

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Evaluación de la Efectividad Biológica del Acaricida Azadiractina para el Control del Acaro del Aguacate *Oligonychus punicae* (Hirst) (Acari: Tetranychidae)

Por:

MARIO ALBERTO FRUTOS MORA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México.

Octubre 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Evaluación de la Efectividad Biológica del Acaricida Azadiractina para el Control del
Acaro del Aguacate *Oligonychus punicae* (Hirst) (Acari: Tetranychidae)

Por:

MARIO ALBERTO FRUTOS MORA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dr. Jerónimo Landeros Flores

Asesor Principal

Dr. Ernesto Cerna Chávez

Coasesor

M.C. Omar García Ángel

Coasesor

Dr. Gabriel Sallegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía
Saltillo, Coahuila, México.

Octubre 2017

AGRADECIMIENTOS

A **dios padre** y la **virgen de Guadalupe** por sus bendiciones y cuidarme en todo momento, al darme a una familia muy grandiosa, sobre todo por permitirme llegar a esta etapa de mi vida.

A mi **Alma Terra Mater**: Por haberme dado la oportunidad de formar parte de esta gran casa de estudios, por inculcarme los valores y aquellos profesores que me compartieron sus conocimientos durante mi formación profesional.

Dr. Jerónimo Landeros Flores: Quien me dio la oportunidad de trabajar en esta investigación de igual manera por brindarme su amistad, apoyo y disponibilidad de tiempo en la realización de este trabajo.

Dr. Ernesto Cerna Chávez: por formar parte de la mesa de jurados

Ing. Ángel Ruiz Díaz: Por formar parte de la mesa de jurados.

Mc. Omar García Ángel: por formar parte de la mesa de jurados y brindarme de su apoyo en la realización de este trabajo y su gran amistad.

Dra. María Elizabeth Galindo Cepeda: Por haberme brindado su amistad, apoyo incondicional y su disponibilidad de tiempo durante mi estancia en España

Mc. Carlos Rojas Peña: por ser una gran persona que estuvo en las buenas y en las malas conmigo, además de darme consejos y ayudarme cuando lo necesitaba.

A **Candy, Claudia, Aby, Alonso, Edgardo, David, Juan (Dinamita), Jorge, Marcos y Rigo** por brindarme su amistad incondicional y con los que pase los momentos más difíciles y buenos durante mi estancia en esta universidad.

A **mis Profesores de Parasitología**: Por haberme transmitido los conocimientos básicos que me forjarán como profesionista y que además fuera de esta escuela me

servirán como herramienta para desarrollarme profesionalmente y también aquellos profesores que participaron desde el preescolar, primaria, secundaria y preparatoria, gracias por ese granito de arena que cada uno depositó en mí.

A la **Universidad Politécnica de Cartagena UPCT** por haberme permitido tomar una estancia de 5 meses, en la cual aprendí bastante.

Al Dr. Juan Hernández Fernández, Dra. Virginia Sánchez Navarro y la Dra. Almudena Giménes por haberme brindado su valiosa enseñanza y amistad en mi estancia y también por permitirme hacer mis prácticas profesionales, en la Universidad Politécnica de Cartagena, España.

A **Cirilo Mora Duran**: por ser un gran señor que se empeña cada día en mi por venir, que gracias a sus consejos y ayuda he podido salir adelante.

A **Víctor Mora Duran**: por ser una gran persona que siempre ha estado conmigo y me ha apoyado para yo poder salir adelante.

A **Martin Jacobo**: por brindarme su apoyo durante mis estudios y sus grandes consejos.

A **Rosita Botello (Inpeinable)**: por ser una gran amiga, siempre haciéndome reír con su inocencia.

A **Brenda Vargas**: mi prima consentida que siempre está en las buenas y en las malas conmigo apoyándome en todo.

A **Yaritza Mora Cirilo**: prima también consentida que siempre está conmigo apoyándome en todo y dándome consejos, por esos ánimos que me da siempre.

A Edwin German López, Maximiliano Agustín Huerta, José Molina y Nicolás Atanasio, Jesús Osvaldo (cantante) y Juan de Dios, unos de mis mejores amigos que siempre estuvieron conmigo en las buenas y en las malas en la cual pasamos grandes momentos inolvidables y por su valioso tiempo de estar conmigo durante mis estudios profesionales.

DEDICATORIA

A MI ABUELA:

ANTONIA GAMIÑO PONCE

Una gran persona que donde quiera que este ella observa lo que estoy logrando y sé que está muy feliz, porque siempre me apoyo, me daba de comer, me vestía y además me acompañaba en cada graduación, fue y será una gran persona a la que le **Dedico Este Trabajo** y que siempre la llevo en mi corazón.

A MIS PADRES:

□ **Sra. PETRA MORA GAMIÑO**

□ **Sr. MARIO FRUTOS VELAZQUEZ**

Mamá: Te dedico este trabajo por que con esto finalizo una etapa más de mi vida; gracias por haberme dado el regalo más grande que fue traerme a este mundo, por estar siempre a mi lado, por tu cariño, consejos y escucharme cuando más te he necesitado. Tú has sido siempre mi ejemplo a seguir, luchar y no dejarme vencer por situaciones tan difíciles que se me presentaran en el camino y seguir siempre adelante. Te quiero mucho sin tú cariño y apoyo no hubiera logrado llegar hasta acá.

Papá: Gracias a tu cariño, a tus consejos y por darme la vida.

A MIS HERMANOS:

José A. F. M, Marcela F. M, Marisol F. M, Blanca E. F. M, Jesús G. F. M, Alejandra F. M, Marcelinito P. M, Alondra P.M, Con los que he compartido buenos y malos momentos, a pesar de eso, siempre estamos juntos; ustedes han sido mi ejemplo a seguir, gracias por sus consejos, cariño y apoyo incondicional los AMO.

A mi abuelo J. Concepción Mora López: Por enseñarme a ganar las cosas con el sudor de mi frente.

A MIS TIOS:

Cirilo Mora Duran: Una gran persona para mí que es como mi padre, y aún más como un gran amigo que me aconseja y que siempre está conmigo para ayudarme a afrontar mis problemas, además siempre ha sido el pilar en mi desarrollo como persona.

Marcela Cirilo: Por brindarme siempre su apoyo incondicional, por su cariño, apoyo y consejos, siempre deseándome lo mejor y dándome ánimos de seguir a delante.

Martin Jacobo: por ser una gran persona, siempre aconsejándome y apoyándome en todo momento.

Lucia Mora: por ser mi segunda madre, mi madrina, que siempre está pendiente de mí, preocupándose por mí por venir, una persona que siempre me apoyo durante mis estudios.

Víctor Mora Duran: por ser una persona importante en mi vida, ya que siempre estuvo en las buenas y en las malas conmigo, además de enseñarme a vivir la vida correcta.

Demetria Arreola: una gran persona por haber dedicado tiempo en mí aconsejándome, ayudándome en todo momento y estar ahí cuando más la necesitaba.

A Alejandra M; Olivia M; Rosa; Carlos; José Velázquez; Víctor Mora; Genaro Mora; Jerónima Mora; Chela Mora; Juan Mora; Marcelino Piñón; Silvia Piñón; Cristo; Juan Calos Mora; Jorge Mora; María Mora, Por brindarme su cariño, consejos y comprensión en todos los momentos de mi vida. Por el apoyo que siempre me han brindado, por siempre motivarme para salir adelante y por ser un pilar y ejemplo de superación para ser posible mi profesión. Porque me siento

orgulloso de ustedes que siempre me han enseñado el valor de las cosas y me han dado sin exigir nada a cambio, por todo esto y más les viviré eternamente agradecido.

A la **familia Frutos Mora, Mora Duran, Mora Gamiño, Tavera Arreola y Cirilo**: Con cariño amor y respeto, por brindarme su apoyo y comprensión en cada momento. Gracias por los sabios consejos que me brindaron para salir siempre adelante, por haberme otorgado su confianza apoyo moral y espiritual para seguir adelante.

A Mis Primos: Carlos Mora, Catalina Mora, Genaro Mora, Antonio Mora, Arnulfo Mora, Yessica Velázquez, Sofía Velázquez, Meli Velázquez, Miguel Velázquez, Chela Mora por pasar buenos y malos momentos juntos sin ninguna preocupación.

A **Yaritzta Mora Cirilo**: por ser una gran persona que día a día me ha demostrado que es una de las mejores primas que aprecio y quiero mucho, y que a pesar de peleas y disgustos siempre ha estado conmigo para apoyarme.

A **Juan Daniel Mora Cirilo**: Por ser la persona más honesta conmigo y compartir una infancia inimaginable sin tener que preocuparnos de nada, esa gran persona que sé que por mi daría la vida como yo la doy por él, una gran persona que siempre me apoya en las buenas y en las malas.

Brenda Vargas: por esa gran amistad que tenemos no solo como primos sino como grandes amigos y que siempre estaré agradecido con Dios.

A mis Amigos:

Edwin German López molina, Nicolás Atanasio Tavares, José Molina Padilla, Maximiliano Agustín Huerta Cabrera, Cristian Contreras, porque siempre estuvieron a mi lado, por su apoyo incondicional, por las sorpresas que vivimos y las metas logradas, el saber que siempre nos apoyamos y nunca nos dejamos solos y que logramos el propósito de ser alguien en la vida, gracias amigos los quiero mucho.

