

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Evaluación de la Respuesta Funcional de *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot)
sobre Adultos de *Oligonychus perseae* (Tuttle, Baker y Abbatiello)
(Acari: Phytoseiidae: Tetranychidae)

Por:

ANA KAREN LÓPEZ SAN JUAN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Evaluación de la Respuesta Funcional de *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot)
sobre Adultos de *Oligonychus perseae* (Tuttle, Baker y Abbatiello)
(Acari: Phytoseiidae: Tetranychidae)

Por:

ANA KAREN LÓPEZ SAN JUAN

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 Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2016

AGRADECIMIENTOS

A mí Alma Terra Mater. Por brindarme la oportunidad de cumplir uno de mis sueños, en especial al departamento de Parasitología ya que me ha regalado las mejores experiencias de mi vida, fortaleciendo mi amor y pasión a la agronomía.

Al Dr. Jerónimo Landeros Flores. Primero que nada gracias por brindarme su amistad durante mi carrera, por ofrecerme su confianza para participar en este proyecto de investigación y darme la oportunidad de trabajar a su lado.

Al Dr. Ernesto Cerna Chávez. Por el apoyo otorgado en esta investigación y por compartir sus conocimientos profesionales.

Al M. C. Omar García Ángel. Por su apoyo en la elaboración de este proyecto, gracias por compartir sus experiencias profesionales y su amistad brindada.

A los catedráticos de la Universidad. Por compartir sus conocimientos, experiencias y consejos para formarme como profesional en especial al Dr. Oswaldo García, al Dr. Daniel Hernández, al Dr. Fidel Cabezas, al M.C. Antonio Cárdenas, al M.C. Víctor Sánchez, al Dr. Víctor Reyes, al Dr. Juan Manuel Reyna, a la Arq. Josefa González y al Ing. Gerardo Sánchez.

A mis amigos de especialidad. Juan Adame, César Monroy, Adriana Cardona, Antonio Plancarte, Luis Bastida, Fredy Herrera, José Valdés, Fabian Quintero, Jorge Bravo, Teresa Matías, gracias por sus locuras, por su apoyo emocional y académico, por haber formado parte de esta etapa tan importante de mi vida.

A mis amigas. Amanda Rodríguez, Brenda Cortés, Allisson Villalvazo, Diana Vargas, Carolina Ríos; con las cuales compartí inigualables experiencias, gracias por aguantar mis malos ratos, por apoyarme en los momentos difíciles, y brindarme su lealtad.

A mis amigos de la Universidad. Miguel Balcázar, Eduardo Martínez, Samuel Pizano, Andrea Ruíz, Viviana Rosales, María Luisa Francisco, Ángeles Castro, gracias por los momentos compartidos y su grata amistad, siempre estarán presentes en mi mente.

A todas aquellas personas que me brindaron su apoyo... Gracias.

DEDICATORIA

A mis padres

Eufrocina San Juan y Victorino López les dedico este trabajo porque no tengo otra manera de agradecerles todo lo que han hecho por mí. A mi madre por tu infinito amor, por tus tantos cuidados, por haberme enseñado que el amor y confianza van de la mano para fortalecer una familia, por haber cambiado los regaños por consejos, por ser mi mejor amiga. A mi padre por ser mi apoyo incondicional, por todas nuestras conversaciones, gracias por haberme llevado tantas veces a tu trabajo porque con tu claro ejemplo de pasión y constancia sembraste en mí el amor a la agronomía, gracias por tus consejos, tu paciencia, por tu infinito amor.

*¡Gracias a los dos por ser mis padres,
por haberme dado la vida y la libertad para vivirla!*

A mis hermanos

Heber y Paloma López, mis amigos, con los que disfrute mi infancia y adolescencia, ustedes que han sido mi fortaleza, este trabajo es con todo mi amor para ustedes.

A mis abuelos

Eufrocina Arriaga y Anastacio San Juan, mis viejitos la base de esta familia, este trabajo es tan suyo porque sin sus cuidados y amor tal vez yo no existiera, gracias por su infinito amor.

A los profesores

Francisco Veliz y Alma Espinosa, ustedes que fueron y son un gran apoyo sin necesidad de pedirles me brindaron cálidamente su amor y amistad, esto es sólo una forma de agradecerles todo lo que han hecho por mí.

A mi familia

Amanda Mendo, Ángeles Marín, Cecilia Ramírez, Cristina Cortés, Iliana Ayala, Maricruz Morales, Tania, Teresa, Yazmin Palafox, Alonso Franco, Eric Groce y Pablo Cajero. Aunque fue muy poco tiempo de convivir con ustedes siguen siendo un gran impulso y cada uno de ustedes me ha demostrado que no sólo los lazos sanguíneos hacen familia, le dedico este humilde trabajo con todo mi amor.

Ing. Miguel Reyes

Gracias por su apoyo durante la realización de mi estancia pre-profesional, por haber compartido conmigo sus experiencias y darme sabios consejos, sobre todo gracias por su grata amistad.

