



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

ESCUELA DE ESTUDIOS SUPERIORES DEL JICARERO

Actividad afidicida en dieta artificial de *Dodonaea viscosa* contra
Melanaphis sacchari Zehntner (Hemiptera: Aphididae)

TESIS PROFESIONAL POR ETAPAS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

P R E S E N T A:

NOMBRE COMPLETO DEL ESTUDIANTE

MONSERRAT AVILA ULLOA

DIRECTOR

Dr. César Sotelo Leyva

CO-DIRECTOR

Dr. David Osvaldo Salinas Sánchez

Junio, 2022

No importa lo frustrado que te sientas, debes seguir viviendo

DEDICATORIA

A **Dios** que me miró con agrado y me extendió su amor, él me ha mostrado su favor y me ha concedido la paz.

A mis **Padres** Angélica Ulloa Hernández y Sabas Ávila Quintero por brindarme su apoyo, que su comprensión y su amor en cada decisión y paso que doy.

A mis **hermanos** Eduardo Salvador por mostrarme que hay más de un camino que a mi hermana Ana Karen, que por enseñarme que nunca es tarde para empezar y a mi hermano José Emmanuel por su compañía y apoyo, que los quiero.

A mis **sobrinos** Eduardo Yunueth por hacerme feliz en mis días grises, a Ian Alexander por actos pequeños que hacen bellos momentos, a Jennifer Aylin por recordarme la belleza y la inocencia cada que la veo y a Oliver Benjamín por hacerme reír con su seriedad, los amo.

A **Jonathan Daniel**, mi cacique, sé que estas muy feliz por mí, así como yo lo estoy de ti, te mando un abrazo hasta el cielo, que te extraño mucho, te dedico este y todos mis logros, te llevo siempre en mi corazón, te quiero.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. César Sotelo Leyva por la oportunidad de trabajar con él, por tenerme mucha paciencia, por ser una excelente persona y profesor, por ayudarme en cada escalón y apoyarme, gracias Dr. César.

Al Dr. David Osvaldo Salinas Sánchez por la oportunidad de poder trabajar con él, por su gran conocimiento, su comprensión y especialmente por apoyarme en situaciones muy difíciles, gracias.

A la M.C. María de los Ángeles Núñez Puente quien ha sido una excelente maestra, quien me brindó muchos de los conocimientos que hoy tengo y quien siempre ha sido sincera y recta con lo que piensa, muchas gracias, maestra.

Al Maestro Juan Carlos Juárez Delgado, por sus conocimientos y acompañarme en cada una de mis etapas, por corregirme errores y decirme que puedo hacerlo mejor, muchas gracias, maestro.

Al Dr. Rodolfo Figueroa Brito, por su comprensión, sus sabios consejos y su amabilidad, muchas gracias Dr.

Al M.C. Gabriel Flores, por su apoyo en la identificación de plantas, y su asesoría en todo lo relacionado a la botánica, por su gran conocimiento, muchas gracias.

Al Biólogo Gerardo Valois, jefe de carrera de la licenciatura, muchas gracias por su apoyo y comprensión, por sus enseñanzas como docente, muchas gracias.

Al Dr. Juan Manuel Rivas, quien director de la universidad, por su apoyo en todo mi camino de la licenciatura, por su solidaridad en ciertas situaciones, y por ser una excelente persona, muchas gracias Dr.

Al Biólogo Ernesto Gaspar, el cual ha sido un gran apoyo para mucho de nosotros, un excelente docente y persona, con un amplio conocimiento, muchas gracias, profesor.

A Juyel Jesús Longoria, por ser un gran amigo durante años, apoyarme siempre, por darme su cariño, por no dejarme caer cuando ya me quiero rendir, por siempre hacerme reír, amigo, muchas gracias.

A mis queridas amigas Montserrat y Hanna por estar conmigo en situaciones difíciles, por brindarme su amistad, por no dejarme sola, pero hacerme reír y llorar al mismo tiempo, y persuadirme cuando estoy haciendo algo mal, por ser las personas que son conmigo, las quiero amigas

Agradezco a mis amigos; Diana Apolinar, Aníbal Cambray, Ariel Negrete, Yareli Mendoza, Dioniso Román, por estar para mí, por apoyarme, y por su amistad.

Agradezco a Jonathan Martínez y Osvaldo Herrera por darme el apoyo y la confianza desde hace más de 8 años, por no dejarme sola, y ser las personas que fueron conmigo.

A Jamin Sánchez y Jorge Páramo por ser los mejores amigos que he tenido, por apoyarme, y hacer que no me rinda, por sentirse orgullosos de mí, atesoro mucho su amistad, los amo.

Agradezco a Inosuke Hashibira por darme grandes lecciones de vida, por enseñarme a que no importa que tan dura o difícil sea la vida, debo seguir viviendo.

El presente trabajo se llevó a cabo en:



**Centro de Investigación en Biodiversidad y
Conservación de la Universidad Autónoma del
Estado de Morelos**

Índice

Introducción	7
Antecedentes	8
<i>El sorgo (Sorghum bicolor L. Moench)</i>	8
<i>Clasificación taxonómica del sorgo</i>	9
<i>El pulgón de la caña de azúcar Melanaphis sacchari (Hemiptera: Aphididae)</i>	10
.....	11
<i>Clasificación Taxonómica de Melanaphis sacchari</i>	12
<i>Insecticidas botánicos</i>	13
<i>Metabolitos secundarios</i>	14
<i>Dodonaea viscosa (Sapindaceae)</i>	14
Definición del problema	18
Pregunta de investigación.....	19
Justificación.....	19
Particulares.....	20
Materiales y Métodos.....	21
<i>Colecta del material vegetal</i>	21
<i>Obtención del extracto de diclorometano</i>	21
<i>Insectos</i>	21
<i>Actividad afidicida en bioensayos en dieta artificial</i>	22
<i>Pruebas fitoquímicas clásicas</i>	23
<i>Diseño estadístico</i>	26
Pruebas fitoquímicas del extracto de diclorometano	29
Referencias.....	31

Índice de Figuras

Figura 1. Planta del sorgo	9
Figura 2. Pulgón de la caña de azúcar	11
Figura 3. Placa 1.....	27

Índice de tablas

Tabla 1.	28
Tabla 2.	30

Introducción

El pulgón de la caña de azúcar *Melanaphis sacchari* Zehntner (Hemiptera: Aphididae), es un insecto-plaga originario de África. Se encuentra distribuido a nivel mundial teniendo preferencia por el sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) (Harris-Shultz *et al.*, 2017). En 1970 *M. sacchari* ingresó a los Estados Unidos como una plaga de la caña de azúcar (Schenck y Lehrer. 2000). En el año 2013 se reportó la presencia de esta plaga en sorgo, causando pérdidas económicas en América del Norte (Armstrong *et al.*, 2015). Pero el daño al sorgo es considerablemente más grave. Veinte estados de USA y los estados productores de sorgo en México, han sufrido pérdidas económicas desde la aparición de la plaga en 2013 (Bowling *et al.*, 2016; Harris-Shultz *et al.*, 2017). El control biológico de plagas como depredadores y parasitoides es una alternativa para el manejo de plagas, Sin, embargo estos no son tan eficaces cuando las poblaciones de *M. sacchari* son abundantes (Singh *et al.*, 2004). Los insecticidas neonicotinoides generalmente se usan para el control de *M. sacchari* (Tejeda-Reyes *et al.*, 2017), pero el uso inadecuado de insecticidas afecta negativamente la biodiversidad. Un ejemplo preocupante es el colapso de colonias de abejas y cambian su comportamiento social (Medrzycki *et al.*, 2003). *Dodonaea viscosa* pertenece a la familia Sapindaceae, antecedentes bibliográficos reportan que *D. viscosa* ha demostrado tener actividad antidiarreica, antibacterial, analgésica, antiviral, antiulcera, antioxidante y antiinflamatoria y antiartrítica (Rajamanickam *et al.*, 2010; Anilreddy *et al.*, 2009; Khurranm *et al.*, 2009; Pengelly *et al.*, 2008; Khalil *et al.* 2006; Alagarsamy *et al.* 2000, Salinas-Sánchez *et al.* 2012, Salinas-Sánchez *et al.* 2015); además presentó un efecto disuasorio frente a *Myzus persicae* y *Rhopalosiphum padi* (Díaz *et al.*, 2015). El objetivo de este trabajo es evaluar la actividad afidicida en bioensayos en dieta artificial de un extracto de diclorometano de *Dodonaea viscosa* en condiciones *in vitro*, contra adultos ápteros de *Melanaphis sacchari*.