Sergio Adán Tavera Arreola, Edilberto Mora Botello, Ivonne Tavera Arreola, Noel de Tavera. A ustedes que son como mis hermanos que siempre me apoyaron durante mis estudios, aconsejándome buenas ideas, compartiendo buenos y malos momentos, creciendo juntos y convivir como una gran familia.

A Sergio, Samuel, Fermín, Joaquín, rene, Oswaldo por su incondicionable amistad y apoyo.

A Mireya Cervantes Arreola, Con amor y mucho aprecio a mi amiga, por ser una gran persona, una mujer tan bella capaz de hacerme reír con tan solo una palabra, una gran persona que aún no acabo de conocer, pero espero y llegue el momento, te quiero mucho amiga.

A mis **Paisanos y Amigos: Juan De Dios, Daniel, Luis, Elmer, Héctor, Heriberto, Francisco, Isaías, Yave, Chipi, Eder, Oscar.**

Rosita Botello A ti niña enfadosa por hacerme reír haciendo pequeños comentarios cada vez que hago amistades en las redes, y la gran amistad que fuimos teniendo, además de tus consejos y no solo eso sino por querer ser como yo, muchas gracias por tu amistad niña.

Lety Gaona por ser una gran amiga la cual admiro y quiero mucho.

A todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron para poder terminar mi carrera. ¡¡¡¡**MUCHAS GRACIAS A TODOS!!!!**

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
Objetivo.....	2
Hipótesis.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Origen y Descripción del Aguacate	3
Clasificación Taxonómica.....	3
Razas.....	4
Raza Guatemalteca.....	4
Variedad Hass.....	5
Características de la Variedad Has.....	5
Importancia Económica del Aguacate	6
Producción mundial	6
Producción nacional	7
Producción estatal.....	8
Consumo nacional.....	9
Plagas de importancia	9
Familia Tetranychidae.....	10
Ácaro café del aguacate <i>Oligonychus punicae</i> (Hirst)	10
Ubicación taxonómica	11
Morfología.....	11
Ciclo de vida.....	12
Distribución.....	12
Biología.....	12

Daños	13
Métodos de control.....	13
Control biológico.....	13
Prácticas culturales.....	13
Control químico.....	14
Azadiractina.....	15
Formula estructural.....	16
Modo de Acción.....	16
Efectos Fisiológicos.....	17
Efectos directos	17
Insectos que controla	17
Efecto de la Azadiractina en parasitoides.....	18
Neem-X® Neem-X®.....	18
MATERIALES Y METODOS	19
Ubicación del experimento	19
Materia Biológico.....	19
Producto evaluado.....	19
Bioensayo.....	19
Criterio de muerte.....	20
Análisis estadístico.....	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
CONCLUSIÓN.....	28
LITERATURA CITADA.....	29

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pagina
1	Principales estados productores de aguacate en México (SIAP, SAGARPA, 2013).	8
2	Actividad acaricida de Azadiractina (ppm) en <i>O. punicae</i> expuestos a diferentes concentraciones de Azadiractina 24 Hr. después de la aplicación.	22
3	Actividad acaricida de Azadiractina (ppm) en <i>O. punicae</i> expuestos a diferentes concentraciones de Azadiractina 48 Hr. después de la aplicación.	23
4	Actividad acaricida de Azadiractina (ppm) en <i>O. punicae</i> expuestos a diferentes concentraciones de Azadiractina 72 Hr. después de la aplicación.	24
5	Actividad acaricida de Azadiractina (ppm) en <i>O. punicae</i> expuestos a diferentes concentraciones de Azadiractina.	25

INDICE DE FIGURAS

Figura		Pagina
1	Producción anual de Aguacate en México, 2011-2016* (miles de toneladas).	7
2	Formula estructural de Azadiractina (Liñan y Vicente 1997).	16
3	Línea de tendencia de concentración-mortalidad calculadas durante 24, 48 y 72 Hr. a base de Azadiractina en una población de <i>O. punicae</i> .	27

INTRODUCCIÓN

El aguacate *Persea americana* Mill, es la cuarta fruta tropical más importante en el mundo, se estima una producción global de 2.69 millones de toneladas y México el principal productor con 1.31 millones de toneladas, seguido por Indonesia con 294,200 toneladas y Republica Dominicana con 290,011 toneladas (FAOSTAT, 2012).

La superficie cultivada en México es de 124,929 ha, con una producción estimada de 1, 100,000 toneladas (Secretaria de Economía., febrero 2012). En México, 28 entidades federativas cultivan aguacate, siendo el Estado de Michoacán el principal productor con 950 mil toneladas en el año 2010, lo que representa el 85.9% de la producción total. Otras entidades federativas que también participan en la producción de aguacate son: Jalisco (2.7%), Morelos (2.4%), Nayarit (2.3%), Estado de México (1.9%), Guerrero (1.1%) y Yucatán (0.9%), estas siete entidades en conjunto aportan el 97.3% de la producción nacional (Secretaria de Economía, febrero 2012).

Los huertos de aguacate están expuestos a un número importante de plagas que merman el rendimiento y como consecuencia una disminución considerable en las ganancias por el aumento en los costos de producción. Dentro de estas plagas se encuentran los ácaros. El más persistentes es el acaro café del aguacate, *Oligonychus punicae* Hirts (Acari: Tetranychidae) (APROAM, 2007; Helle y Sabelis, 1985). Los cuales remueven los contenidos celulares de las hojas formando manchas necróticas (Jeppson *et al.*, 1975). El síntoma típico se describe como manchas irregulares cloróticas y que finalmente se tornan cafés (Aponte y McMurtry, 1997). *Oligonychus punicae* se localiza generalmente en el haz de las hojas, pero en infestaciones severas las colonias pueden también ser encontradas sobre ramas verdes y frutos en desarrollo (Jeppson *et al.*, 1975). Uno de los métodos de control más utilizado para el manejo de ácaros, es la aplicación de productos químicos (Soto 2013), los cuales algunos de ellos pueden producir algunos efectos nocivos al medio

ambiente, es por ello necesario la búsqueda de algunos productos de origen natural más amigables con el medio ambiente con los cuales se pueda minimizar dicho daño y que ayuden como una alternativa factible para el manejo de dichas plagas, y mantener las poblaciones por debajo del daño económico.

Objetivo

Evaluar la efectividad de Azadiractina sobre una línea de campo de *Oligonychus punicae* en hojas de aguacate variedad Hass.

Hipótesis

La Azadiractina es un producto de origen natural que puede servir como una herramienta en el combate de esta plaga

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen y Descripción del Aguacate

El aguacate es un árbol originario de Mesoamérica, su origen tuvo lugar en la parte centro de México y en algunas partes altas de Guatemala, donde ya se cultivaba con anterioridad a la llegada de los españoles. Su nombre científico es *Persea americana* y proviene de la familia laurácea (SAGARPA, 2011).

El árbol del Aguacate es frondoso y de hoja perenne, tiene una floración muy generosa y se obtiene el fruto en un porcentaje muy alto. El fruto que es una baya de una semilla, oval, de superficie lisa o rugosa, tiene un rango de peso bastante amplio que en las variedades comerciales oscila entre los 120 g y los 2.5 kg, es de color verdoso y piel fina o gruesa; cuando está maduro, la pulpa tiene una consistencia como de mantequilla dura y su sabor recuerda levemente al de la nuez, es muy rico en proteínas y en grasas, con un contenido en aceite del 10 al 20% (Secretaría de Economía, 2012).

Clasificación Taxonómica

El aguacate pertenece al género *Persea* de la familia Lauraceae, con alrededor de 85 especies; es posible encontrar a la mayoría de ellas desde el sur de los Estados Unidos (*Persea barbonia*) hasta Chile (*Persea lingue*). Son excepciones *Persea indica*, que se encuentran en las Islas Canarias (España) y otras del sur de Asia cuya inclusión en el género *Persea* no está definida.

Sánchez *et al.*, (2000) ubicaron la taxonomía de *Persea americana* de la siguiente manera

Familia: Lauraceae

Subfamilia: Lauroideae

Tribu: Perseae

Subtribu: Perseineae

Género: *Persea*

Especie: *P. americana* Miller.

En el proceso de domesticación se dieron tipos divergentes que se desarrollaron en aislamiento geográfico y finalmente dieron lugar a tipos botánicos distintos con diferencias, además, en adaptación climática. Tres de estos tipos diferentes son en la actualidad ampliamente conocidos a nivel mundial como subespecies o variedades botánicas de *P. americana*: Mexicana, Guatemalteca y Antillana (Sánchez *et al.*, 2000).

Razas

Según Bernal, *et al.* (2014), la especie *Persea americana* Mill. se divide en tres razas ecológicas, cada una de las cuales tiene un estatus varietal dentro de las especies: *P. americana* var. *drymifolia* (raza mexicana), *P. americana* var. *guatemalensis* (raza guatemalteca) y *P. americana* var. *Americana* (raza antillana).

Raza guatemalteca

Persea americana var. *Guatemalensis*, originaria de las tierras altas de Guatemala. En Colombia, los árboles de esta raza se adaptan a alturas entre 1.000 y 2.000 msnm. Los frutos son de forma esférica, ovalada o piriforme; su color es verde

opaco, hasta morado oscuro cuando están maduros; los frutos pueden ser medianos y grandes. La calidad de la pulpa y su contenido de grasa del 20 % superan a la de la raza antillana. El período transcurrido entre la floración y la cosecha puede durar hasta 15 meses, y después de que se han sazonado los frutos (madurez fisiológica), el árbol los retiene hasta por seis meses, ya que estos no se caen fácilmente, como en otras razas. Algunas de las variedades o cultivares pertenecientes a esta raza son: Hass, Lamb-Hass, Hass Carmen, Reed, Edranol, Itzama, Nabal, Linda, Pinkerton y Mayapan.