Ing. César Chávez

Gracias por haberme brindado la oportunidad de trabajar a su lado, por su paciencia, por sus sabios consejos, por volverme la confianza de que todavía existe personas con alta calidad moral y sobre todo por haberme transmitido tanto entusiasmo para realizar cualquier meta que me proponga. Este proyecto se lo dedico con todo el cariño y admiración que le tengo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	V
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
<i>Persea americana</i> (Aguacate).....	4
Descripción botánica.....	4
Clasificación taxonómica.....	7
Importancia a nivel mundial.....	7
Importancia a nivel nacional.....	8
Familia Tetranychidae.....	10
Mecanismos de dispersión.....	11
<i>Oligonychus perseae</i>	13
Morfología.....	14
Clasificación Taxonómica.....	16
Control Biológico.....	17
Familia Phytoseiidae.....	20
Hábitos alimenticios.....	22
<i>Phytoseiulus persimilis</i>	23
Morfología.....	24
Clasificación Taxonómica.....	25
Respuesta Funcional.....	26
Modelos de Holling.....	28

MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
Ubicación del experimento.....	29
Material biológico.....	29
Evaluación de la respuesta funcional.....	30
Análisis estadístico.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
CONCLUSIÓN.....	37
ANEXO.....	38
LITERATURA CITADA.....	39

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales países productores del aguacate en el mundo.....	8
Cuadro 2. Producción agrícola del aguacate en 2010.....	9
Cuadro 3. Promedio de adultos <i>Oligonychus perseae</i> consumidos por adultos de <i>Phytoseiulus persimilis</i>	34
Cuadro 4. Consumo de hembras adultas de <i>Oligonychus perseae</i> por hembras adultas de <i>Phytoseiulus persimilis</i> a diferentes densidades de presa a las 24 horas.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Daño causado por <i>O. perseae</i>	14
Figura 2. Colonia de <i>O. perseae</i>	14
Figura 3. Curvas de respuesta funcional.....	27
Figura 4. Hembra adulta de <i>Phytoseiulus persimilis</i> alimentándose de hembra adulta de <i>Oligonychus perseae</i> en aguacat.....	30
Figura 5. Curvas de respuesta funcional de <i>P. persimilis</i> sobre hembras adultas de <i>Oligonychus perseae</i> a las 24 horas de exposición.....	35

RESUMEN

Se estudió la respuesta funcional de *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot), sobre adultos de *Oligonychus perseae* (Tuttle, Baker y Abbatiello), en condiciones de laboratorio. La arena experimental consistió en cajas Petri con un disco de hoja de *Persea americana* (Mill) de 3 cm, puesto sobre cama de algodón saturado de agua, para limitar el área, se colocó 1 hembra adulta de *P. persimilis* y como presa *O. perseae* en las siguientes densidades: 1, 2, 4, 8 y 16 individuos por arena con 15 repeticiones por tratamiento. Los tratamientos se mantuvieron en cámaras con control de temperatura, humedad relativa y fotoperiodo. Los resultados para el promedio de presas atacadas por depredador fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) con un diseño completamente al azar. Cuando el ANOVA indicó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para la separación de medias. Los resultados se ajustaron a la respuesta funcional tipo II de acuerdo a la clasificación de Holling (1959), obteniéndose valores de a' y Th de 1.2771 y 0.1371 respectivamente pero la capacidad de depredación en hembras adultas de *O. perseae* es baja con un valor promedio de 4.4 en densidades de 16 presas, sin embargo se han reportado consumos que van desde 3 a 9 en 24 horas. En este sentido la utilización de este depredador para programas de control biológico se recomendaría conocer la depredación de los demás estadios de desarrollo de *O. perseae* para poder determinar una densidad de liberación idónea para el control de dicha plaga.

Palabras clave: Depredación, Aguacate Respuesta funcional, *Oligonychus perseae*, *Phytoseiulus persimilis*.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill) presenta una fuente económica muy importante y de gran importancia en mercado internacional que ha crecido notablemente, ya que este producto además de consumirse en fresco tiene un alto valor por su contenido nutricional además por sus productos en la industria; en el contexto internacional México es el principal país productor de aguacate, también ocupa el primer lugar mundial en exportación y consumo per cápita; en el periodo del 2009 destacó con 1.2 millones de toneladas cantidad que representa el 35 % de la producción mundial, respecto a las exportaciones en el 2008 aportó 270 mil toneladas lo cual simboliza el 39 % de volumen exportado (SAGARPA, 2010).

El frutal se siembra de manera comercial en casi todos los estados de la república, dentro de los cuales destacan los estados de Michoacán, Jalisco, Nayarit, Estado de México y Morelos. (SAGARPA -SIAP, 2006). Siendo Michoacán el principal productor, aportando el 85 % de la producción Nacional, aproximadamente 76 mil toneladas mensuales, el 96.4 % de la producción del país corresponde al aguacate de la variedad Hass, el 2.7 a criollo, 0.1 a fuerte y el resto no se encuentra clasificado (FND, 2014)

Es importante resaltar que factores como plagas y enfermedades disminuyen el rendimiento, provocando una merma considerable en las ganancias, debido al aumento de insumos dirigidos principalmente al control de estas plagas, ya que los daños se manifiestan en pérdidas a la producción y calidad de fruto.

