. Mycoplasmas and fastidious vascular prokaryotes associated with tree diseases in China. pp 69-97. En C. Hiruki (ed.). Tree mycoplasmas and mycoplasma diseases. The University of Alberta Press.
- Tsai, J. H.; Wang, J. J. and Liu, Y. H. 2002. Seasonal abundance of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in southern Florida. *Florida Entomology*. 87:446-451.
- Valencia, B. A. J.; Bautista, M. N.; López, B. J. A. 2004. Uso de extractos acuosos de nim, *Azadirachta indica* A. Juss, en la oviposición de la mosca mexicana de la fruta *Anastrepha ludens* Loew (Diptera: Tephritidae) en naranja Valencia. *Fitosanidad* 8(4):57-59.
- Valladares, G.; Garbin, L.; Defagó, M. T.; Carpinella, C. y Palacios, S. 2003. Actividad antialimentaria e insecticida de un extracto de hojas senescentes de *Melia azedarach* (Meliaceae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 62(1-2):53-61.
- Varela, R. C. W. 2010. La familia Meliaceae en los herbarios de Venezuela. Clave para los géneros venezolanos. *Acta Botánica Venezolana* 33:137-150.
- Velarde, F. S.; Salazar, A. J. C.; López, M. R.; Pérez, M. J.; Cortéz, M. E. y González, G. D. 2010. Monitorreo de *Candidatus Liberibacter* spp. en el psílido de los cítricos (*Diaphorina citri* Kuwiyama), en Sinaloa. Pp. 5-6. *In*: Avances de Investigación 2010 del CEVACU. Publicación especial No. 13. Instituto

- Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de Culiacán. Pág. 118.
- Velásquez, A. L. 2007. Actividad antimicrobiana de extractos de *Franseria artemisioides*, *Rumex palustris*, *Baccharis latifolia*, *Cestrum parqui* y *Piper asperifolium* frente a *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Enterococcus faecalis*. Tesis de Licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés, La paz, Bolivia. Pág. 113.
- Velásquez, D. L. 2006. Adaptación del árbol del nim *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae) en el trópico seco y sus usos como insecticida biológico. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Pág. 91.
- Velásquez, G. A.; Angulo, E. M. A.; García, E. R. S.; Carrillo, F. J. A. y Guerrero, O. C. A. 2006. Extractos de semilla de *Moringa oleifera* Lam. Para el control de *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.: Fr.) Vuill. *Revista Mexicana de Fitopatología* 24(2):81-87.
- Viglianco, A. I.; Novo, R.; Cragnolini, C. y Nassetta, M. 2006. Actividad biológica de extractos crudos de *Larrea divaricata* Cav y *Capparis atamisquea* Kuntze sobre *Sitophilus oryzae* (L.). *Agriscientia* 23:83-89.
- Villalobos, M. J. P. 1996. Plaguicidas naturales de origen vegetal: Estado actual de investigación. Monografía Ed. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 37p.
- Villamil, M. D. A.; Naranjo, N. y Van, S. M. A. 2012. Efecto insecticida del extracto de semillas de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) sobre *Collaria scenica* Stal (Hemiptera: Miridae). *EntomoBrasilis* 5(2):125-129.
- Villanueva, J. J. A.; Cabrera, M. H.; Murillo, C. F. D.; Aguilar, R. L.; José, P. R. y Montero, M. A. L. 2011. Insecticidas para el control de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en limón persa en la región central de Veracruz. 2° Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y Huanglongbing en México. Montecillo, Edo. De México.
- Weathersbee III, A. A. and McKenzie, C. L. 2005. Effect of neem biopesticide on repellency, mortality, oviposition, and development of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae). *Florida entomologist* 88(4):401-407.
- Weninger, E. J. and Hall, D. G. 2007. Daily timing of mating and age at reproductive maturity in *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *Florida Entomologist* 90(4):715-722.
- Wilson, C. L.; El Ghaouth, A.; Wisniewski, E. M. 1999. Prospecting in nature's storehouse for biopesticides. Conferencia magistral. XXVI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología, A. C. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 17:49-53.
- Yang, Y.; Huang, M.; Beattie, G. A. C.; Xia, Y.; Ouyang, G. and Xiong, J. 2006. Distribution, biology, ecology and control of the psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama, a major pest of citrus: a status report for China. *International Journal of Pest Management* 52: 343–352.
- Zaka, S. M.; Zeng, X. N.; Holford, P. and Charles, B. G. A. 2010. Repellent effect of guava leaf volatiles on settlement of adults of citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama, on citrus. *Insect Science* 17:39-45.

Zanábriga, P. F.; Rodríguez, H. C. y Rivera, A. J. L. 2007. Extractos acuosos de higuierilla *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) y caoba *Swietenia humilis* (Meliaceae) como disuasivos de la alimentación en la hormiga arriera *Atta mexicana*. In: *Agricultura Sostenible*. Volumen 1; Alternativas contra plagas. Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible, CP e ITA Tlaxcala. Montecillo, Texcoco, México. 109 p. Rodríguez-Hernández, C., M.L.I. de Bauer, C.G.S. Valdés-Lozano, y S. Sánchez-Preciado (Eds).