Antecedentes

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench)

El sorgo es uno de los cereales más importantes en la mayor parte de centro América y su producción de este es accesible en la mayoría de los sitios. Para 2016/17, el 73 % de la producción mundial de sorgo se concentró en ocho países: Estados Unidos, que participa con el 18 % del total; Nigeria y México, que participan con alrededor de 10 % cada uno; Sudán e India, cada uno con una participación cercana a 9 % del total mundial; y con menores participaciones se encuentran Etiopia, Argentina y China. (Fina 2016).

La producción del sorgo ha sido de manera masiva gracias a su factibilidad, ya que este cuenta con características que la hacen aceptable a cualquier suelo. Es muy común que puedan confundir este género con otros, ya que anatómicamente esta puede confundirse pues pese a diferentes propiedades, la hacen de las más resaltantes de los géneros. Sus características pueden variar desde su estructura intransigente que le da soporte, también tienen propiedad que le permite almacenar grandes cantidades de agua lo cual ha sido viable en distintos países, por las grandes sequías esta puede tolerarlas hasta nuevas lluvias; posee propiedades que la hacen importante en el ámbito alimentario, tiene inflorescencias en panojas; cada panícula puede contener de 400 a 8,000 granos, con un valor energético aproximado de 1,08 Mcal/kg; comparado con el maíz es un poco más rico en proteínas, pero más pobre en materia grasa deficitaria en lisina. El color del grano varía desde un blanco translúcido hasta un pardo rojizo muy oscuro, con gradaciones de rosado, rojo, amarillo, pardo y colores intermedios; sus semillas son esféricas y oblongas, de aproximadamente 3 mm de tamaño. Las flores tienen estambres y pistilos, pero se han encontrado en Sudán sorgos dioicos. Su semilla es gruesa, comprimida, oval y desnuda, y presenta varios colores como café, azulado,

negro, blanco, rojizo y amarillo, entre otros. Es una planta que puede crecer desde 0 a los 1 500 msnm, pero la mejor altura para su cultivo está entre 0 y 800 m (Pérez *et al.*, 2010).

México ocupa el segundo lugar de producción a nivel mundial, con 6.5 millones de toneladas en el ciclo agrícola 2016/17, se cultiva en todas las entidades federativas de la República Mexicana, y en Morelos en el periodo otoño-invierno de 2019 (riego + temporal), se obtuvieron 1,063 ton (Salinas-Sánchez *et al.* 2020).

Clasificación taxonómica del sorgo

Reino Plantae

División Magnoliophyta

Clase Liliopsida

Orden Poales

Familia Poaceae

Subfamilia Panicoideae

Tribu Andropogoneae

Género *Sorghum* Moench,

1974



Figura 1 Planta de sorgo

Plagas del sorgo

Este cultivo es muy propenso al ataque de diversas plagas, se han reportado 150 especies de plagas de insectos, 100 de las cuales están en África. El sorgo es un cultivo muy llamativo para los insectos, ya que contiene azúcar tanto en el follaje como en el grano (Delgado-Ramírez *et al.*, 2016). Una de ellas es el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae), siendo la larva que ocasiona el mayor daño, se alimenta desde el cogollo hasta llegar a las hojas formando ventanillas. Otra plaga muy agresiva del sorgo es el gusano soldado

Spodoptera exigua Hübner (Lepidoptera: Noctuidae), que puede llegar a desfoliar a toda la planta, se alimenta de las hojas inferiores y avanza hasta las superiores y causa un daño severo ya que se alimenta por las noches. El gusano trozador *Agrotis ipsilon* Hufnagel (Lepidoptera: Noctuidae) es otra plaga que se instala cerca de la base de la planta, su actividad es en la puesta del sol y en la noche, trozando la base o tallo hasta mostrar un secamiento gradual. Las larvas del gusano saltarín, *Elasmopalpus lignosellus* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), taladran los tallos por debajo del nivel del suelo y barrenan hacia arriba, ocasionando la muerte de la planta. La larva de la mosca enana o midge *Contarinia sorghicola* Coquillett (Diptera: Cecidomyiidae), la larva se alimenta succionado la sabia de la base del ovario, evitando su formación, además, evita que se forme el grano relacionándose con la esterilidad. La gallina ciega *Phyllophaga spp.* (Coleoptera: Scarabaeidae) es una plaga común del maíz, pero puede llegar a afectar también al sorgo, se alimenta de las raíces de la planta ocasionando su decaimiento (SENASICA, 2015). En los cultivos de sorgo podemos encontrar también distintas especies de áfidos que son importantes vectores de virus como: *Rhopalosiphum maidis* Fich (Hemiptera: Aphididae), *Sipha Flava* Forbes (Hemiptera: Aphididae), *Schizaphis graminum* Rondani (Hemiptera: Aphididae), *Rhopalosiphum padi* Linneus (Hemiptera: Aphididae) y el pulgón de la caña de azúcar *Melanaphis sacchari* Zehntner (Hemiptera: Aphididae) siendo este último sujeto de estudio en este trabajo de investigación (Villanueva *et al.*, 2014).

El pulgón de la caña de azúcar *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae)

El pulgón de la caña de azúcar se ha convertido rápidamente en la plaga número uno en el cultivo del sorgo en varios estados de México. Reportes en Tamaulipas, Coahuila, Sinaloa, Guanajuato, Jalisco y Nayarit, han demostrado su agresividad y capacidad de desplazarse rápidamente en el

país, atacando tanto a sorgos de grano como forrajeros. Es una especie fitófaga de reciente introducción en México. Puede atacar durante todas las etapas del sorgo, pero se ha demostrado que tiene mayor pérdida económica después del periodo vegetativo. El daño que ocasiona es gracias a que succiona la savia de las hojas, ocasionado que tengan una coloración marrón; las plantas atacadas presentan un retraso en su crecimiento y reducen el llenado, y formación de grano, afectando el rendimiento. *M. sacchari*, fue descubierto por primera vez en regiones americanas, en Hawái, EU, en caña de azúcar (Zimmerman, 1948), por lo que su nombre común en ese país derivó a *Sugarcane aphid* (SCA). Pulgón de la caña de azúcar, aunque recientemente tanto en Estados Unidos como en México las poblaciones han mostrado marcada preferencia por el sorgo *Sorghum* spp., convirtiéndose en el ciclo (2013-2017) en la plaga más importante de este cultivo en ambos países. (Rodríguez et al., 2016).