Variedad Hass

Es un aguacate predominantemente guatemalteco, pero con algunos genes mexicanos, que surgió a partir de una mutación espontánea de parentales desconocidos y fue seleccionado por Rudolph G. Hass, en La Habra Heights (California), debido a la alta calidad de su pulpa, mayor productividad y una madurez más tardía. El Hass corresponde a cerca del 80% de todos los aguacates que se comen en el mundo (Bernal., *et al.*, 2014).

Características de la variedad Hass

Es el principal cultivar del mundo, originado a partir del cruzamiento de la raza mexicana (*Persea americana* var. *Drymifolia*) con una participación del 10 a 15% y la raza guatemalteca (*Persea nubigena* var. *Guatemalensis*) con 85 a 90%. Es auto fértil, pero se recomienda establecer dentro del huerto algunos árboles de los cultivares Fuerte o Ettinger, para mejorar la polinización. Es un árbol con excelente producción. Sus frutos son de buena calidad, con un contenido del 17 al 21% de grasa en su pulpa; son de tamaño mediano, con un peso que va de 150 a 400 gramos y de 8 a 10 centímetros de largo, forma ovoide a piriforme, y cáscara rugosa, de color verde, que se oscurece al madurar, tornándose negra como un indicador

natural de la madurez de consumo. El fruto maduro se conserva bien en el árbol y permite su almacenamiento. La relación cáscara: semilla: pulpa es de 8,5:11,5:72%, respectivamente. Por su parte, los cultivares como el Hass, propagado por injerto, comienzan a producir a partir del segundo año, entrando en plena producción hacia el 3.er o 4.o año y con una vida útil promedio de la plantación de 15 años (Bernal *et al.*, 2014).

Importancia Económica del Aguacate

La fruticultura en México se desarrolla en una superficie de un millón doscientas mil hectáreas, que representan menos del 4% de la superficie agrícola nacional, dentro de esto, existen más de 32 especies cultivadas, de las cuales 10 son los cultivos más importantes al representar el 87.6% de la superficie frutícola de México, en los que sobresalen la naranja, mango y aguacate, con 26, 13 y 11.5% respectivamente, convirtiéndose éste último en un cultivo de gran importancia económica para México, pues a nivel mundial es reconocido como el primer país productor de aguacate, ya que desde 1985 nuestra nación aporta alrededor del 45% de la producción mundial (Sánchez y Rubi , 1994).

La importancia socioeconómica del aguacate se deriva del beneficio que derrama entre productores, comercializadores, industrializadores y consumidores. Los huertos generan empleo al demandar mano de obra para las podas, los riegos, el cuidado nutritivo y fitosanitario, la cosecha, el acarreo, la selección, el empaque, el traslado, el mercadeo y ventas al mayoreo y menudeo. En 1997 se produjeron aproximadamente 2.3 millones de toneladas. Seis países producen las dos terceras partes del total mundial (Secretaría de Economía, 2012).

Producción mundial

Durante el 2009 la producción mundial de aguacate alcanzó las 3, 585,156 toneladas siendo México el primer productor y exportador. El área mundial cosechada de Aguacate ascendió a 438,325 hectáreas (Gerencia de Investigación de Mercados, 2011).

Producción nacional

En México la producción de aguacate ha crecido de manera importante en los últimos años, entre 2002 y 2015 la tasa de crecimiento promedio anual fue del 4.2%, mientras que entre 2011 y 2015 el crecimiento promedio fue del 8.7% (SIAP, 2016). En la gráfica se observa que a partir de 2011 la producción de aguacate en México ha crecido de manera constante, lo que se debe en gran medida a la mayor aceptación y popularidad del producto mexicano en el mercado mundial. En el 2015 se obtuvieron en total un millón 624 mil toneladas de aguacate, en tanto que hasta julio del 2016 la producción alcanzó las 986 mil toneladas.

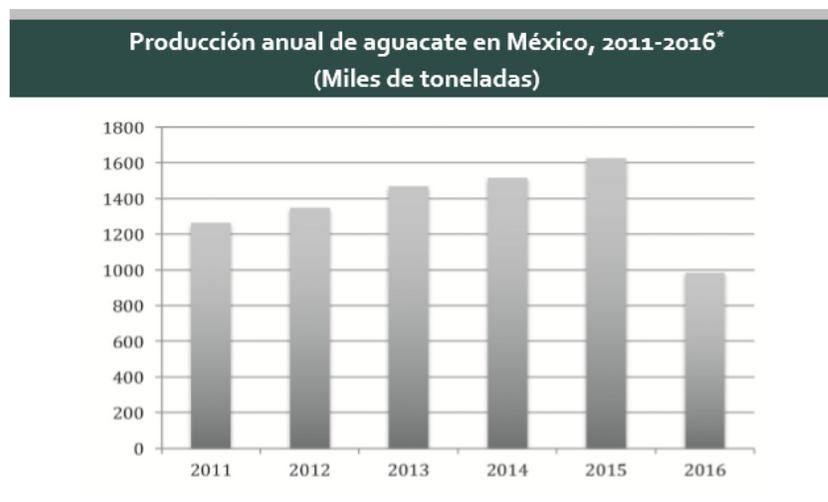


Figura No 1. Producción anual de Aguacate en México, 2011-2016* (miles de toneladas)

* Producción hasta julio del 2016.

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP (2016).

Producción Nacional de Aguacate por Entidad en 2012.

Estados	Volumen		Valor	
	Miles de Toneladas	Participación	Mdp	Participación
Michoacán	1,117.3	84.9%	14,835.7	89.3%
Jalisco	40.8	3.1%	494.7	3.0%
Morelos	35.5	2.7%	276.0	1.7%
Nayarit	29.2	2.2%	132.4	0.8%
México	28.8	2.2%	291.7	1.8%
Guerrero	14.8	1.1%	135.9	0.8%
Resto del País	49.7	3.8%	441.7	2.7%
Total Nacional	1,316.1	100.0%	16,608.1	100.0%

Cuadro No 1. Principales estados productores de aguacate en México (SIAP, SAGARPA, 2013).

Producción estatal

Michoacán es la entidad federativa con la mayor producción, la cual ha oscilado entre el 85 y 80% del total nacional siendo los últimos años los de menor participación. Hasta julio del 2016 Michoacán ha producido 808 mil toneladas de las 986 mil producidas en el país. Después de Michoacán, las entidades que más producen aguacate son Jalisco y el Estado de México, pero la diferencia respecto del líder es demasiado amplia.

Consumo nacional

En 2010, el Consumo Nacional Aparente de aguacate en México ascendió a 738 mil toneladas, registrando una caída con relación al año anterior del 11% y un comportamiento relativamente estable en los últimos años. La producción nacional muestra un dinamismo promedio de 3% en el periodo 2003-2010, su monto es suficiente para abastecer el consumo interno y se tiene además un porcentaje de excedente importante para exportar cercano a las 400 mil toneladas. Las exportaciones muestran un buen dinamismo (16.8% en promedio en los últimos 8 años). Adicionalmente, la participación de las exportaciones en la producción muestra una tendencia ascendente en dichos años (Secretaría de Economía, 2012).

A nivel nacional Michoacán concentra el 84.9% del volumen de producción de aguacate en el país y 89.3% del valor generado. Otras entidades que tienen cierta participación, aunque no mayor al 3% del volumen total, son: Jalisco, Morelos, Nayarit, Estado de México y Guerrero (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2014).

Plagas de importancia

Las plagas consideradas de mayor importancia económica que se presentan en las plantaciones de México son: el ácaro café *Oligonychus punicae* (Hirst), el ácaro cristalino *O. perseae* (Tuttle, Baker & Abbatiello), el barrenador pequeño de la semilla *Conotrachelus perseae* Barber y el barrenador de las ramas *Copturus aguacatae* Kissinger y varias especies de trips (Thysanoptera), (Sánchez *et al.*, 2001; Castañeda *et al.*, 2003; González, 2003; Johansen *et al.*, 2003; Valle *et al.*, 2003; Equihua *et al.*, 2007).

Otros insectos considerados plagas secundarias, son el gusano verde *Copaxa multifenestrata* (Henrich-Shaffer), el gusano perro *Papilio garamas* Hubner, el gusano perforador de la hoja *Pyrrohyge chalybea* Scudder, las escamas blandas armadas (Diaspididae), escamas blandas (Coccidae), piojos harinosos (Pseudococcidae), agalla del follaje *Trioza anceps* Tuthill (Psylidae), periquito del aguacate *Metcalfiella*

monogramma (German), y varias especies de mosquitas blancas (Aleyrodidae), (Durán *et al.*, 2007).

Familia Tetranychidae

Los ácaros de la familia Tetranychidae asociados al cultivo del aguacate son uno de los grupos de mayor importancia en número y diversidad de especies descritas (Pritchard y Baker, 1955; Gutierrez, 1985; Baker y Tuttle, 1994;). Las bases de los quelíceros están fusionados y forman un estilóforo, adaptado para penetrar en el tejido de las plantas, normalmente los daños se presentan con puntos cloróticos ocasionando bronceado o puntuación, disminuyendo la actividad fotosintética (Cerna *et al.*, 2009).