Dentro de los principales ácaros que afectan al cultivo del aguacate destaca el ácaro cristalino del aguacate (*Oligonychus Perseae* Tuttle, Baker y Abatiello).

Considerado de gran importancia debido a sus altas densidades que presentan cada año. Al igual que otros tetránquidos, sus principales afectaciones se presentan en la epidermis de las hojas y frutos, succionan la savia introduciendo su estilete, o bien raspando la superficie de la hoja, provocando lesiones que se decoloran. En particular *Oligonychus perseae* se localiza generalmente en el envés de la hoja donde construyen nidos de seda, principalmente a lo largo de la nervadura central y secundarias. El síntoma típico se caracteriza por manchas irregulares necróticas, como resultado de la alimentación de los ácaros dentro de los nidos (Aponte y McMurtry, 1997).

Los daños causados por las altas infestaciones de *O. perseae* induce caída prematura de las hojas que se abre la copa de los árboles lo que llega a provocar quemaduras solares en troncos y golpe de sol en los frutos de esta manera pueden abortar el fruto y como consecuencia la disminución del rendimiento por árbol (Bender, 1993; Faber, 1997).

El principal método de control para estos ácaros, es el uso de productos químicos (Soto, 2013), su uso irracional ha generado que estos organismos se vuelvan resistentes a dichos productos, también provoca efectos nocivos a los enemigos naturales, aunado a los problemas de residualidad que son motivos de rechazo de fruto de exportaciones sobre todo los internacionales que exigen bajos niveles de residuos de agroquímicos e incluso productos libres de plaguicidas, por lo tanto es importante tomar en cuenta estos factores para implementar estrategias más nobles con el ambiente y que se adapten al manejo integrado de plagas. Al respecto el uso del control biológico de ácaros fitófagos puede minimizar la dependencia de los agroquímicos y puede ayudar a la implementación de programas de manejo integrado de plagas (Lemus-Soriano y Pérez-Aguilar, 2016). El control biológico con ácaros depredadores ha demostrado su efectividad en otros cultivos además existen

diversos estudios los cuales pueden validar la eficiencia para controlar esta plaga y evitar el uso irracional de los acaricidas (Hoddle, 2000).

Los ácaros depredadores del género *Phytoseiulus* son los más utilizados pues tienen gran preferencia sobre los tetranychidos especialmente *Tetranychus urticae* (Hoque, 2008). El ácaro depredador *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot es el más estudiado y de los más importantes depredadores de ácaros debido a su eficacia como agente de control biológico para tetranychidos en el mundo. Este ácaro es muy selectivo, sin embargo su desarrollo depende de la disponibilidad de su presa (Zhang, 2003, Kazak, 2008).

Para garantizar el éxito en el establecimiento del depredador y presa es necesario realizar estudios que ofrezcan información de la ecología poblacional. Uno de los aspectos más importantes que se deben conocer es el aumento en la densidad de la presa, lo cual se mide mediante la respuesta funcional (Jiménez, 2012). Esta se define como el número de presas consumidas por un depredador en función de la densidad de la presa, y por lo general, el consumo aumenta a medida que aumenta la densidad de la presa, hasta llegar a una asíntota (Juliano, 1993).

Holling (1959) estudia la respuesta funcional del depredador frente a la presa considerando: búsqueda y manipulación de la presa (captura, muerte, ingesta y digestión).

Anteriormente expuesto se desarrolló esta investigación con el objetivo de evaluar la respuesta funcional de *Phytoseiulus persimilis* sobre adultos de *Oligonychus perseae* en condiciones de laboratorio.

REVISIÓN DE LITERATURA

***Persea americana* (Aguacate)**

El aguacate (*Persea americana* Miller) es originario de Mesoamérica, particularmente su origen tuvo lugar en México y en las partes altas de Guatemala. Su distribución comenzó hacia países bajos de América, principalmente en Puerto Rico (las Antillas) donde nuevas variedades se desarrollaron. Sin embargo, las regiones de cultivo intensivo se presentan en México (Barrientos, 2010),

Descripción botánica

El aguacate pertenece a la familia Lauraceae y en la actualidad el género *Persea* contiene alrededor de 85 especies, y la mayoría se encuentran desde el sur de los Estados Unidos de América hasta Chile. El aguacate pertenece al género *Persea*, el cual a su vez se divide en dos subgéneros: *Persea* y *Eriodaphne* (Kopp, 1966). El aguacate cuya especie es *Persea americana* Mill pertenece al subgénero *Persea*, que se conoce como el del verdadero aguacate y que son de un tamaño mayor que los del otro subgénero; además de *P. americana*, se encuentran las especies: *Persea nubigena*, *Persea steyermarkii*, *Persea schiedeana*, *Persea floccosa*. Todas estas especies se encuentran localizadas en Mesoamérica, principalmente en México y Guatemala.