Figura 2 Pulgón de la caña de azúcar *Melanaphis sacchari* ninfas y adulto (Texas A&M AgriLife Extension Service photo by Dr. Pat Porter)

Clasificación Taxonómica de *Melanaphis sacchari*

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Hemiptera

Familia: Aphididea

Género: *Melanaphis*

Especie: *sacchari*

Enemigos naturales

Se han reportado más de 47 especies de enemigos naturales de *M. sacchari* en todo el mundo, aunque estos no evitan en su totalidad la acumulación de áfidos en los cultivos. Los enemigos naturales tienen un papel muy importante ya que ellos mantienen las poblaciones bajas de estos insectos. Diferentes países han reportado enemigos naturales de *M. sacchari*; Hall (1987) encontró que el hongo *Verticillium lecanii* (Zimm.) es un importante agente de control biológico en los EE.UU. También se han reportado parasitoides, Zimmerman (1948) indica que *Aphelinus maidis* parasita a los áfidos en Hawaii; similarmente Gilstrap (1980) reporta a *Enrischia comperei* Ashm como un parasitoide del pulgón amarillo.

Control químico

Algunos productos que se recomiendan para el control de los áfidos son Pirimicarb (en cultivos de maíz y trigo), Malathion (en arroz, avena, cebada, maíz, pastizales, pastos, sorgo y trigo), Imidacloprid (en caña de azúcar, cebada, cártamo, maíz, sorgo y trigo) y Thiametoxam (en maíz, y trigo), se recomienda aplicar en el estrato de la planta donde haya mayor población y áreas críticas (SENASICA, 2014). Los neonicotinoides son potentes insecticidas sistémicos para la

protección de los cultivos contra las plagas, sus nombres comunes son: Acetamiprid, clotianidina, dinotefuran, imidacloprid, nitenpiram, tiacloprid. Éstos son estructuralmente distintos a los demás pesticidas químicos sintéticos y son selectivos, por lo que cada vez más se están reemplazando a los organofosforados y carbamatos en el control de insectos chupadores (Tomizawa y Casida, 2005). El uso prolongado de las diferentes sustancias químicas nocivas utilizadas en los cultivos daña principalmente a los trabajadores que están expuestos en la primera línea del contacto, por lo que debemos recordar que las personas que están alrededor del cultivo también sufren graves daños a su salud (Müller et al., 2005). La aplicación de plaguicidas ha contribuido a la pérdida extensiva de la biodiversidad en muchas partes del mundo. El uso de insecticidas químicos sintéticos está asociado con el daño ambiental, cuyo objetivo específico es reducir plagas y por consecuencia su uso afecta a organismos que no son su objetivo, por ejemplo, recicladores de nutrientes del suelo, polinizadores de plantas y depredadores de plagas (Devine et al., 2008). También pueden contaminar el aire, el agua, la biota, sedimentos y suelos, y finalmente incorporarse a la cadena alimenticia.

Insecticidas botánicos

Ante tal panorama, es necesario buscar otras alternativas que permitan contrarrestar los efectos negativos de los plaguicidas químicos sintéticos, como la utilización de insecticidas botánicos que sean capaces de combatir plagas y a la vez amigables con el medio ambiente y la salud de los seres vivos. Las plantas han servido desde hace mucho tiempo como alimento, medicina, vivienda y vestido (Celis et al., 2008). Durante siglos la humanidad ha dependido de las plantas como fuente alimenticia y refugio, además que contienen una gran variedad de metabolitos secundarios que se utilizan como productos farmacéuticos, agroquímicos, sabores y fragancias, aditivos para alimentos y bioplaguicidas (Ramachandra y Ravishankar, 2002).

Metabolitos secundarios

Los metabolitos secundarios se han utilizado a lo largo del tiempo en investigaciones en el campo farmacológico por su factibilidad de producir y acumular compuestos de naturaleza química diversa. Estos metabolitos secundarios poseen propiedades biológicas, muchos desempeñan funciones ecológicas y se caracterizan por sus diferentes usos y aplicaciones como medicamentos, insecticidas, herbicidas, perfumes o colorantes, entre otros.

Los metabolitos secundarios que contienen nitrógeno incluyen a los alcaloides, aminoácidos, aminas, glucósidos cianogénicos y glucosinolatos. Los no nitrogenados se dividen en terpenoides, poliacetilenos, policétidos y fenilpropanoides (Sepúlveda et al., 2007).

Las plantas producen una gran variedad de compuestos orgánicos que no se encuentran involucrados en el metabolismo primario, es decir, que no poseen roles reconocidos en los procesos de asimilación, respiración, transporte y diferenciación y que también difieren de los metabolitos primarios, por tener una distribución restringida en el reino vegetal, lo que significa que un producto secundario en particular, el metabolito secundario, generalmente se halla solo en una especie o en un grupo de especies taxonómicamente relacionadas (Taiz y Zeiger, 2002)

***Dodonaea viscosa* (Sapindaceae)**

Dodonaea viscosa también conocida como aria, cuerno de cabra, chapulixtle, chapuliz, granadina entre otras. Es un arbusto dioico o monoico de tallo múltiple o árbol pequeño de tallo simple de hasta 7 m. alto, corteza negruzca, de rugosidad variable, delgada y exfoliante en tiras largas y delgadas. Fue encontrada en América y distribuido desde el sur de Estados Unidos hasta el sur de Sudamérica. Se ha registrado en Aguascalientes, Baja California Norte, Baja California Sur,

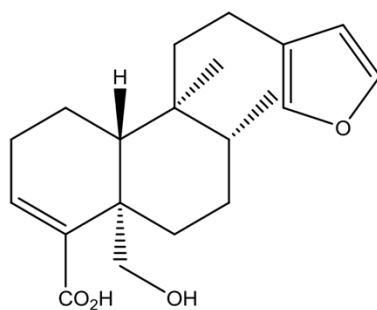
Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luís Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán (Villaseñor y Espinosa, 1998).

Se puede encontrar en comunidades secundarias, etapas sucesionales de bosques perturbados (especialmente encinares y matorrales xerófilos) y tipos de vegetación mesófila, bordes de arroyos, barrancos y taludes, claros de bosque, lugares expuestos, pastizales deteriorados, terrenos erosionados y matorrales (Rzedowski y Rzedowski, 2001).

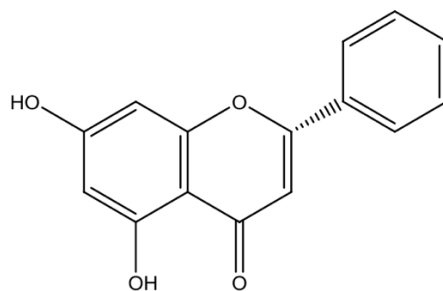
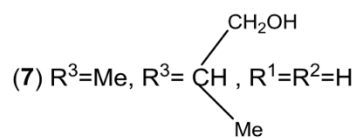
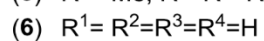
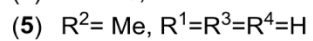
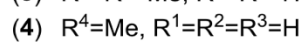
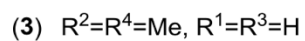
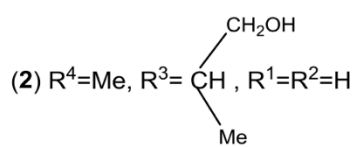
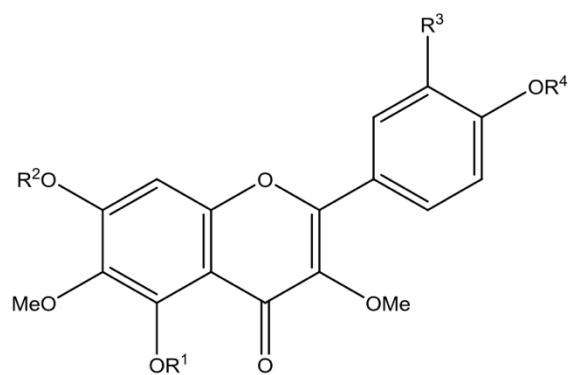
Se utiliza como artesanal, medicinal, como pesticida y combustible. Se recomienda para la reforestación de terrenos deterioradas también se utiliza como ornamental en zonas áridas y existen variedades mejoradas. Según Anilreddy (2009) Muchas de sus propiedades medicinales han sido utilizadas por pueblos nativos de todas las regiones donde se encuentra. Es una medicina tradicional en todo el mundo, administrada por vía oral o como cataplasma para tratar una gran variedad de dolencias. Las infusiones de tallo u hojas se usan para tratar el dolor de garganta; Infusiones de raíz para tratar resfriados. Los tallos y las hojas se usan para tratar la fiebre, y las semillas (en combinación con las de otras plantas y cubiertas de miel) para tratar la malaria. Los tallos se usan como fumigantes para tratar el reumatismo. Las hojas se usan para aliviar la picazón, la hinchazón de la fiebre, los dolores y se pueden usar como un agente antiespasmódico, las hojas y las raíces como analgésico para calmar los dolores de cabeza y dolores de cabeza y una loción hecha de partes de plantas no especificadas para tratar esguinces, contusiones, quemaduras y heridas. Los trastornos del sistema digestivo, que incluyen indigestión, úlceras, diarrea y estreñimiento, se tratan comúnmente en la medicina tradicional con una decocción administrada por vía oral de las hojas o las raíces. El tracoma se trata con aplicaciones de jugo de hojas, y se