Ácaro café del aguacate *Oligonychus punicae* (Hirst)

Oligonychus punicae conocido como el “ácaro café del aguacate” es considerada una plaga importante en huertos de aguacate, uvas y granadas en Asia, América, Europa, África y Australia (Halliday, 2000). Este ácaro café se encuentra confinada en la parte superior de las hojas cerca de las nervaduras, se ubican en hojas maduras del árbol, pero en infestaciones grandes se encuentra en cualquier parte de ésta. En las hojas infestadas, se puede observar un bronceado a lo largo de la vena media y de las venas laterales. El bronceado puede extenderse a toda la lámina foliar de las hojas cuando la población aumenta, hasta causar defoliación de la planta (Jeppson *et al.*, 1975).

Oligonychus punicae fue descrito por primera vez por Hirst (1926), como *Paratetranychus punicae* (Pritchard y Baker, 1955).

Ubicación taxonómica

Los ácaros fitófagos *Oligonychus punicae* tienen una amplia distribución a nivel mundial y constituyen el grupo más numeroso; fue descrito por primera vez por Hirst en (1926) ubicando taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Clase: Arachnida

Orden: Prostigmata

Súper Familia: Tetranychoidae

Familia: Tetranychidae

Género: *Oligonychus*

Especie: *O. punicae* Hirst

Morfología

Los miembros de esta familia Tetranychidae se caracterizan por poseer un cuerpo pequeño, globoso, entre 0.3 y 0.6 mm por lo que son fáciles de ver a simple vista. La coloración puede variar, y está relacionado con el alimento ingerido. La hembra es de forma redondeada y el macho es de menor tamaño, de forma alargada y de menor longitud, ambos con número y longitud de setas dorsales variable entre especies. Son ovíparos. Los huevos al eclosionar, dan origen a una fase móvil de tres pares de patas solamente (larva). Posteriormente, se sucederían dos estados ninfales de cuatro pares de patas (Protoninfa, Deutoninfa) y uno de transición (Teliocrisis), hasta llegar a adulto (MiPerú, 2010).

Ciclo de vida

El ciclo de vida de *Oligonychus punicae* consiste en cuatro estados de desarrollo: huevo, larva, ninfa y adulto. El estado ninfal se divide en dos etapas, la posterior a la larva, protoninfa y la anterior al adulto, deutoninfa. Después de cada etapa activa de desarrollo tienen una etapa inactiva o de quiescencia denominada ninfocrisálida (Jeppson *et al.*, 1975). En estas etapas, las ninfas sufren cambios fisiológicos internos, pero permanecen inmóviles y no se alimentan.

Distribución

El ácaro *O. punicae* se encuentra distribuido en Norteamérica y Sudamérica, así como en países Europeos y Asiáticos. En México se ha reportado en las zonas aguacateras de Puebla, Chiapas, Tamaulipas, Michoacán, Nayarit, Morelos y Guerrero (Flores *et al.*, 2011).

Biología

La duración de cada estado de desarrollo es variable, depende de las condiciones de humedad temperatura y tipo de hospedante. Se ha observado en trabajos de laboratorio, por ejemplo, que el tiempo de desarrollo es variable dependiendo de la variedad de aguacate. Cerna *et al.* (2009) observaron que a 24°C, la duración del desarrollo de huevo a adulto en las variedades Hass y fuerte fue de 7.78 y 7.74 días, respectivamente. Mientras que, en aguacate criollo, la duración se incrementó a 9.54 días (Cerna *et al.*, 2009). Barbosa (1983) observó que el tiempo de desarrollo a 22°C fue de 15.74 días.

Daños

O. punicae inicia su daño con puntos rojizos que se distribuyen e incrementan por toda la hoja hasta llegar a ocasionar un bronceado total. Cuando se descuidan las huertas, la plaga puede atacar retoños, flores, el envés de las hojas y frutos en formación; se le puede encontrar durante todo el año, pero con mayor incidencia en los meses secos y calurosos del año. Los árboles de un huerto altamente infestado pueden presentar defoliación, debilitamiento general y, en consecuencia, tienden a ser raquíuticos, con frutos poco desarrollados y escasos, se presenta todo el año, pero con mayor severidad en primavera y otoño (Adame, 2001; Coria y Ayala, 2010).

Métodos de Control

Control Biológico. Asociado con la presencia de *O. punicae*, en las huertas de aguacate en México, se ha encontrado alta incidencia en la población natural de varios depredadores. Siendo más comunes los depredadores *Amblyseius* spp el cual consume huevos de ácaros fitófagos; *Euseius* spp; *Galendronus helveolus*, con igual hábito alimenticio; *Typlodromus cornus*. El trips de seis manchas *Scolothrips sexmaculatus*, *Franklinothrips vespiformis*; *F. orizabensis*, *Leptothrips mali* y el trips negro con bandas blancas *Aeolothrips fasciatus*. También son comunes las larvas de los depredadores generalistas *Crysoperla carnea* y *Hemerobius pacificus* conocidos como crisopa verde y crisopa café respectivamente; *Sthethorus* spp, cuyas especies son depredadores específicos de ácaros fitófagos (Arias, 1990; McMurtry, 1992; McMurtry, 1997; Badii *et al.*, 2000; Sánchez *et al.*, 2001; Hoddle, 2008).

Prácticas culturales. Cuando se tienen superficies grandes con un solo cultivo, como es el caso del aguacate en Michoacán, se está suministrando extenso alimento a la plaga y en cambio se limitan los reservorios de enemigos naturales del ácaro, propiciando el rápido desarrollo de la plaga sin que los factores bióticos logren regular las poblaciones. Aunado a esto, la reducción de malas hierbas en las huertas para evitar la competencia con el cultivo también contribuye a la destrucción del

hábitat natural de los depredadores en general. Cuando las huertas están cerca de caminos polvosos, los ácaros o insectos depredadores mueren por disecación o dificultan la búsqueda de la presa, además de que el polvo mismo es utilizado como material para elaborar la telaraña del ácaro fitófago manifestándose altas poblaciones de la plaga. Finalmente debe evitarse en lo posible la aplicación de productos químicos para control de plagas y enfermedades o micronutrientes, principalmente productos a base de cobre cuando los factores climáticos son propicios para el desarrollo del ácaro, puesto que se elimina la población de depredadores y en cambio favorecen el desarrollo de los ácaros fitófagos (Arias, 1990; Badii *et al.*, 2000; Sánchez *et al.*, 2001).

Control químico. La araña roja es controlada de manera eficaz y económica con aplicaciones de azufre en dosis que dependiendo de la presentación del producto oscilan de 2 a 7 kg/ 1000 L de agua. Otra forma es mediante la aplicación de aceites derivados del petróleo, como es el aceite mineral ligero PureSpray Foliar 22 E en dosis de 2 L/ 100 L de agua, o aceite parafínico de petróleo aplicando 2 - 3 L/ 100 L de agua; sin embargo cuando estos son de bajo peso molecular no tienen efecto como ovicidas. La ventaja de la utilización de estos productos es que son aceptados como estrategia de control en la agricultura orgánica. Otros productos autorizados para su uso en aguacate contra ácaros es la Abamectina en dosis de 0.5 a 1.5 L /1000 L de agua; Azadiractina en dosis de 0.5 a 2 L /1000 L de agua y Lambda cyhalotrina 0.5 a 1 L /1000 L de agua (González, 1986; Arias, 1990; Morales *et al.*, 1999; Sánchez *et al.*, 2001). De cualquier manera se sugiere realizar de 3 a 4 aspersiones con brisa suave, la primera cuando haya 10% de floración, otra en floración plena, una más casi al concluir ésta y la última en frutos de tamaño cabeza de cerillo (± 3 mm) a canica (± 1 cm).

Antes de tomar la decisión de utilizar el control químico como alternativa para reducir las poblaciones de insectos y ácaros fitófagos, es importante considerar que las poblaciones de enemigos naturales también serán abatidas. En consecuencia de lo anterior es posible que en el mediano plazo los niveles poblacionales de las plagas

sean cada vez de mayor intensidad por estar libres de organismos que regulen sus poblaciones.

Azadiractina

Es un extracto proveniente del árbol del Neem o margosa (*Azadirachta indica* A. Juss) pertenece a la familia Meliaceae y es nativo de India. Se encuentra ampliamente distribuido en el Sur y Sureste de Asia y en la mayor parte de las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Benge, 1989). Este árbol es conocido por sus propiedades medicinales en humanos (Kausik *et al.*, 2002) y por su uso en control de plagas en cultivos agrícolas (Koul *et al.*, 1990). Los extractos obtenidos de su semilla contienen diversos agentes bioactivos contra hongos (Govindachary *et al.*, 1998) e insectos; el más potente es el nortriterpenoide conocido como Azadiractina (Mordue y Blackwell, 1993). Se ha demostrado la presencia de isómeros nuevos de Azadiractina (Govindachari *et al.*, 1991), de los cuales Azadiractina A es el metabolito más importante, por su actividad insecticida y cantidad presente en las semillas de Neem (Rembold, 1989; Jones *et al.*, 1989).

Es un Insecticida botánico regulador de crecimiento que impiden la muda por lo que los insectos mueren. Extraído del árbol de Neem *Azadirachta indica* A. Juss. Eficaz contra cualquier insecto en estado larvario y de pupa. Presentado en 1991 por W.R: Grace y Agridine Technologies inc. (Liñán y Vicente, 1997).

Grupo Químico: nortriterpenoides; limonoides.

Formula Estructural.