Sistema radicular: Las raíces son generalmente superficiales, la raíz principal es corta y débil, como la mayoría de las especies arbóreas originarias de ambientes ricos en agua durante el período vegetativo. Alcanza profundidades de 1 – 1.5 metros, pero en suelos arenosos pueden ser mayores. El sistema radicular tiene un patrón de crecimiento horizontal que se concentra en los primeros 50 centímetros de profundidad del suelo. Como las raíces poseen pocos pelos absorbentes, al absorción del agua y nutrientes la realizan a través de los tejidos primarios de las puntas de las raíces (Schaffer, 2013).

Tallo: El aguacate tiene un tronco leñoso y recto, que alcanza hasta 12 metros aunque hay reportes de árboles de 20 metros y troncos con diámetros mayores de 1.5 metros. La corteza es suberosa, de lisa a agrietada con 30 milímetros de espesor. El tejido leñoso es de color crema claro con vasos anchos. Las ramas son abundantes, delgadas, sensibles a las quemaduras de sol y a las heladas, frágiles al viento o exceso de producción (Schaffer, 2013).

Hoja: Las hojas son simples, alternas, enteras, elípticas, alargadas y con nervaduras pinnadas con inserción peciolada. La epidermis es pubescente, al llegar a la madurez se tornan lisas, coriáceas, con color verde intenso y oscuro en el haz, pubescente y glaucas en el envés. El árbol se defolia cuando existe renovación de ramas y las hojas verdes han cumplido su ciclo (Schaffer, 2013).

Flor: La inflorescencia es una panícula axilar o terminal. Las flores son hermafroditas, simétricas y se agrupan en racimos de color verde amarillento. Constan de un perigonio con dos verticilos trímeros. La flor está compuesta por 12 estambres insertados alrededor del ovario, un pistilo y un ovario. Las flores presentan dicogamia, es decir, los órganos masculinos y femeninos de una misma flor no

maduran al mismo tiempo; por ello las variedades de aguacate se clasifican en tipos A y B (Schaffer, 2013).

Fruto: El fruto es una drupa carnosa, muy variable en tamaño, forma y características de su piel, pulpa y semilla. El color varía de verde claro a verde oscuro y de violeta a negro, estos tienen formas variables que van desde redondos a fuertemente aplanados, con un largo cuello. Estas características y otras como la estructura, consistencia de la cáscara y pulpa, están determinadas por la raza y variedad cultivada (Schaffer, 2013). La pulpa suele ser de color verde claro a amarillo verdoso, de consistencia mantecosa, muy nutritiva y con un llamativo sabor a nuez, tiene muy poca riqueza en azúcares, siendo su contenido en proteínas el más elevado de todas las frutas frescas, destacando también, la riqueza en sales minerales, ácidos orgánicos (fólico y otros) y vitaminas liposolubles.

Semilla: Schaffer, (2013) señala que la semilla es ovalada, como la forma de un durazno. Las semillas del grupo racial Antillano poseen una cubierta de mediana a gruesa y membranosa. En otros grupos raciales es delgada. El endocarpio o semilla es importante en la relación fruto/semilla, siendo ideal una mayor porción de pulpa y una semilla de tamaño mediano a pequeña.

Clasificación taxonómica

Mill (1768) agrupa a *Persea americana* de la siguiente manera:

Dominio Plantae

División Magnoliophyta

Clase Magnoliopsida

Orden Laurales

Familia Lauraceae

Tribu *Perseae*

Género *Persea*

Especie *P. americana*

Importancia a nivel mundial

El cultivo del aguacate ha ido incrementando de manera considerable, no sólo por su buen sabor sino también por su aporte nutrimental ya que contiene propiedades nutraceuticas (que nutren y curan) y cosmeceuticas (que nutren y ayudan al cuidado de la piel) adquiriendo gran importancia en la alimentación de la población en general. Es por ello que la demanda del fruto está en constante crecimiento, de esta forma, se ha incrementado el área del cultivo, se estima una superficie de 407,135 hectáreas distribuidas en más de 50 países (cuadro 1), esta distribución resultado de las condiciones climatológicas y edafológicas ideales para que este fruto pueda alcanzar un óptimo desarrollo y madurez que requiere en el

mercado de exportación, estas condiciones prevalecen en América contribuyendo con el 90 % de superficie sembrada a nivel mundial (FAOSTAT, 2007).

Cuadro 1. Principales países productores de aguacate en el mundo.

País	Superficie (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
México	106,000	1,140,000	10.754
Indonesia	50,000	250,000	5.000
Estados Unidos	27,000	250,000	9.259
Chile	27,000	167,000	6.185
Colombia	18,000	200,000	11.111
Perú	13,500	120,000	9.272
Sudáfrica	13,000	65,000	4.762
Portugal	11,500	16,000	1.300
Brasil	10,500	165,000	15.714
España	10,500	85,000	8.095
TOTAL	287,000	1,318,000	81.452

Fuente: FAOSTAT, 2007.