dan hojas en polvo para expulsar gusanos redondos. Las raíces pulverizadas son un componente de las preparaciones antihelmínticas. Las raíces, bien en decocción o fresco, son tomadas por mujeres del este de África para estimular la producción de leche después del parto y para tratar la dismenorrea y la menstruación irregular. Las flores se utilizan como un sustituto "casero" para otorgar un sabor amargo, y también como un tónico. Se extrae un tinte rojo de la fruta. En la India, las semillas se usan como veneno para peces.

Se han identificado de *D. viscosa* metabolitos secundarios de tipo flavonoide y terpenoide. Hsü y Chen (1971) aislaron de las hojas de *D. viscosa* un diterpeno llamado ácido hautriwaico (1). Sachdev y Kulshreshtha (1983) reportaron la presencia de un flavonoide el cual tiene una cadena isoprenoide (2), purificado de una fracción de cloroformo del extracto alcohólico de *D. viscosa*. Además, se aislaron seis flavonoides conocidos 5-hidroxi-3,6,7,4'-tetrametoxi-flavona (3), santina (4), penduletina (5), 5,7,4'-trihidroxi-3,6-dimetoxiflavona (6), 5,7,4'-trihidroxi-3'(3-hidroximetilbutil)-3,6- dimetoxiflavona aliarina (7) y 5,7-dihidroxi-flavanona (pinocembrina) (8).



(1)



(8)

Definición del problema

El pulgón de la caña de azúcar *Melanaphis sacchari* ingresó a México en el año 2013, y actualmente se encuentra presente en todos los estados de la República Mexicana donde se cultiva sorgo, el uso inadecuado de insecticidas de origen sintético representa la opción más eficaz para su control, pero el uso de estos productos son cuestionados por sus efectos negativos hacia la salud humana y en general a la biodiversidad; una alternativa más ecológica es el uso de insecticidas de origen botánico, los cuales podrían ser más amigables con el medio ambiente y la salud de los seres vivos.

Pregunta de investigación

¿Los extractos de polaridad intermedia de *Dodonaea viscosa* tendrán un efecto afidicida en bioensayos en dieta artificial contra *Melanaphis sacchari in vitro*?

Justificación

México, es el segundo productor más importante de sorgo a nivel mundial, pero este cereal es severamente afectado por el pulgón de la caña de azúcar (*M. sacchari*), los agricultores recurren frecuentemente a la aplicación de insecticidas sintéticos, que en general son tóxicos para la salud de los seres vivos y la biodiversidad, por lo tanto, es necesaria la búsqueda de nuevos compuestos que cuenten con actividad insecticida y que estos sean menos tóxicos en comparación con los productos que se encuentran actualmente en el mercado, los insecticidas botánicos pueden ser un alternativa para el control de *M. sacchari*. En la literatura reciente existen reportes sobre la actividad afidicida de extractos de polaridad alta de *Dodonaea viscosa*, pero no existen reportes de extractos de polaridad intermedia, de tal forma que estos extractos puedan representar una alternativa para el control de *M. sacchari*, por lo cual en esta investigación pretendemos evaluar la efectividad de los extractos de polaridad intermedia de *Dodonaea viscosa* contra *M. sacchari in vitro*.

Objetivo general

Evaluar la actividad afidicida en bioensayos en dieta artificial de *Dodonaea viscosa* frente a *Melanaphis sacchari in vitro*.

Particulares

- Obtener un extracto de acetona de las hojas de *Dodonaea viscosa*
- Evaluar el efecto afidicida de extractos de diclorometano de hojas de *Dodonaea viscosa* por medio de bioensayos en dieta artificial *in vitro*.
- Conocer los compuestos químicos presentes en el extracto de *Dodonaea viscosa*, mediante pruebas fitoquímicas clásicas y cromatografía en capa fina.

Materiales y Métodos

Colecta del material vegetal

La colecta del material vegetal de *Dodonaea viscosa* se realizó en el mes de febrero de 2020 en el campus norte de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. La especie fue identificada por el experto taxónomo MC. Gabriel Flores Franco, con número de herbario HUMO-26620.

Obtención del extracto de diclorometano

Las hojas de *Dodonaea viscosa* se secaron a la sombra a temperatura ambiente. El material seco se trituró de forma manual, hasta obtener partículas de 2-5 mm aproximadamente. Se maceraron 200 g de *D. viscosa* con el disolvente diclorometano. La extracción se realizó durante tres días por triplicado (por cada kg de planta seca se utilizaron 5 L de disolvente). El disolvente se eliminó totalmente con un rotavapor (Buchi 205, Flawil, Switzerland) a 45°C y a presión reducida, y se dejaron en refrigeración para su posterior uso.

Insectos

Se colectaron pulgones en cultivos de sorgo en la comunidad de Tenango, Morelos, y se identificaron mediante (*Guía ilustrada para la identificación de los pulgones (Hemiptera: Aphididae) de cereales en México*; Peña-Martínez et al. 2017). Los áfidos identificados como *Melanaphis sacchari* fueron establecidos en plantas sanas de sorgo híbrido, variedad M550© (Majestic Seeds Co., Hodges, Carolina del Sur, EUA), de 40 cm de altura, en macetas de plástico, a una temperatura de 24 ± 2 °C, con 60% de humedad relativa y un ciclo de luz: oscuridad 12: 12, para la reproducción en el invernadero del Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. A estas plantas de sorgo se les

proporcionó riego durante su crecimiento, para mantener su turgencia. Los áfidos fueron suministrados con nuevas plantas de sorgo según fue necesario para mantener la cría.

Actividad afidicida en bioensayos en dieta artificial

La dieta artificial utilizada para bioensayos fue informada por Toledo-Hernández et al., (2018). En resumen, la dieta contiene 30% de sacarosa (Reasol, Iztapalapa- México, México) y agua embotellada, se complementó con 4.4 mL por L de formalina al 10% y 7.3 mL por L de 15% de cloruro de colina para prevenir el crecimiento de hongos y bacterias en la dieta. La cámara de alimentación utilizada en este estudio fue la misma reportada por Torres-Quintero et al., (2013) y se diseñó a partir de dos copas de plástico desechables translúcidas de 40 mm de diámetro x 20 mm de alto (Envases Cuevas, Ecatepec de Morelos, Estado de México). En una taza, se pipetearon 2 ml de dieta y luego se sellaron con Parafilm® (Sigma-Aldrich, BR701605, St. Louis, Missouri, EE. UU.). La parte inferior de la segunda copa se retiró y la parte superior se invirtió en la taza con dieta. Se usó una tira de Parafilm para sellar las tazas juntas. En cada cámara de alimentación se colocaron 2 mL de la dieta, combinada con los extractos vegetales en concentraciones de 10,000, 5,000, 2,500 y 1,000 ppm, estas muestras se homogenizaron con ayuda de un baño ultrasónico (Cole-Parmer®) se utilizaron como testigos el insecticida químico imidacloprid (Confial®) y la dieta artificial sin tratamiento. Dentro de cada cámara de alimentación se colocaron de forma manual 10 hembras adultas ápteras partenogénicas. Cada cámara se consideró como una repetición y se realizaraon cinco repeticiones por tratamiento en un diseño completamente al azar con dos réplicas. La variable respuesta fue el porcentaje de mortalidad de los áfidos a las 24, 48 y 72 horas posteriores.