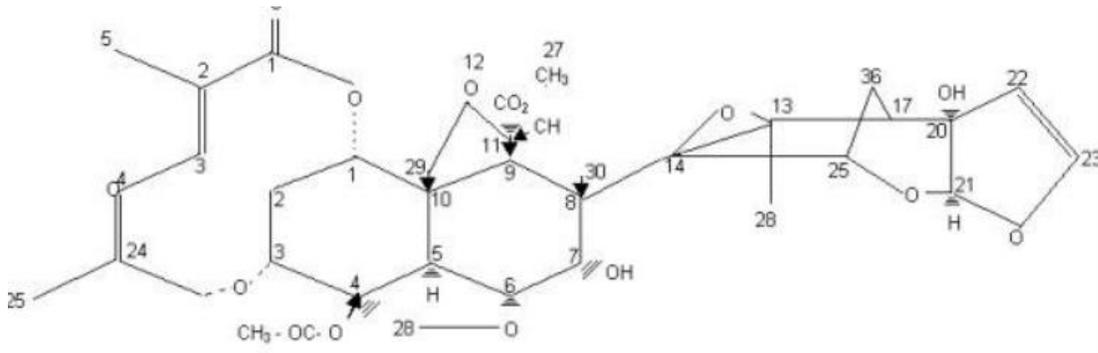


Figura No 2. Formula estructural de Azadiractina (Liñán y Vicente 1997).

Modo de Acción

Insecticida regulador de crecimiento que controla todos los insectos en todos los estados larvarios y de pupa. No controla huevo ni insectos adultos. Actúa por contacto e ingestión. Existen varias hipótesis de su modo de acción: interferencia con el sistema neuroendocrino que controla la síntesis de la ecdisona, responsable del proceso de la muda (inhibidor de la síntesis de la quitina), y de la hormona juvenil y también la inhibición de la liberación de ecdisona de la glándula que la produce. Los insectos afectados no pueden completar el proceso de muda y mueren. (Liñán y Vicente, 1997).

Los derivados del árbol del Neem producen diversos efectos fisiológicos que van desde la repelencia de la comida hasta la alteración del desarrollo, esterilización, alteración del apareamiento, inhibición de la oviposición, eclosión del huevo, etc. A veces es difícil precisarlos porque se producen efectos sinérgicos según se encuentren los derivados en las hojas, cortezas, semillas, grasas, etc. Dependiendo del estado de desarrollo del insecto, la muerte ocurre a los 3 y los 14 días después del contacto con el producto, los insectos dejan de alimentarse mucho antes de su muerte. (Liñán y Vicente, 1997).

Efectos Fisiológicos

Los efectos fisiológicos de la Azadiractina son mucho más consistentes que los efectos antialimentarias, y el resultado de la interferencia con el crecimiento y la muda, la interferencia con la reproducción y la interferencia con los procesos celulares. En todas las especies estudiadas los efectos de respuesta pueden ser vistos como la reducción del crecimiento, aumento de la mortalidad, mudas anormales y retardadas mudas. Estos efectos están relacionados con la interrupción del sistema endocrino. Los efectos de muda son debido a una interrupción en la síntesis y la liberación de la hormona de la muda (ecdysteroids) y otras clases de hormonas y esto puede ser demostrado por medio de inyecciones cronometradas con precisión de la Azadiractina en la hemolinfa de ninfas de *L. migratoria* (Mordue (Luntz) *et al.*, 1986).

Efectos directos

En células y tejidos. La Azadiractina se recoge en las células y provoca la inhibición de células y la síntesis de proteínas. Estos efectos se observan en la parálisis flácida de los músculos, células necrosis del intestino medio y la pérdida de nidi (células regenerativas) Y la falta de producción de enzimas del intestino medio (Mordue (Luntz) *et al.*, 1993).

Insectos que controla

Los productos obtenidos a partir de la Ley de neem como medio de insecticida de amplio espectro de acción de los insectos fitófagos, que afectan a miembros de la mayoría, si no todos los órdenes de insectos como los ortópteros, hemípteros, tisanópteros, Hymenoptera, Coleoptera, Lepidoptera y Diptera. Las larvas de lepidópteros parecen ser especialmente sensibles a estos productos, que son insectos contra las que se han utilizado más (Schmutterer, 1990).

Ferreira *et al.* (1998), reportan una buena eficacia contra la mosca blanca de los invernaderos (*Bemisia tabaci*, y *Trialeurodes vaporariorum*), los cítricos: mosquito-blanco (*Aleurothrixus floccosus*), trips (*Frankliniella occidentalis*), frutas: minería a

los cítricos (*Phyllocnistis citrella*), y la minería de larvas (*Liriomyza trifolii* , L. bryoniae , L. sirigata), las orugas de los lepidópteros tales como la procesionaria del pino (*Thaumetopoeae pityocampa*) y las especies *Spodoptera exigua* , *S.littoralis* , *gamma Autographa* , y *Heliothis armigera* , algunas especies de áfidos (*Aphis gossypii* y *Myzus persicae*), salta hojas, y otros insectos.

Efecto de la Azadiractina en parasitoides.

Según Córdor (2007), el impacto de los insecticidas a base de Neem es mínimo en los parasitoides si se aplican bajas dosis o las dosis que se utilizan comúnmente en el campo. Además, destaca que las suspensiones acuosas de Neem son menos tóxicas que los extractos de aceite de esta planta para los parasitoides.

Neem-X® Neem-X®

Es un insecticida orgánico, cuyo ingrediente activo mayoritario es la Azadiractina, la que se extrae utilizando etanol. Pertenece al grupo químico de los limonoides, contiene 0,4% de este ingrediente activo y se encuentra formulado como suspensión concentrada. En cuanto a su toxicidad, se clasifica en el grupo IV, por lo que se considera no peligroso para mamíferos. Este producto está recomendado para varios insectos, entre los cuales se encuentra *Cydia pomonella* AFIPA (2007), estando permitido para el control de plagas en la producción orgánica en Chile (Chile, Ministerio de Agricultura, 2007).

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del experimento

La presente investigación se llevó a cabo en una cámara bioclimática del Departamento de Parasitología, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila se encuentra a una latitud de 25°26'43"N 100°50'48"O y una altitud de 1680 msnm. Durante el periodo Marzo – Mayo de 2017.

Material biológico: se utilizó una colonia de *Oligonychus punicae* proveniente de árboles de aguacate variedad Hass, localizados en Tepic Nayarit, los cuales se mantuvieron en condiciones controladas de temperatura de 26 ± 2 °C, humedad relativa de 70 ± 10 % y fotoperiodo de 12:12 luz:oscuridad, a través de bulbos fluorescentes y empleando como sustrato hojas de aguacate de la variedad Hass.

Producto evaluado: Para la evaluación de toxicidad se empleó el acaricida, Azadiractina (concentración 11.83 ppm), en concentraciones de 1000, 750, 500, 250, 100, 50, 10, ppm respectivamente y un testigo absoluto al cual solo se aplicó agua.

Bioensayo: El experimento se desarrolló bajo las mismas condiciones de la colonia inicial. El método de bioensayo empleado en el desarrollo de la investigación fue el de película residual en hoja (FAO, 1974). Y consto de siete tratamientos más un testigo, con siete repeticiones cada uno, donde cada repetición consistió en secciones de hojas de aguacate, cortados de forma circular con un diámetro de 3 cm, estos, de manera individual, fueron sumergidos por cinco segundos en las diferentes concentraciones, usando agua como solvente. Dichos folíolos se dejaron secar en papel absorbente para quitar el exceso de humedad y posteriormente se colocaron sobre una lámina de agar solidificado en recipientes de plástico de 30mL de capacidad, en seguida se le colocó una película de agua sobre el agar y el contorno del disco de hoja con la finalidad de evitar la deshidratación y el escape de ácaros de la superficie del disco, posteriormente se colocaron 10 Ácaros adultos de *O. punicae*

en cada disco de hoja. Los recipientes fueron tapados con una tapa semihermética la cual constaba de un orificio central cubierto con tela fina con la finalidad de evitar el exceso de humedad.

Criterio de muerte

Las evaluaciones de mortalidad se registraron de 24, 48 y 72 hr. Después de la exposición. Se consideró ácaros muertos aquellos que no presentaron movimientos al ser estimulados con un pincel.

Análisis estadístico.

El máximo nivel de mortalidad aceptable en el testigo absoluto fue de 15% y se corrigió mediante la fórmula de Abbott (Abbott, 1925).

Los datos de mortalidad se analizaron mediante un análisis de máxima verosimilitud (Análisis Probit) obteniendo así las CL05, CL50, CL95 y límites fiduciales, utilizando el programa R versión 3.4.1 para Windows, de la compañía R Foundation for Statistical Computing, el cual es de distribución libre (R Core Team 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el (cuadro 2) se muestran resultados registrados a las 24 horas de exposición de *O. punicae* a Azadiractina, donde se puede observar mortalidad de 78.57 % a 750 ppm y una máxima de 97.09 % a una concentración de 1000 ppm. Sin embargo se puede observar que a partir de la dosis de 100 ppm se obtuvo más del 50% de mortalidad con un valor del 62.51%. Al respecto Angeli, *et al.*, (2016) en evaluaciones de Azadiractina (1.2%) sobre adultos de *Oligonychus yothersi* obtuvieron una mortalidad de 88.4 % después de 24 horas de exposición con una dosis de 2.5 mL / 1L H₂O (30 ppm). Por su parte Aswin *et al.* (2015) reportan 30 % de mortalidad en adultos de *Oligonychus orizae* a una dosis de 50 µL/.1 mLH₂O (3000 ppm) de Azadiractina (0.05%) a las 24 horas de exposición. Además, Bernardi *et al.*, (2013) reportan que la Azadiractina (Azamax® 1.2%) a una dosis de 0.24 mL/ 1L (2.88 ppm) mostro una reducción del 40% de ninfas y adultos de *Tetranychus urticae* en hojas de fresa.