Importancia a nivel nacional

México se ubica como país líder con más hectáreas sembradas se estima 106,000 ha (FAOSTAT, 2007) y de 112,478.8 ha (SIAP, 2009), con una producción estimada de 1'140,000 ton y de 877,077 toneladas. Sin embargo, no se tiene certeza respecto a la superficie estimada por lo que se ha tomado con base a la información disponible en el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la SAGARPA (Villaseñor, 2006). En México se estima una superficie de 168,3 hectáreas y un volumen de producción aproximadamente de 1,467.8 toneladas por

año. Siendo Michoacán el mayor estado con mayor superficie sembrada con 108,683.09 hectáreas (cuadro 2) cuya superficie representa el 84.9 % del total nacional, seguido de Jalisco, Nayarit y Estado de México (SIAP - SAGARPA, 2011).

Cuadro 2. Producción agrícola del aguacate en 2010.

Estado	Superficie (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
Michoacán	108,683.09	1,092,344.21	10.42
Jalisco	10,867.98	37,741.54	6.36
Nayarit	4,140.45	25,707.22	8.80
Estado de México	3,744.20	25,955.00	10.99
Morelos	3,319.40	27,715.53	9.13
Guerrero	2,466.11	13,408.94	6.90
Puebla	1,689.50	6,965.19	4.86
Oaxaca	1,526.49	3,433.82	5.04
Chiapas	1,412.40	7,308.71	9.53
Durango	1,144.00	2,239.24	3.17
TOTAL	138,4993.62	1,242,819.40	75.20

Fuente: SIAP, 2011.

Familia Tetranychidae

Es una de las familias más importantes de ácaros, debido a que muchas especies son plagas serias de cultivos agrícolas incluye por lo menos 71 géneros y aproximadamente 1250 especies fitófagas. Las plagas más importantes en todo el mundo pertenecen a unos pocos géneros, especialmente *Tetranychus*, *Eotetranychus*, *Oligonychus* y *Panonychus*. (Migeon y Dorkeld, 2013).

Los tetraníquidos representan un riesgo para cualquier país debido a las siguientes razones:

- Muchas especies son altamente polífagas, es decir, se alimentan de una gran variedad de plantas hospedantes, pueden alimentarse de las plantas vecinas, (por ejemplo, malezas, otros cultivos) ante la ausencia de hospedantes preferidos, los cuales pueden funcionar como reservorio provisional, y posteriormente colonizar a la planta en el cultivo.
- Esta familia tiende a tener un alto nivel de desarrollo y fecundidad, infestando de ese modo rápidamente a una planta sincronizándose con las plantas hospedantes mediante quiescencia y diapausa. Estas pausas en el desarrollo se pueden dar en invierno o verano, en forma de huevo o como hembra adulta.
- Pueden dispersarse relativamente bien a plantas hospedantes nuevas, deslizándose en las plantas y la superficie del suelo a la velocidad de 5 cm a 6 m / h, o transportadas por vientos; utilizando su seda; también se pueden dispersar de manera pasiva transportadas por las plantas, herramientas y ropa.

- Son partenogénicas, es decir, que las hembras pueden producir machos (pocas veces hembras) sin fertilización previa (partenogénesis arrenotoca). Por ende, una sola hembra sin fertilizar (incluso si está solamente en la etapa de huevecillo) puede establecer una población nueva produciendo machos y luego apareándose con sus hijos para producir hembras, si hay un hospedante adecuado para alimentarse.
- Tienden a desarrollar resistencia a los plaguicidas rápidamente, mientras que algunos de sus depredadores principales (por ejemplo, ácaros fitoseídeos) por lo general son más sensibles.
- Por su tamaño que oscila entre 0,4 y 0,6 mm, además presentan coloraciones generalmente oscuras, rojizas, amarillentas, verdes, aunque variables dentro de la misma especie, dependiendo del vegetal del que se alimente, de su edad y fase de alimentación. Es así que pueden esconderse con facilidad en grietas o depresiones en las frutas (por ejemplo, cerca del cáliz o alrededor del tallo de manzanas) sin ser detectadas. (NAPPO, 2014).

Mecanismos de dispersión

Hay dos tipos o formas de dispersión. Los tetraníquidos son especies que con facilidad invaden nuevos ecosistemas (Badii y Landeros, 2007). Estos ácaros poseen estructuras metapoblacionales (Badii y Abreu, 2006) y son sujetos de control biológico por sus enemigos naturales es decir, los ácaros Phytoseiidae.

1. Tipo paracaídas (globo es decir, la acción de moverse como un globo o un paracaídas), el ácaro pende de un hilo de telaraña depositado en las hojas,

soportando su peso sobre este hilo, y después por ayuda de una corriente de aire (muy suave) se mueve una distancia larga. Este tipo de dispersión sucede bajo condiciones de corrientes de aire suaves, por lo que una infestación pesada de tetraníquidos puede reducirse rápidamente (baja la población) debido a la acción de dispersión. Ejemplos: *E. sexmaculatus* (araña de seis puntos), *O. punicae* (araña café de aguacate), *P. citri* (ácaro rojo de cítricos).

2. Movimiento de tipo masivo: cuando la planta está fuertemente infestada el ácaro se mueve hacia arriba de las plantas y produce una masa de telaraña en el punto terminal de la planta. Situaciones de viento un poco fuertes o insectos o pájaros que vuelan y tocan estas colonias de ácaros y mueven estas masas de ácaros.