Análisis de cromatografía de capa fina

Los extractos se analizaron por cromatografía de capa fina fase normal (CCF; sílica gel 60 F254) y se utilizaron reveladores para la identificación de grupos de compuestos de origen vegetal. Los extractos se aplicarán en un extremo de la placa de aluminio recubierta de una fina capa de adsorbente (fase estacionaria: sílice). Posteriormente se colocaron en una cámara a diferentes sistemas de polaridad (eluyente o fase móvil). A medida que la mezcla de disolventes asciende por capilaridad a través del adsorbente, se produce un bandeo diferencial de los productos presentes en la muestra entre el disolvente y el adsorbente. El proceso de adsorción se debe a interacciones intermoleculares de tipo dipolo-dipolo o enlaces de hidrógeno entre el soluto y el adsorbente. El adsorbente debe ser inerte con las sustancias a analizar y no actuar como catalizador en reacciones de descomposición. Las placas se revelaron con 4- hidroxibenzaldehído (Komarovsky, detección de terpenoides) y sulfato cérico amoniacal al 1% en H₂SO₄ 2N. Posteriormente se observaron en una lámpara compacta de luz UV 95-0021-12 (115v) Uvp Uvgl-25 254/365nm donde se marcaron las bandas de compuestos.

Pruebas fitoquímicas clásicas

Para identificar los grupos de metabolitos secundarios presentes en las dos especies vegetales se utilizaron métodos fitoquímicos clásicos para observar la presencia-ausencia de alcaloides, cumarinas volátiles, flavonoides, saponinas, taninos, triterpenos y esteroides, así como derivados del antraceno (Harborne, 1973; Stahl 1973; Lock 1994; Wagner y Bladt 1996).

Los reactivos Dragendorff, Mayer y Wagner se usaron para determinar la presencia de alcaloides. La solución de Dragendorff (a) se preparó con 106 mg de nitrato de bismuto y 1.25 g de ácido tartárico disuelto en 5 ml de agua. Para la solución de yoduro de potasio (b), se disolvió 1 g de yodo en 2.5 ml de agua. Se mezclaron volúmenes iguales de 2.5 ml de soluciones frescas de preparación (a) y (b). Los alcaloides se detectaron colocando 1.5 mL del extracto de *D. viscosa* y 100 µL de reactivo de Dragendorff en un tubo de ensayo. El reactivo de Mayer estaba compuesto de (a): 680 mg de cloruro mercuríco disuelto en 30 ml de agua y (b): 2.5 g de yoduro de potasio disuelto en 5 ml de agua. Ambas soluciones se combinaron y diluyeron con agua hasta 50 mL. El ensayo se realizó colocando 1.5 ml de los extractos en un tubo de ensayo y agregando 100 µL de reactivo de Mayer por las paredes del tubo. El reactivo de Wagner se preparó utilizando 635 mg de yodo y 1 g de yoduro de potasio disuelto en 50 mL de agua. En un tubo de ensayo que contenía 1,5 mL de los extractos, se añadieron 100 µL de reactivo de Wagner. El precipitado y el cambio de color generado por los reactivos pueden indicar alcaloides, y los colores observados pueden ser rojo a naranja o blanco a crema o marrón. Se colocaron dos mililitros de los extractos vegetales en un tubo de ensayo para detectar cumarinas volátiles. La abertura del tubo se cubrió con papel de filtro impregnado con solución de NaOH 1N. El tubo de ensayo se colocó en un baño de agua a 100 ° C durante 10 minutos. El papel de filtro se observó bajo luz ultravioleta para determinar la presencia de fluorescencia de color amarillo indicativo de cumarinas. Para analizar los flavonoides, se colocaron 2 mL de jugo en un tubo de ensayo al que se le añadió una pequeña pieza de banda de magnesio (5 x 5 mm) y 100 µL de HCl al 36%. Un cambio de color después de 24 horas indicó flavonoides. Para determinar los taninos, se prepararon las siguientes soluciones: (a) solución de cloruro férrico al 20% preparada con 2.5 g de cloruro férrico y disuelta en 25 mL de agua destilada; (b) se obtuvo una solución de gelatina al 1% a partir de 125 mg de gelatina (Merck) disuelta en

12.5 ml de agua destilada; (c) para obtener gelatina y solución salina, se disolvieron 500 mg de gelatina y 5 g de cloruro de sodio en 50 mL de agua destilada; (d) La solución salina al 10% consistía en 1.25 g de cloruro de sodio disuelto en 12.5 ml de agua destilada. Para determinar los taninos, se colocaron 1.5 ml de los extractos de las dos especies vegetales en cuatro tubos de ensayo a los que se añadieron 100 μ L de cada solución preparada. La presencia de un precipitado en las soluciones (a), (b) y (c) indicó un resultado positivo, mientras que la presencia de un precipitado en la solución (d) mostró un resultado negativo. Para analizar las saponinas, se agregaron 5 mL de los extractos de *D. viscosa* en un tubo colocado en un baño de agua para hervir. Después de enfriar, el tubo se agitó vigorosamente para formar una espuma persistente que indicaba saponinas. Para analizar triterpenos y/o esteroides, (a) se preparó el reactivo Liebermann-Burchard con 2.5 mL de anhídrido acético y se añadieron 2.5 mL de ácido sulfúrico concentrado a 25 mL de etanol absoluto. La solución se manejó en un baño de hielo; (b) El reactivo de Salkowski consistió en ácido sulfúrico concentrado. En dos tubos de ensayo, se añadieron 5 mL de jugo. En cada tubo, se colocaron 5 mL de cloroformo y se agitaron los tubos. Los tubos se dejaron descansar para separar la fase orgánica de la acuosa. Las soluciones de Liebermann-Burchard y Salkowski se agregaron individualmente a cada tubo que contenía la fase orgánica. El precipitado y un cambio en el color de la muestra indicaron triterpenos y /o esteroides. Para analizar los derivados del antraceno, se colocaron 5 mL de los extractos en dos tubos a los que se agregaron 5 mL de cloroformo. Los tubos se agitaron y después de la separación de la fase orgánica, se eliminó la fase acuosa. Se añadió un mililitro de NaOH al 5% a un tubo y se añadió al mL 1 mL de acetato de magnesio al 5%. Un cambio de color indicaba antraquinonas.

Diseño estadístico

Los datos de mortalidad se transformaron por la función Arcoseno antes de someterse a su análisis estadístico, en un diseño completamente al azar, por medio de un modelo simple, utilizando un procedimiento lineal general. La comparación de medias se efectuó mediante la prueba Tukey, a un nivel de significancia de $P \leq 0.05$. La concentración letal media (CL_{50}) se estimó mediante un análisis Probit. Todos los análisis se realizaron en el programa estadístico SAS ver. 9.0 (SAS 2002).