Cuadro No 2. Actividad acaricida de Azadiractina (ppm) en *O. punicae* expuestos a diferentes concentraciones de Azadiractina 24 Hr. después de la exposición.

Concentración	# de Individuos tratados	Individuos Muertos	% de Mortalidad	% de Supervivencia	Mortalidad Corregida
TESTIGO	70	1	1.47	98.53	
10 ppm	70	9	13.43	86.57	12.13
50 ppm	70	10	17.24	82.76	16.00
100 ppm	70	41	63.07	36.93	62.51
250 ppm	70	37	60.65	39.35	60.06
500 ppm	70	39	61.90	38.1	61.33
750 ppm	70	55	78.57	21.43	78.25
1000 ppm	70	68	97.14	2.86	97.09

En el (Cuadro 3) se presentan los resultados de mortalidad de *O. punicae* después de 48 Hr de exposición a la Azadiractina. Donde se puede observar un incremento en el porcentaje de mortalidad, mostrando niveles de 85.50 y 100 % en las concentraciones de 750 y 1000 ppm respectivamente. Al respecto Aswin *et al.* (2015) reportan 53.3 % de mortalidad en adultos de *Oligonychus orizae* a una dosis de 50 µL/1mLH₂O de Azadiractina (0.05%) a las 48 Hr (2.88 ppm). de exposición. Además, Flores *et al.* (2007) reportan que la Azadiractina (Oikoneem CE- 90%) a una

dosis de 10 ml/1 lt de H₂O (9000 ppm) a las 48 Hr. mostro una reducción del 41.6% en adultos de *Tetranychus urticae* usando discos foliares de Frijol.

Cuadro No 3. Actividad acaricida de Azadiractina (ppm) en *O. punicae* expuestos a diferentes concentraciones de Azadiractina 48 Hr. después de la exposición.

Concentración	# de Individuos tratados	Individuos Muertos	% de Mortalidad	% de Supervivencia	Mortalidad Corregida
TESTIGO	70	1	1.49	98.51	
10 ppm	70	12	19.35	80.65	18.03
50 ppm	70	17	31.48	68.52	30.44
100 ppm	70	44	69.84	30.16	69.38
250 ppm	70	48	78.68	21.32	78.35
500 ppm	70	46	73.01	26.99	72.60
750 ppm	70	59	85.50	14.5	85.28
1000 ppm	70	68	100	0	100

En el (Cuadro 4) se presentan los resultados registrados después de la aplicación de Azadiractina a las 72 horas de exposición de *O. punicae* que muestran que valores de mortalidad fueron aumentando a mayor concentración de Azadiractina llegando hasta un 90.47, 97.10 y 100 % de mortalidad en las concentraciones más altas de 500, 750 y 1000 ppm. Al respecto Aswin *et al.* (2015) reportan 63.30 % de mortalidad en adultos de *Oligonychus orizae* a una dosis de 50 µL/1 mLH₂O (3000 ppm) de

Azadiractina (0.05%) a las 72 Hr. de exposición. A su vez, Flores *et al.* (2017) reportan que la Azadiractina (Oikoneem CE- 90%) a una dosis de 10 ml/1 lt de H₂O (9000 ppm) a las 72 Hr. de exposición, mostro una reducción del 65.1% en adultos de *Tetranychus urticae* usando discos foliares de Frijol.

Cuadro No 4. Actividad acaricida de Azadiractina (ppm) en *O. punicae* expuestos a diferentes concentraciones de Azadiractina 72 Hr. después de la exposición.

Concentración.	# de Individuos tratados	Individuos Muertos	% de Mortalidad.	% de Supervivencia.	Mortalidad Corregida
TESTIGO	70	1	1.49	98.51	
10 ppm	70	16	26.66	73.34	25.55
50 ppm	70	20	38.46	61.54	37.52
100 ppm	70	50	79.36	20.64	79.04
250 ppm	70	54	88.52	11.48	88.34
500 ppm	70	57	90.47	9.53	90.32
750 ppm	70	67	97.10	2.9	97.05
1000 ppm	70	68	100	0	100

En los (Cuadros 2, 3 y 4) se muestra como evoluciono el porcentaje de mortalidad de las hembras de *O. punicae* a lo largo del tiempo, para las diferentes concentraciones, y en el caso de las dosis más altas (1000 ppm), el 100 % de mortalidad se alcanza antes de las 72 horas de exposición, sin embargo se observa un buen control en dosis a partir de 100 ppm.

En el (Cuadro 5) se presentan los resultados de las pruebas de toxicidad donde se muestran las concentraciones de CL5, CL50 y CL90 a las 24, 48 y 72 Hr. después de la aplicación de Azadiractina sobre *O. punicae*.

Cuadro No 5. Actividad acaricida de Azadiractina (ppm) en *O. punicae* expuestos a diferentes concentraciones de Azadiractina.

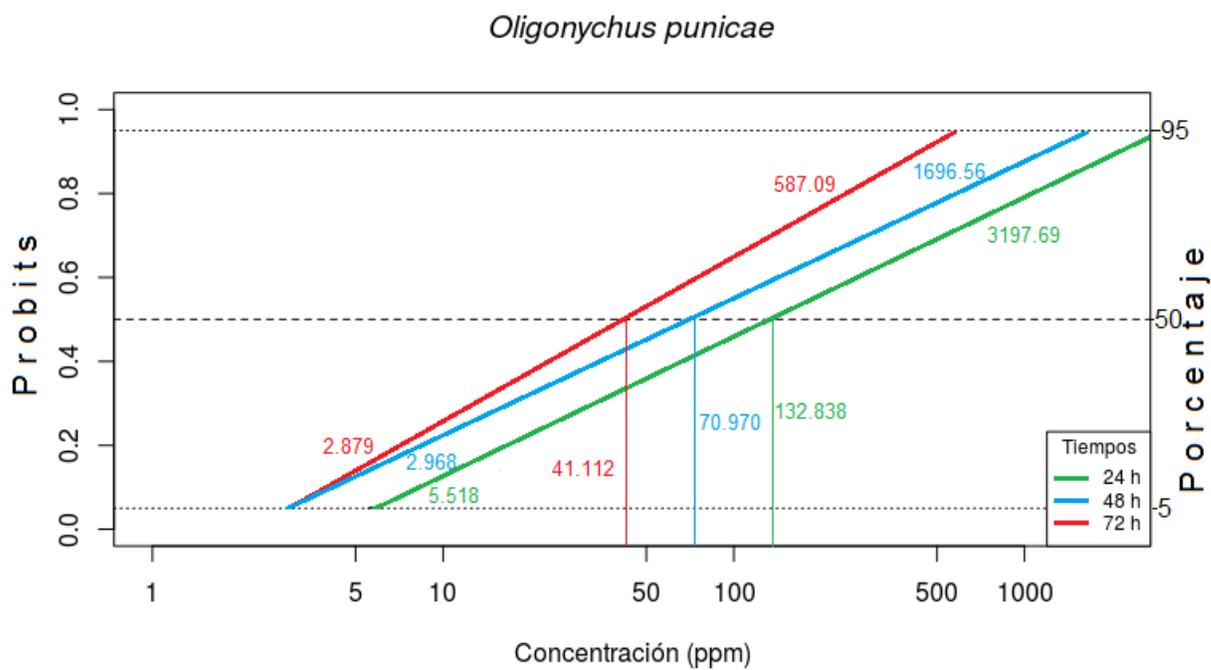
Día	Df	Límite inferior	Límite superior	CL05	CL50	CL95	Intercepto	Pendiente
1	6	56.170	259.062	5.518	132.838	3197.69	-2.528	1.190
2	6	28.705	129.727	2.968	70.970	1696.56	-2.208	1.193
3	6	21.813	64.703	2.879	41.112	587.09	-2.298	1.424

Se obtuvieron valores de CL50 de 132.83, 70.97 y 41.11 ppm para las 24, 48 y 72 Hr respectivamente, lo cual nos indica que la concentración letal media fue disminuyendo a mayor tiempo de exposición, es decir que se necesita una concentración mayor para obtener un efecto más rápido. Al respecto Aswin *et al.* (2015) mencionan que a mayor tiempo de exposición a Azadiractina (0.05%) se muestra un aumento en la mortalidad sobre *Oligonychus orizae* utilizando una dosis de 50 µL/1 mL de H₂O (3000 ppm), obteniendo estos valores a 24, 48 y 72 Hr. con un porcentaje de mortalidad de 30.0, 53.30 y 63.30 % respectivamente. Por su parte Flores *et al.* (2017) reportan que la Azadiractina (90%) a una dosis de 10 ml/1 lt de H₂O (9000 ppm), obtienen una CL50 de 15.793,10 ppm sobre *Tetranychus urticae* Koch. Por su parte, Medo, *et al.*, (2015) Utilizando NeemAzal-T/S (1%) (10 g a.i./l) (10,000 ppm), registraron en *T. urticae* una CL50 de 7.62, 5.15, 5.86 y 11.55 ppm para huevos, larvas, protoninfas y deutoninfas respectivamente. Sin embargo, al ser un producto de acción múltiple (por contacto e ingestión), que actúa sobre el crecimiento del insecto, inhibe la ecdisoma (hormona de crecimiento de los insectos) sin embargo, tiene mayor efecto perjudicial en estadios inmaduros (larvas, pupas y ninfas) impidiendo que se desarrolle, provocando la muerte en esos estadios. En este sentido, otra de sus bondades es que actúa como fagodisuasivo

(antialimentarismo), estimulando las células específicas de disuasión "en los quimiorreceptores y también bloquea el disparo de las células receptoras 'Sugar', que normalmente estimulan la alimentación por lo que los insectos dejan de comer interrumpiendo así su desarrollo causándoles la muerte (Mordue, (Luntz), 2004).