Una de las características de los tetraníquidos es la de producir una especie de hilo que utilizan en la construcción de telarañas. La forma y característica de la telaraña va de acuerdo a cada especie en particular. En el caso de la araña cristal empieza a construir sus colonias formando nidos cerca de las nervaduras de la hoja. Durante el comienzo de la invasión las hembras comen activamente y comienzan con el cubrimiento de un área determinada, una vez que se haya cubierto con la telaraña su actividad se reduce y se esconde bajo esta seda en donde se sigue alimentando y comienza a ovipositar. La telaraña de los tetraníquidos tiene suma importancia en su biología por varias razones: crea un micro hábitat donde se mantienen más constantes la humedad relativa y la temperatura; permite la formación de colonias donde se desarrollan todos los individuos; aumenta la seguridad frente a posibles depredadores; protege frente a la lluvia y la aplicación de pesticidas; sirve de medio de dispersión aérea (Gerson, 1985).

Oligonychus perseae

Oligonychus perseae Tuttle, Baker y Abbatiello, comúnmente se conoce como “araña cristalina” o “ácaro cristal del aguacate”; es originaria de México (se cree que de las regiones áridas), se ha ido dispersando a diversos países como al centro de América, Estados Unidos de América, España, Israel, entre otros.

Esta especie se ha encontrado en otros frutales como (vid, durazno, castaño, ciruelo y nectarina) ornamentales (rosas, acacia, salix, bambú) sin embargo, no produce daños importantes. Su importancia radica en el envés de las hojas jóvenes, en la nervadura central y nervaduras secundarias, formando pequeñas colonias cubiertas por telaraña. En las hojas infestadas puede observarse manchas necróticas irregulares coincidiendo con los nidos y en función de la severidad del daño puedes apreciarse hasta en el haz de la hoja, cuando el daño es muy severo provoca la defoliación parcial o total (Aponte y McMurtry, 1997).

En lo que respecta al cultivo del aguacate el principal daño ocurre cuando el ácaro se alimenta de las hojas por la succión de los contenidos celulares produciendo daños de necrosis (Figura 1A). Cuando la infestación es alta se presenta una deformación foliar y caída de hoja esto disminuye la capacidad fotosintética de la planta y causa quemaduras del sol tanto en tronco como fruto (Figura 1B), además las colonias pueden trasladarse a las ramas y frutos en desarrollo provocando pérdidas económicas debido a los bajos rendimientos y mala calidad del frutos (Bender, 1993; Faber, 1997).

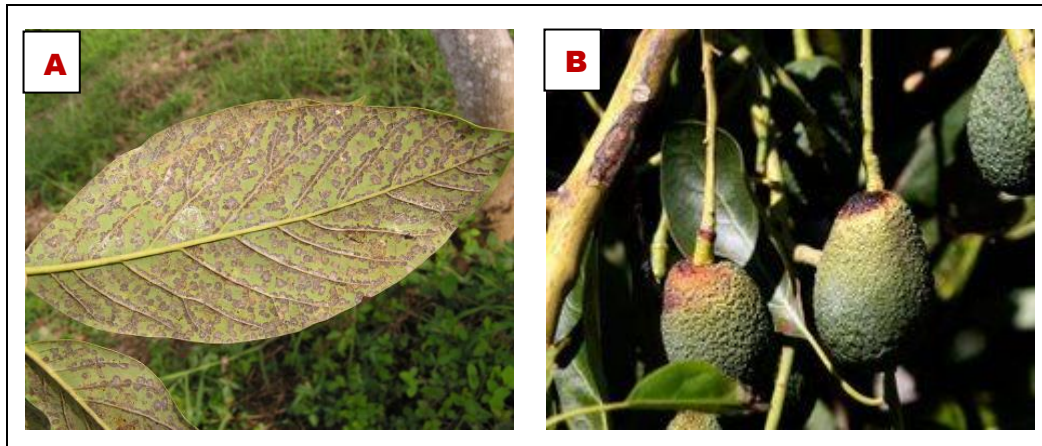


Figura 1. Daño causado por *O. perseae*. A: Necrosis en las nervaduras. B: quemaduras de sol en fruto y ramas causada por defoliación

Morfología

Salinas y Reséndiz, (1995) señala que esta especie posee cinco estadios de desarrollo: huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto (Figura 2), después del estado de larva pasan por un estado de reposo en cada estado de desarrollo, todos estos estadios pueden ser encontrados simultáneamente en el mismo nido, el desarrollo se encuentra en relación a la temperatura, la cual lo óptimo es de 25 °C.