Resultados y discusión

Los extractos secos se compararon mediante cromatografía en capa fina (TLC). Debido a su similitud química, los extractos se mezclaron, dando un rendimiento total del 2.03%. Los extractos secos se compararon mediante cromatografía en capa fina (TLC). Debido a su similitud química, los extractos se mezclaron, dando un rendimiento total del 2.03%. En la placa 1 del extracto de diclorometano, se pueden observar manchas que de acuerdo al revelado con luz UV 95-0021-12 (115v) Uvp Uvgl-25 254/365nm, podemos inferir que se trata de compuestos del tipo flavonoide en el caso de las manchas de colores verde, amarillo y naranja; las manchas oscuras pueden corresponder a compuestos del tipo terpenoide.

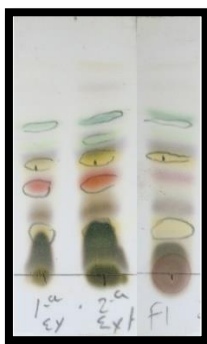


Figura 3 Placa 1. Extracto diclorometano

luz UV 95-0021-12 (115v) Uvp Uvgl-25 254/365nm

Actividad insecticida de *Dodonaea viscosa*

En la Tabla 1 se muestran los promedios de mortalidad acumulada de los áfidos, en función del tiempo de evaluación. El efecto insecticida de los productos aplicados se manifestó desde las 24 h; a este tiempo, el porcentaje mayor se observó para la concentración de 10,000 ppm (24%). A las 48 h, se observó un aumento en la mortalidad en todos los tratamientos; el mayor efecto se produjo a una concentración de 10,000 ppm (39%); sin embargo, los mayores porcentajes de mortalidad se observaron a las 72 h; los tratamientos a 10,000 y 5,000 ppm causaron mortalidades

de 72 y 41% de mortalidad, respectivamente. La concentración letal media (CL₅₀) del extracto de diclorometano de *D. viscosa* fue de 6,008 ppm en 72 h. Todos los tratamientos fueron menores y estadísticamente diferentes al control positivo.

Tabla 1. Efecto de la fracción de diclorometano de *Dodonaea viscosa*, en cuatro concentraciones, en adultos ápteros de *Melanaphis sacchari*, en bioensayos en dieta artificial.

Tratamientos ppm	Porcentaje de mortalidad (± DE) Horas despues de la aplicación		
	24 h	48 h	72 h
10,000	24 ± 0.5 b*	39 ± 1.2 b	72 ± 1.0 b
5,000	4 ± 0.5 c	9 ± 0.4 c	41 ± 2.4 b
2,500	0 ± 0 c	6 ± 0.5 c	16 ± 1.4 c
1,000	0 ± 0 c	8 ± 0.7 c	14 ± 1.0 c
Control positivo	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a
Control negativo	0 ± 0 c	0 ± 0 c	4 ± 0.5 c

*Las medias en cada columna con una letra diferente fueron significativamente diferentes, prueba de comparación múltiple de medias Tukey ($P \leq 0.05$). (LC₅₀ = 6,008 ppm en 72).

No existen reportes en la literatura sobre la actividad insecticida extractos de polaridad intermedia de *D. viscosa* contra alguna especie de áfidos, pero sí de algunas plantas de la familia Sapindaceae contra otros insectos, como el efecto de aceites esenciales de *Paullinia pinnata* L. y *Dehinbollia pinnata* Schum (Sapindaceae) contra el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*, mostrando una mortalidad del 100% para ambas especies en bioensayos de contacto a concentraciones de 150,000 y 120,000 ppm, en 72 h, respectivamente, (Ogunwande et al. 2017, Sunkanmi et al. 2016). En otro estudio, se evaluó el efecto insecticida de hojas de la sapindácea *Sapindus emarginatus* contra larvas de *Musca domestica*, el extracto de polaridad intermedia baja (cloroformo) mostró el mejor efecto insecticida del 100 %, a 2 µL / 100 mL en el sexto día de aplicación del extracto (Raja and Suresh,

2017). La actividad insecticida por contacto de extractos de polaridad alta de la familia Sapindaceae también ha sido probada, por ejemplo Eddaya et al. (2013) evaluaron el efecto de frutos *Sapindus mukorossi* Gaerten contra *Thysanoplusia orichalcea* (Lepidoptera: Noctuidae), demostrando una actividad en el desarrollo larval entre el 7 a 68 % en 48 h. Nuestros resultados de extractos de polaridad intermedia mostraron 72 % de mortalidad a concentraciones de 10,000 ppm contra *M. sacchari*.

Pruebas fitoquímicas del extracto de diclorometano

Los grupos de compuestos presentes en el extracto de diclorometano de hojas de *D. viscosa* son: alcaloides, cumarinas, flavonoides, taninos, saponinas, triterpenos y/o esteroides y antracenos (Tabla 2). Estudios fitoquímicos previos indican que *D. viscosa* contiene metabolitos secundarios del tipo flavonoides y terpenoide. Hsü y Chen (1971) aislaron de las hojas de *D. viscosa* un diterpeno llamado ácido hautriwaico. Sachdev y Kulshreshtha (1983) aislaron diversos flavonoides de una fracción de cloroformo de *D. viscosa* como santina, penduletina, 5-hidroxi-3,6,7,4'- tetrametoxi-flavona, pinocembrina, 5,7,4'-trihidroxi-3,6-dimetoxiflavona. Sachdev y Kulshreshtha (1986), reportaron la presencia de viscosol un flavonoide prenilado aislado las hojas de *D. viscosa*. Cao et al. (2009), aislaron de las raíces de *D. viscosa* dos saponinas triterpenoides dodoneasidos. También en las partes aéreas *D. viscosa* se reportó tres diterpenos ent-labdanos en un extracto etanólico de *D. viscosa* (Quintana de Oliveira et al. 2012).

La bibliografía reciente muestra poca información sobre el efecto de extractos de *D. viscosa* contra *M. sacchari*, Sotelo-Leyva et al. (2020) aislaron a un flavonoide glicosilado llamado rutina de una fracción metanólica de hojas de *D. viscosa*, logrando un porcentaje de mortalidad del 70 % en un bioensayo en dieta artificial.

Tabla 2. Grupos de metabolitos secundarios presentes en el extracto de diclorometano de *Dodonaea viscosa*.

Grupos de metabolitos	Ensayo	Resultados	Reacción observada
Alcaloides	Reacción de Wagner	++	Cambio de color a café
	Reacción de Mayer	+	Cambio de color a amarillo y precipitación
	Reacción de Dragendorff	+	Cambio de color a marrón y precipitación
Cumarinas	Test de fluorescencia en papel filtro	+	Fluorescencia amarilla
Flavonoides	Adición de Mg y HCl	+++	Cambio de color de amarillo a rojo después de 24 horas.
	Cloruro férrico	++	Halo verde
Taninos	Solución de gelatina	-	Precipitado blanco
	Solución salina y gelatina	+	Precipitado blanco
Saponinas	Solución de gelatina	-	-
	Formación de espuma	++	Formación de espuma persistente
Triterpenos y esteroides	Reacción de Liberman-Burchard	++	Cambio de color a verde, azul o rojo
Derivados del antraceno	Reacción de Salkowski	++	Precipitado blanco y cambio de color a naranja
	NaOH 5%	++	
	Acetato de Mg al 0.5%	-	Cambio a coloración rojiza

(-) no detectada, (+) prueba positiva débil, (++) prueba positiva, (+++) prueba positiva fuerte