A continuación, se muestran las líneas de regresión (Probit) respuesta concentración-mortalidad para adultos de *O. punicae* tratados con Azadiractina (Figura 3), en donde podemos apreciar que los valores y la inclinación de las tres líneas muestran una población heterogénea, además de que no se traslapan en su totalidad, lo que indica que Azadiractina tiene una efectividad similar frente a distintos tiempos de exposición. Sin embargo, las líneas de 48 y 72 Hr. de exposición muestran un traslape en las dosis bajas, lo cual nos indica que Azadiractina pudiera tener una efectividad similar a menores concentraciones con tiempos de exposición superiores a las 24h. Por lo tanto, podemos mencionar que en los adultos de *O. punicae* se observan más sensibles con forme aumenta el tiempo de exposición. Al respecto Aswin, *et al.* (2015) menciona que en varios estudios se ha demostrado que Azadiractina tiene un efecto más lento en comparación con las aplicaciones de acaricidas sintéticos.

Figura No 3. Línea de tendencia de concentración-mortalidad calculadas durante 24, 48 y 72 Hr. a base de Azadiractina en una población de *O. punicae*



CONCLUSIÓN

El efecto acaricida de Azadiractina sobre hembras adultas de *O. punicae* mostro un buen efecto en torno a la dosis de 1000 ppm a 24 horas de exposición. Sin embargo, mantiene su efectividad a través del tiempo en dosis bajas, la cual pudiera deberse a su efecto disuasorio de la alimentación. En base a los resultados obtenidos se puede concluir que Azadiractina puede ser una buena herramienta en el manejo *O. punicae*.

LITERATURA CITADA

- Abbott, W. S.** 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18:265-267.
- Aswin, T., Bhaskar, H. and M. Subramanian,** 2015. Efficacy of novel acaricide molecules and botanicals against rice leaf mite *Oligonychus oryzae* (Hirst) (Prostigmata: Tetranychidae). *Journal of Tropical Agriculture*, 53(2): 187–190.
- Arias, Z.M.** 1990. Ácaros plaga del aguacate. En: Ácaros fitófagos. Biología y combate. Vera, J., Prado, E. y Lagunes, A. (Editores). Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Edo. de México. p. 160-168.
- AFIPA,** 2007. Chile, Asociación Nacional De Fabricantes E Importadores De Productos Fitosanitarios Agrícolas. Manual fitosanitario. Santiago, Chile, AFIPA,. 1214 p.
- Adame, E. L. y S. A. Ochoa.** 2001. Estudio de la efectividad biológica del Karate Zeón (microencapsulado) para el control de la araña roja *Oligonychus punicae* (Hirst), en aguacatero *Persea americana* Miller. Pp. 101–106. In: Ochoa, A. S., Morales, G.J. L., Álvarez, S. J., Vidales, F. I. y A.V.M. Coria (Eds.). Memoria del 1er. Congreso Mexicano y Latinoamericano del Aguacate. Uruapan, Michoacán, México. Agropecuarias, INIA. Colección Libros INIA. No. 23. Chile.
- Angeli, A.L.F., Castilho, M.C., Mamprim, A.P., Botton, M.** 2016. Efeito da azadiractina sobre *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) na cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St Hil.). *Ciência Rural*, Santa Maria, v.46, n.10, p.1777-1782. ISSN 1678-4596.
- APROAM,** 2007 Asociación de Productores de Aguacate de Uruapan, Michoacán. 2007. (En línea). Disponible en www.aproam.com (revisado en Abril 2017).
- Aponte, O. y McMurtry, J. A.** 1997. Damage on 'Hass' avocado leaves, webbing and nesting behaviour of *Oligonychus perseae* (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology* 21:265-272.
- Baker, E. W. y D. M Tuttle.** 1994. A guide to the spider mites (Tetranychidae of the United States. Indira Publishing House 347 p.
- Badii, M.H., Flores, E.A. y Ponce, G.** 2000. Control biológico de arañas rojas. En: Fundamentos y perspectivas de control biológico. Badii, H.M., Flores, E.A. y Galán Wong, J.L. (Editores). El papel de los ácaros depredadores en el control biológico.

Primera edición. Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. p. 255- 280.

- Barbosa**, G. A. M. 1983. Ciclo biológico de la araña roja del aguacate *Oligonychus punicae* (Hirts) en estudio de laboratorio. Tesis profesional. Chapingo. 52pp.
- Benge**, M. D. 1989. The tree and its characteristics, cultivation and propagation of the neem tree. In: Focus on Phytochemical Pesticides; M Jacobson (ed.). CRC, Boca Raton, Florida. pp: 1-17.
- Bernal**, J. Díaz, C. Osorio, C. Tamayo, A. Osorio, W. Córdoba, O. Corpoica. 2014. Actualización tecnológica y Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate. Medellín (Colombia). 410 p. Consultado en octubre 15 de 2015 disponible en:
http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/Manual%20Actualizacion%20Tecnologica%20y%20BPA%2Cultivo%20de%20Aguacate_GOBERNACION%20P DF%20 BAJA%20con%20caratulas.pdf
- Bernardi**, D., M. Botton, U. Silva da Cunha, O. Bernardi, T. Malausa, M. Silveira Garcia and D. E. Nava. 2013. Effects of azadirachtin on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and its compatibility with predatory mites (Acari: Phytoseiidae) on strawberry. Pest Manag Sci. 69: 75–80.
- Castañeda**, G. E. L. González, H. H. Johansen, N. R. M. Ochoa, M. D. L. Mojica, B. H. y Solís, A. G. 2003. Control químico de trips en aguacate cv. Hass en Coatepec Harinas, Estado de México. pp. 473-475. In: Actas: Vol. II. V Congreso Mundial del Aguacate. 19-24 Octubre. Granada-Málaga, España.
- Cerna**, E. Badii, M. H. Ochoa, Y. Aguirre, U. L. A y Landeros, J. 2009. Tabla de vida de *Oligonychus punicae* Hirst (Acari: Tetranychidae) en hojas de aguacate (*Persea americana* Mill) variedad Hass, fuerte y criollo. Universidad y Ciencia Trópico Húmedo 25(2):133-140.
- Cerna**, E. Badii, MH, Ochoa Y, Aguirre L.A. y Landeros J. 2009. Tabla de Vida de *Oligonychus punicae* (Acari: Tetranychidae) en hojas de aguacate (*Persea americana* Mill) Variedad Hass, fuerte y criollo. 25(2).
- Coria**, A. V. M. y S. A. Ayala. 2010. Manejo de ácaros del aguacate en México. Folleto Técnico Núm. 18. SAGARPA, INIFAP, CIRPAC-CIRPAS. Campo Experimental Uruapan/ Campo Experimental Zacatepec. Uruapan Michoacán, México. 19 p.

- Cóndor**, F. 2007. Effect of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) insecticides on parasitoids. *Revista Peruana de Biología*. 14 (1): 69-74.
- Chile**, Ministerio de Agricultura. 2007. Oficializa normas técnicas de la ley 20.089 que creó el sistema nacional de certificación de productos orgánicos agrícolas.
- Duran**, de A. F. Equihua, M. A. y González, H. H. 2007. Plagas secundarias. pp. 162- 169. En: *El aguacate y su manejo integrado* (ed.), Téliz, M. y Mora, A. Mundiprensa. México.
- Equihua**, M. A. Estrada, V. E. G. y González, H. H. 2007. Plagas del Aguacate. pp. 133-169. En: *El aguacate y su manejo integrado* (ed.), Téliz, M. y Mora, A. Mundiprensa. México.
- Faostat**, 2012. Top production aguacates. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Consultado en febrero de 2015 disponible en: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>.
- FAO**, 1974 Métodos Provisionales para la Detección y Medición de la resistencia de Plagas Agrícolas a los Plaguicidas. Métodos Provisionales para arañitas rojas, Adultos y Huevos, *Tetranychus* spp. y *Panonychus ulmi*. Boletín Fitosanitario de la FAO. Roma, Italia. 22(5/6):127-137.
- Ferreira**, J.C. Strecht, A. Ribeiro, JR. Soeiro, A. y Cotrim, G. 1998. Manual de la agricultura biológica. Fertilización y protección de cultivos para la agricultura sostenible. AGROBIO. Lisboa.
- Flores**, C. R. J., Isiordia A. N., Robles B. A., Ortega A. O., Pérez G. R., Ramos Q. A. 2011. Ácaros fitófagos asociados a frutales en la zona centro de Nayarit. *Revista Fuente* Año 2, No. 7. Consultado en abril de 2017 disponible en: <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-07/3.pdf>
- Flores**, F.A., Silva, A.G., Tapia, V.M., Casals, B.P. 2007. Susceptibilidad de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) colectada en *Primula obconica* Hance Y *Convolvulus arvensis* L. a acaricidas. *Agricultura técnica (chile)* 67(2):219-224
- Gutierrez**, J. 1985. Anatomy, phylogeny and systematics. In: H. Helle y M. Sabelis (eds) world crop pests. Spider mites. Elsevier Sci. Pub. B.V., Amsterdam, V: (1) A pp. 75-90.