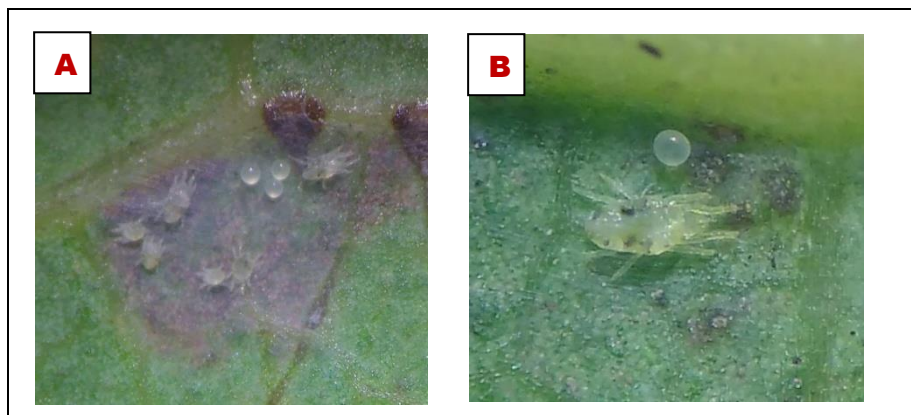


Figura 2. Colonia de *O. perseae*. A: Colonia formada por huevo, larva, ninfa y adulto. B: Hembra adulto junto con huevo.

Huevo: Los huevos de *O. perseae* es pequeño, de forma circular y ligeramente aplanados en sus polos, de color opaco blanquecino (Figura 2B), y cambian de a un color pardo conforme va desarrollándose el embrión, aproximadamente 24 horas antes de la eclosión puede observarse dos puntos rojos que corresponden a los ocelos (Salinas y Reséndiz, 1995). El periodo de incubación de los huevos es en promedio 6 días lo cual concuerda con el rango que señala Crooker (1985) para los tetraníquidos.

Larva: Las larvas al emerger poseen tres pares de patas, son blancas opacas, las cuales unas horas después van tornando un amarillo claro con seis manchas en el dorso del idiosoma, esta etapa dedicado a alimentarse y al crecimiento del organismo, después de dos días aproximadamente pasa a un periodo de reposo (Salinas y Reséndiz, 1995).

Ninfa: Este estadio se divide en protoninfa y deutoninfa. La primera es el primer instar que se desarrolla a partir de la primera muda, esta se distingue por poseer cuatro pares de patas. La deutoninfa es el instar antes de la fase de maduración, en este periodo ya se pueden diferenciar machos y hembras, ya que los machos empiezan a adquirir una forma más alargada y son ligeramente más pequeños que las hembras, de la misma manera que las larvas antes de pasar a la siguiente etapa la protoninfa y deutoninfa tienen un periodo inactivo la quiescencia que dura aproximadamente de 1.31 a 1.33 días (Salinas y Reséndiz, 1995).

Adulto: Es la fase final del ciclo biológico de este organismo, ha alcanzado la madurez sexual, las hembras son robustas de forma elíptica de color amarillo verdoso claro (Figura 2B), mientras los machos son más pequeños y de forma alargada, los dos con varias manchas oscuras. La duración de estado adulto para las hembra esta en un rango de 12 a 14 días, entretanto para los machos es de 5 a 8

días aproximadamente. El ciclo completo desde la oviposición hasta la muerte es de alrededor de 20.95 días (Salinas y Reséndiz, 1995).

Clasificación Taxonómica

Krantz (2009) agrupa a *Oligonychus perseae* de la siguiente manera:

Phyllum Arthropoda

Subphyllum Chelicerata

Clase Acari

Orden Acariformes

Suborden Prostigmata

Familia Tetranychidae

Subfamilia Tetranychinae

Tribu Tetranychini

Género *Oligonychus*

Especie *O. perseae*

Control biológico

Las poblaciones de ácaros fitófagos en los cultivos han ido incrementado de manera considerable por causa de desequilibrios ecológicos generados por sistemas de monocultivos, la aplicación de productos químicos es la medida de control más utilizada para controlar las poblaciones de ácaros, sin embargo, han desarrollado muchos perjuicios como resistencia a estos productos, y provocando efectos en organismos no blancos, así como contaminación entre otros, es por ello que se ha adquirido la implementación del control biológico obteniendo gran importancia en la actualidad permitiendo conservar el medio ambiente sin alterar el equilibrio ecológico (Soto, 2013).

Según De Bach (1968), el control biológico se considera, desde el punto de vista ecológico, como una fase de control natural; puede definirse entonces como la acción ejercida por parásitos, depredadores o patógenos para mantener la densidad de la población de otro organismo en un promedio más bajo que el que tendría en ausencia de ellos. El mismo autor opina que el control biológico aplicado se refiere usualmente a organismos que son plagas actuales o potenciales.

El control biológico de plagas puede dividirse en cuatro tipos de estrategias (Eilenberg et al., 2001):

1. Control biológico clásico. Introducción intencionada de un enemigo natural exótico (generalmente desde la zona de origen de la plaga), para su establecimiento y control de la plaga a largo plazo.

2. Control biológico inoculativo: Liberaciones intencionadas de enemigos naturales con el objetivo que se multipliquen y controlen la plaga durante un periodo de tiempo determinado, pero no permanente.
3. Control biológico inundativo: Liberaciones intencionadas de enemigos naturales con el objetivo que controlen la plaga por ellos mismos.
4. Control biológico conservación: Modificación del ecosistema o de las prácticas culturales para proteger y aumentar las poblaciones de enemigos naturales, u otros organismos, y así reducir el efecto de las plagas.