Referencias

- Alagarsamy, V.** Venket-Narayanan, R. Thangathirupathy, A. Amuthalakshmi, S. Slvakamisundari, P. Jubie, S. Syed-Ali, A.K.S. Suresh, M. Antiinflammatory activity of *Dodonaea viscosa* Linn leaf extracts. *Indian Drugs* 2007, 44, 559–560.
- Anilreddy, B.** Preparation, characterization and biological evaluation of some overview of *Dodonea viscosa* Linn. *J. Pharm. Sci. Technol.* 2009, 1, 1–9.
- Armstrong JS,** Rooney WL, Peterson GC, Villanueva RT, Brewer MJ, Sekula-Ortiz D. 2015. *Sugarcane aphid* (Hemiptera: Aphididae): host range and sorghum resistance including cross-resistance from greenbug sources. *Journal of Economic Entomology* 108: 576–582.
- Bowling RD,** Brewer MJ, Kerns DL, Gordy JN, Seiter NE, Elliott et al. 2016. *Sugarcane Aphid* (Hemiptera: Aphididae): A new pest on sorghum in North America. *Journal of Integrated Pest Management* 7: 1-13.
- Carrasco, N.** Zamora, M; Melin A, A. Bolletta A. Marinissen J. Gigón R. Forján H; Lagrange S; Campos P. Manso L & Cicchino M. (2011). (eds) INTA. Vol. 1 Manual de Sorgo
- Celis A.,** Mendoza C. y Marcos P. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores. *Agronomia Colombiana*, 26(1): 97-106.
- Chen, S.L.** Li, D.Z. Zhu, G. Wu, Z.L. Lu, S.L. Liu, L. Wang, Z.P. Sun, B.S. Zhu, Z. Xia, N. Jia, L. Guo, Z. Chen, W. Chen, X. Yang, G. Phillips, S.M. Stapleto, C. Soreng, R.J. Aiken, S.G. Tzvelev, N.N. Peterson, P.M. Renvoize, S.A. Olonova, M.V. & Ammann, K.H. 2006. Poaceae. In: Wu, Z.Y. Raven, P.H. & Hong, D.Y. (eds.). *Flora of China*. Vol. 22 (Poaceae). Science Press and Missouri Botanical Garden Press, Beijing and St. Louis. 752p.

Delgado-Ramírez C, Salas-Araiza M, Martínez-Jaime OA, Díaz-García JA, Guzmán-Mendoza R, Salazar-Solís E. (2016). Consumption of *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) by *Hipooodamia convergens* (Coleoptera: coccidellidae) and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera:Chrysopidae). *Entomología Agrícola*. 369-374.

Dent, D. 1993. Insect Pest Management. CAB International, Wallingford, UK: 604 p

Díaz, M., C. E. Díaz, R. G. Álvarez, A. González, L. Castillo, A. González-Coloma, G. Seoane, C. Rossini. 2015. Differential anti-insect activity of natural products isolated from *Dodonaea viscosa* Jacq. (Sapindaceae). *J. Plant Protection Res.* 55: 173-178.

FINA (2016). Panorama alimentario del sorgo. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. 1-34.

Harborne, J. B. 1973. *Phytochemical Methods, a Guide to Modern Techniques of Plant Analysis*. Chapman, London.

Harris-Shultz K. Xinzhi N. Wadl PA. Xinwang W. Wang H. Huang F. Flanders K. Seiter N. Kerns D. Meagher R. Xue Q. Reisig D. Buntin D. Cuevas HE. Brewer MJ. and Yang X. (2017). Microsatellite Markers Reveal a Predominant *Sugarcane Aphid* (Homoptera: Aphididae) Clone is Found on *Sorghum* in Seven States and One Territory of the USA. *Crop Science*. (57): 2064-2072.

Khalil N.M. Sperotto, J.S. Manfron, M.P. Anti-inflammatory activity and acute toxicity of *Dodonaea viscosa*. *Fitoterapia* 2006, 77, 478–480

Khurranm, M. Khan, M.A. Hameed, A. Abbas, N. Qayum, A. Inayat, H. Antibacterial activities of *Dodonaea viscosa* using contact bioautography technique. *Molecules* 2009, 14, 1332–1341.

- Lienard V**, Seck D, Lognay G, Gaspar C, Severin M. (1993). Biological activity of *Cassia occidentalis* L. against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). Journal of Stored Products Research. 29(4): 311-318.
- Lock, O.** 1994. Investigación fitoquímica. Método en el estudio de productos naturales. Fondo editorial de la Pontifica Universidad Católica del Perú PUEP Lima, Lima (Perú).
- Medrzycki P**, Montanari R, Bortolotti L, Sabatini AG, Maini E, Porrini C. 2003. Effects of imidacloprid administered in sub-lethal doses on honey bee behaviour. Laboratory tests. Bulletin of Insectology 56: 59-62.
- Pengelly, A.** Medicinal Activity of *Dodonaea viscosa*. A Preliminary Study; RIRDC: Newcastle, Australia, 2008; Available online: <http://www.rirdc.gov.au> (accessed on 15 June 2011).
- Peña-Martínez R**, Muñoz-Viveros AL, Bujanos-Muñiz R, Marín-Jarillo A, Tamayo-Mejía F, Luévano-Borroel J, Sánchez-Segura L, Ibarra JE (2017) Guía Ilustrada para la identificación de los pulgones (Hemiptera: Aphididae) de cereales en México. ISBN: 978-607-96123-3-7. Fundación, Guanajuato Produce, A. C., Celaya, Mexico. 59
- Pérez, A**, Saucedo, O, Iglesias, J, Wencomo, Hilda B, Reyes, F, Oquendo, G, & Milián, Idolkys. (2010). Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Pastos y Forrajes*, 33(1), 1.
- Quintana de Oliveira S**, Rojo de Almeida MT, Maraslis F, Thaís SI, Marques STC, Palermo JA, Cabrera GM, Soriano BCM, Oliveira SCM, Schenkel EP. (2012). Isolation of three new ent-labdane diterpenes from *Dodonaea viscosa* Jacquin (Sapindaceae): Preliminary evaluation of antiherpes activity. *Phytochemistry Letters*. 5:500-505.

- Salinas-Sánchez, D., E. Jiménez-Ferrer, V. Sánchez-Sánchez, A. Zamilpa, M. González-Cortazar, J. Tortoriello, and M. Herrera-Ruiz.** 2017. Antiinflammatory activity of a polymeric proanthocyanidin from *Serjania schiedeana*. *Molecules* 22: 1-19.
- Salinas-Sánchez, D., M. Herrera-Ruiz E. Salud P, Jiménez-Ferrer, A. Zamilpa, M.** 2012. Anti-inflammatory Activity of Hautriwaic Acid Isolated from *Dodonaea viscosa* Leaves. *Molecules* 27: 4292-4299.
- Salinas-Sánchez DO, Peña-Chora G, González-Cortazar M, Zamilpa A, Hernández-Velázquez VM, Tagle LJ, Sotelo-Leyva C.** (2020). Efecto insecticida de una fracción de acetato de etilo de *Serjania schiedeana* Schltdl (Sapindaceae) contra *Melanaphis sacchari* Zehntner (Hemiptera: Aphididae). *Acta Agrícola y Pecuaria.* (6): 1-10.
- Schenck S, and Lehrer AT.** 2000. Factors affecting the transmission and spread of Sugarcane yellow leaf virus. *Plant Disease* 84: 1085–1088.
- SENASICA.** (2015). Manual de plagas y enfermedades del sorgo. Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato A.C. (CESAVEG), SAGARPA.
- Sepúlveda, G., Porta, H., y Rocha, M.** (2003). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(3).
- Singh BU, Padmaja PG, Seetharama N.** 2004. Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphididae), in sorghum: a review. *Crop Protection* 23: 739-755.
- Sotelo Leyva C., D. Salinas Sanchez, M. Rivas Gonzalez, O. Dorado, D.M Arias, M. Cortazar, A. Zamilpa.** 2019. Aphidicidal Activity of an Aqueous Fraction of *Serjania schiedeana* Against *Melanaphis sacchari*2. *BioOne Complete* 44: 584-594