- Gerencia** de Investigación de Mercados, 2011. Gerencia de Investigación de Mercados. Consultado en abril de 2017 disponible en: <http://www.cei-rd.gov.do/estudios_economicos/estudios_productos/perfiles/aguacate.pdf>
- Giraldo**, J. M. Galindo, L. L.A. Benavides, M. P. 2011. La arañita roja del café. Biología y Hábitos. Avances Técnicos Cenicafe No. 403. Chinchiná, Caldas, Colombia. 8 p. ISSN – 0120 – 0178.
- González**, H. A. 2003. Artrópodos asociados al cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill).en Costa Rica. pp. 449-454. En: Actas V Congreso Mundial del Aguacate.
- González**, A.R.C. 1986. Control químico de araña roja (*Oligonychus* sp.) en el cultivo del aguacatero. Tesis profesional. Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". UMSNH. Uruapan, Michoacán, México. 64 p.
- Govindachari**, T. R. G. Suresh, G. G. B. Banumathy, S Masilamani (1998) Identification of antifungal compounds from the seed oil of *Azadirachta indica*. *Phytoparasitica* 26:1-8.
- Govindachari**, TR. G. Sandhya, SP. Gandesh-Raj (1991). Isolation of novel azadirachtin H and I by high-performance liquid chromatography. *Cromatographia* 31:303-305.
- Helle**, W. y Sabelis, M. W. 1985. Spider mites: Their biology, natural enemies and control. *World Crop Pests* Vol. 1A Amsterdam: Elsevier.
- Halliday**, R. B. 2000. Additions and corrections to Mites of Australia: a Checklist and bibliography. *Australian Journal of entomology* 39:233-235.
- Hirst**, 1926. Spider Mites Web: septiembre 2014 [en línea] www.catalogueoflife.org/col/details/species/id/12e1a4f28227d70c73750d2c876475a5
- Johansen**, N. R. M., Mojica, G. A., Valle, de la P. A. R y Valle, de la P. M. 2003. The present knowledge of the Mexican Thysanoptera (Insecta), inhabiting avocado trees (*Persea americana* Miller). In: Actas. V Congreso Mundial del Aguacate. Conserjería de Agricultura y Pesca. 19- 24 octubre del 2003. Torremolinos, Málaga, España. pp. 455-460.
- Jeppson**, L. R., Keifer, H. H. y Baker, E.W. 1975. Mites injurious to economic plants. Berkeley, CA: University of California Press.
- Jones**, S P, S V Ley, E D Morgan, D Santafianos. 1989. The chemistry of neem tree. In: Focus on Phytochemical Pesticides. M Jacobson (ed). CRC, Boca Raton, Florida. pp:19-45.

- Kausik**, B, I Chattopadhyay, RK Banerjee, U Bandyopadhyay. 2002. Biological activities and medicinal properties of neem (*Azadirachta indica*). Current Sci. 82:1336-1342.
- Koul**, O, M B Isman, C M Ketkar. 1990. Properties and uses of neem, *Azadirachta indica*. Can. J. Bot. 68:1-11.
- Kumar**, I. Chandrashekar, K. Prakash, S. O. 2007. Synergistic action of neem and karanj to aphids and mites. Biomass Biology Division, National Botanical Research Institute, Rana Pratap Marg, Lucknow - 226 001, Uttar Pradesh, India. J. ent. Res., 31 (2) : 121-124.
- Liñan**, C. Y Vicente 1997, Farmacología Vegetal. Edición Agrotecnicas, S.L, España. 1196 pag.
- Martínez**, V. E. Sáens, de C. F. J. Moreno, G. F. Marco, V. Pérez, M. I. 2005 Effects of azadirachtin on the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Experimental and applied Acarology 35: 215-222.
- Medo**, I. Marčić, D. Milenković, S. 2015. Acaricidal and behavioral effects of azadirachtin on two-spotted spider mites (Acari: Tetranychidae). Belgrade, pp.181-186.
- MiPerú**, 2010. Ensayos de eficacia para el control de *Oligonychus punicae*. Consultado en Agosto de 2017 Disponible en: www.Miperu.com.pe/articulos/ensayos/html
- Mordue**, (Luntz), AJ y A. Blackwell. 1993. Azadirachtin: Una actualización. J. insectos Physiol. 39: 903-924
- MORDUE**, (LUNTZ) A.J. 2004. Present Concepts of the Mode of Action of Azadirachtin from Neem. EN: Koul o. and Wahab, S. Neem: Today and in the New Millennium. Kluwer Academic Publishers New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow. P. 229-242.
- Mordue**, (Luntz), AJ, KA Evans y M. Charlet. 1986. Azadirachtin, ecdysteroids y ecdysis en *Locusta migratoria*. Comp. Biochem. Physiol. 85 quater: 297- 301.
- Morales**, G.J.L., Mendoza, L.M.R., Coria, A.V.M., Aguilera, M.J.L., Sánchez, P.J. de la L., Vidales, F.J.A., Tapia, V.L.M., Hernández, R.G., Alcántar, R.J.J. 1999. Tecnología - Produce. Aguacate en Michoacán. SAGAR. INIFAP. CIRPAC. Campo experimental Uruapan. Fundación Produce Michoacán, A.C. Guía técnica. 32 p.
- McMurtry**, J.A. 1992. The role of exotic natural enemies in the biological control of insect and mite pests of avocado in California. World Avocado Congress II. Proceeding. Volume I. University of California, Riverside and California Avocado Society. p. 247-252.

- McMurtry**, J.A. 1997. Life of phytoseiid mites and their importance in biological control. Memoria. XX Congreso nacional de control biológico. Universidad de Guadalajara. Sociedad Mexicana de Control Biológico. p. 1-6.
- Pritchard**, A. y Baker, E. 1955. A revision of the spider mites. Family Tetranychidae. Pacific Coast. Entomological Society San Francisco, 472 p.
- Rembold**, H. 1989. Isomeric azadirachtins and their mode of action. In: Focus on Phytochemical Pesticides M Jacobson (ed). CRC, Boca Raton, Florida. pp:47-67.
- R Core Team** 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Sanchez**, P., J. de la L., Alcantar R.J.J., Coria A. V. M., Contreras J.A., Fernandez I. V., Tapia V. L. M., Aguilera M. J. L., Hernandez R. G y, Vidales F. J. A. 2001. Tecnología para la producción de aguacate en México. INIFAP, CIRPAC. C. E. Uruapan. Libro Técnico Núm. 1. Michoacán, México.
- Sánchez**, G., Ramírez, P., Coria V. 2000. Tecnología para la Producción de Aguacate en México. INIFAP. México.
- Sánchez**, C. S., Rubi, A. M. 1994. Situación Actual del Cultivo del Aguacate en México. California Avocado Society 1994 Yearbook 78:61-74
- Sánchez**, P.J. de la L., Alcántar, R.J.J., Coria, A.V.M., Anguiano, C.J., Vidales, F.I., Tapia, V.L.M., Aguilera, M.J.L., Hernández, R.G. y Vidales, F.J.A. 2001. Tecnología para la producción de aguacate en México. INIFAP. CIRPAC. C.E. Uruapan. Libro técnico No. 1. Uruapan, Michoacán, México. 208 p.
- Secretaría** de Economía, febrero, 2012. Monografía del Sector Aguacate en México: Situación Actual y Oportunidades de Mercado. Consultado en Abril de 2017 Disponible en: <http://www.economia.gob.mx/files/Monografia_Aguacate.pdf>
- Secretaría** de Hacienda y Crédito Público, Abril 2014. Panorama del aguacate. Consultado en Abril de 2017 Disponible en: <<http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Aguacate%20%28abr%202014%29.pdf>>
- SAGARPA**, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2011. Monografía del aguacate. Consultado en Abril de 2017 Disponible en: <<http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/Monografías/Monograf%C3%ADa%20del%20aguacate.pdf>>

- SIAP**, SAGARPA 2013. Cierre de la Producción Agrícola por Estado. Sistema de Información de Atención Primaria. Consultado en Abril de 2017 Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>
- SIAP**, 2016. Resumen nacional por estado Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Consultado en Agosto de 2016 Disponible en: <<http://www.siap.gob.mx/resumen-nacional-por-estado/>>
- Schmutterer**, H. 1990. Las propiedades y el potencial de los pesticidas naturales del árbol de neem, *Azadirachta indica* . Annu.Rev.Entomol. 35 : 271-297.
- Soto**, G. A. 2013. Manejo alternativo de ácaros plagas. Revista de Ciencias Agrícolas, 30: 34-44.
- Sidhu**, O.P., Kumar, V. and Behl, H.M. 2003. Variability in neem (*Azadirachta indica*) with respect to azadirachtin content. J. Agric. Food. Chem., 51: 910-915
- Valle**, de la P. A. R., Mojica, B. A., González, H. H., Johansen, N. R. M., Mojica, G. A. y Valle, de la P. M. 2003. Trips (Thysanoptera) en huertos de aguacate (*Persea americana* Miller.) cv. Hass en Michoacán, México. En: Actas: Vol.