- Stahl, E.** 1973. Drug analysis by chromatography and microscopy. Agris Records, FAO, USA.
- Sy Mohamad SF,** Mohamad S, Aziz AA. (2013). The susceptibility of aphids, *Aphis gossypii* Glover to lauric acid based natural pesticide. *Procedia Eng.* 53: 20–28.
- Taiz, L.** y Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology*. Sunderland, United States: Editorial Sinauer Associates, Inc., Publishers.
- Tejeda-Reyes, MA,** Díaz-Nájera JF, Rodríguez-Maciel JC, Vargas-Hernández M, Solís-Aguilar JF, Ayvar-Serna S, Flores-Yañez JA. 2017. Evaluación en campo de insecticidas sobre *Melanaphis sacchari* (Zehntner) en sorgo. *Southwestern Entomologist* 42: 545-550.
- Rajamanickam, V.** Rajasekaran, A. Anandarajagopal, K. Sridharan, D. Selvakumar, K. Rathinaraj, B.S. Anti-diarrheal activity of *Dodonaea viscosa* root extracts. *Int. J. Pharm. BioSci.* 2010, 1, 182–185. .
- Ruíz C., J.A.,** E. Bravo M., G. Ramírez O., A.D. Báez G., M. Álvarez C., J.L. Ramos G., U. Nava C. y K.F. Byerly M. 2013. Plagas de importancia económica en México: aspectos de su biología y ecología. Libro Técnico Núm. 2. INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco. 447 p.
- Ramachandra S.** and Ravishankar GA. (2002). Plant cell cultures: chemical factories of secondary metabolites. *Biotechnology Advances.* 20: 101-153.
- Villanueva RT,** Brewer MJ, Way MO, Biles S, Sekula D, Bynum E, Swart J, Crumley C, Knutson A, Porter P. (2014). Sugarcane aphid: a new pest of sorghum. Texas A&M Agrilife Extension. Ento-035, College Station, TX. 4 p. (<http://ccag.tamu.edu/sorghum-insect-pests/>).
- Wagner, H.,** and S. Bladt. 1996. *Plant Drug Analysis*. Springer, Heilderberg, German



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



DIRECCIÓN DE ESTUDIOS SUPERIORES

Escuela de Estudios Superiores del Jicarero

Dirección

El Jicarero, Jojutla, Morelos, 15 de junio del 2022.

**DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES
PRESENTE.**

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento de tesis profesional por etapas, que presenta la Pasante de Licenciado en Biología: **C. Monserrat Avila Ulloa**, con el título del trabajo: **Actividad afidicida en dieta artificial de *Dodonea viscosa* contra *Melanaphis sacchari* Zehntner (Hemiptera:Aphididae)**

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR: SI

VOTO EN CONTRA: _____

NECESITA ARREGLAR O ELIMINAR ALGO: _____

COMENTARIOS: _____

FIRMA

DR. JUAN MANUEL RIVAS GONZÁLEZ _____

MTRA. MARÍA DE LOS ÁNGELES NÚÑEZ PUENTE _____

DR. CÉSAR SOTELO LEYVA _____

DR. RODOLFO FIGUEROA BRITO _____

M. EN C. JUAN CARLOS JUÁREZ DELGADO _____



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

JUAN MANUEL RIVAS GONZALEZ | Fecha:2022-06-15 15:08:35 | Firmante

ag0laLyeiJYOXulnHbkgJsnxYPFNwQtQfM5+2mTZW75LGZ5FytP0OVRTfetCom/ldOzHy3ION03FS1Wpl+51f5yUn0WC/SebYIPJcZ+C/oEDRu5I3+IKxeAYwgjdhRNRyYK2ov36SgyoBXVr4Jq2lyus9OJUCxTNLLVY7oRjW3OMITXLNZVwZFTsJ+HOAzR3ab6mVxxsNxP+luURV/OQkPG4bEUmzRL69yrFPE79L1zmfllPQb7NpZTpfc1ASiQXkd2LUcjkyGTGP0Uic+sXsLwFyhPbiXljsjeEBtDG29tDI6zDVBBf+fpOBXqGR2qaTGdWGbgaUqzAae1nw==

CESAR SOTELO LEYVA | Fecha:2022-06-15 15:47:18 | Firmante

dpmyOtmCEjyc0WQnylZW33aUWCo0PEzFuxCl5W6rmEkggqepnxqo7bE4U3a0D1OSfuil+jDoCoP+LGaGjvXnNTrumuUlgr92A/Mogsqes6s3HZIsAFDdtm+2HusXMC64os3OMDbNrMTyvrApSfpQ3ZJSeX8WlghE1R69naOiOJZHCKZettqmVVSQxd6Nu4XF8E/vwSRX4xUJknmn9uuVwYK17F47dmqui9arcFgADHUmpKvg8/5EpmPCDwZ0QSCQcFyMWRPmE92V7Be3TilAmBAUoYyC9TcPzvBXEF0YiuZSjI0937AtFNJG4TNcryP6Fy8qA9ED1AnUSBw==

RODOLFO FIGUEROA BRITO | Fecha:2022-06-15 15:49:42 | Firmante

MvKa/hlGtmY8QDcbCQH3NfNF0Y1Ppv+gtJHzGMiB4/j7a6YnrD9oYFMscYgCYRGWEvaJFrJMv6wIPSVCTfarEzCfBrI6VdNI4N/WokYMQQVQ9ij3gWx+Lpocr/9S7CILwd5IFQU58+tMbPnlgjF/1I9EMifAlcHi+IXisowTIPWl+udWP//MFzxn4+cTLpKqaiNNJGDFxHQNrh5vKW7aefNacJsq6iQNaTa0NaORkXx8PeDN80Oo0G8jNkvnoOCzkrdAVoFzWjEl/ot1VmQhwlB14iUuM8cxJt1G/J4I4AqBMVd06NSogOmVkiAGN8Zkxi5/tamBDMYQqoGUz8oBg==

JUAN CARLOS JUAREZ DELGADO | Fecha:2022-06-15 16:31:27 | Firmante

H5kzaqF14Wbt24hUYinvCuxEcQ4s+M6uwPpEzDZ2oL5zUmUzd2WtP9uSFMZNXzGemsA7lUfkeNst3XkVmrDkMXdej2CTdb3SrWYKnpV1LyRj8ZRI5iCr1EF1oC/fWDwaZDCS01619aENMtZKkesZKJQQMzAnq6fqrJZQhCICjtYa6KTab+a76rjt+3c8G7o870cvcMaHDq++aeIa54Hrx+BEkPZ0dR+OhhDRu4LGTJdw08ffnHfZKUF5nq0JggQ18+cEx0qll/sofR70WRuHqDXBpmzAsGAFey3+2EylF6n8UifpUAvh+T4XeOWVLX32VjcAzouHUXmq+94lg==

MARIA DE LOS ANGELES NUÑEZ PUENTE | Fecha:2022-06-15 20:59:58 | Firmante

obF4y6QT5cRIPckJTf6NwV7QN9lrBg+PC9l+4ADdx3kRw0jCbZByhO5BciU1U1v4oVC65az7EEbSzkj+sC4vzytrIVYJKaHFSz/7znaUwDzAqDhSJB9XO7x44nI9BhUiVvq6T+w0kWxew1hn4gpUBZJcl2FpF5mb873O3ISGIZfW9hBqJ117WM0WTaHB9Dzou/li7MT0zjNc+HyFwKAiaov1pQNmj9nKNVPmTd0RZ4LjD3+11M19B8WxsWdEK1DYkRsPEMkRVTY4V4ah34Hcn5s3GKhrQLGFKCU9cdiWCUfqXhI6qByBiLmEEJiHTSQ8JNdUYEGxsv82t6rSC311Q==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



Xsux90Urg

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/E9SaFBkf3qQ2JpQFyAniD3cR3rNraOnl>