Dentro del control biológico se ha empleado depredadores, con el fin de disminuir el impacto ambiental y los altos costos de los plaguicidas y poder obtener un producto con bajo residuos químicos o incluso sin residuos, el cual en la actualidad tiene mayor demanda y mejor remuneración económica (Acosta, 1992).

Los depredadores son enemigos naturales que necesitan alimentarse de varias presas (de la misma o distinta especie) para poder completar la totalidad de su ciclo biológico y se diferencian de los parasitoides, en que éstos para completar su ciclo necesitan tan sólo un huésped, al que además matan en el transcurso de su fase preimaginal. Los artrópodos depredadores constituyen uno de los grupos más importantes de enemigos naturales, la mayor parte de ellos son carnívoros a lo largo de todo su ciclo de desarrollo, aunque en algunos grupos, la depredación está confinada exclusivamente a los estadios juveniles por ejemplo: Syrphidae, *Chrysoperla* sp. o al estado adulto como puede ser Asilidae, Empidae (Jacas y García, 2001).

Además, la variedad de presas que pueden llegar a consumir cambia mucho en función de la especie que se trate, abarcando este rango desde la casi especificidad del coccinélido *Rodolia cardinalis* Mulsant, hasta la gran extrema polifagia del neuróptero *Chrysoperla carnea* (Stephens). Una variación interesante puede encontrarse en algunos míridos, ya que pueden alimentarse tanto de la planta como de presas, lo que se conoce como zoofitofagia.

Los principales artrópodos depredadores se incluyen en las clases insecta y arácnida. Por ejemplo de la clase insecta se encuentran: coleópteros, dermápteras, dípteras, hemíptera, himenóptera, y neuróptera; a pesar que la mayor parte de los arácnidos se comportan como depredadores, los dos grupos más importantes de control biológico son las arañas y los ácaros (Urbaneja, 2005).

El estudio de los ácaros depredadores como controladores de plagas empezó en la década de 1950. A finales de los 60's e inicios de los 70's comenzó su aplicación comercial (Mirabal, 2003). Alrededor de 27 familias de ácaros depredan a otros invertebrados pero solamente ocho son importantes en el control biológico: Phytoseiidae, Stigmaeidae, Anystidae, Bdellidae, Cheyletidae, Hemisarcoptidae, Laelapidae y Macrochelidae (Van Driesche *et al.*, 2007).

Familia Phytoseiidae

Durante los últimos años, el interés de los fitoseidos como depredadores de ácaros tetraníquidos se ha generalizado. Muchos de los fitoseidos son ahora usados como agentes de control biológico en algunos ecosistemas agrícolas y otros factores importantes en sistema de manejo integrado de plagas (Sabelis, 1985) Sin embargo, su uso en programas de control biológico se confina en EE. UU. Para ácaros de huertos y en Inglaterra y Holanda para ácaros de invernaderos (McMuntry, 1982).

En diversos cultivos hortícolas y ornamentales bajo invernadero se han desarrollado en los últimos años estrategias de control biológico basados en las liberaciones de fitoseidos (Van Der Blom, 2002). En hortícolas y ornamentales bajo plástico, son varias las empresas productoras de enemigos naturales que comercializan con éxito *Neoseiulus californicus* y *Phytoseilus persimilis* Athias-Henriot para el control de la araña roja *T. urticae* (Calvo *et al*, 2003; Van Der Blom, 2002) y *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) e *Iphiseius degenerans* (Berlese) para el control de trips; (Van Der Blom, 2002).

Sin embargo, en frutales también tienen gran importancia Por ejemplo en cítricos, una de las especies más importantes es *Euseius stipulatus* (Athias-Henriot), ya que ejerce un excelente control biológico del ácaro pardo *Panonychus citri* (McGregor) y que puede alimentarse de otras plagas como mosca blanca (Jacas *et al*, 2001). En manzano, destacan *Neoseiulus californicus*, *Neoseiulus andersoni* depredadores de *Panonychus ulmi* (Koch) fitófago importante para este cultivo. En viñedo, abundan los ácaros depredadores, aunque la composición específica varía según la zona de que se trata. Destacan *E. stipulatus*, *Kampimodromus aberrans* (Oudemans), *T. phialatus*, *Typhlodromus pyri* Scheuten (Jacas *et al*, 2001).

Los especímenes que componen esta familia son de vida libre, terrestres y se encuentran en el follaje, corteza y humus en todas partes del mundo. Son los depredadores más utilizados durante años para el control de los tetraníquidos, estos depredadores han sido de gran interés para estudios experimentales debido a su capacidad depredadora.

Huffaker (1974) menciona que su eficacia depredadora puede deberse a:

1. Adaptabilidad a entornos heterogéneos, es decir, que deben soportar diferentes cambios en los factores ambientales.
2. Capacidad de búsqueda, esto comprende a la movilidad en un área recorrida en un tiempo determinado.
3. Incremento de reproducción cuando existe mayor cantidad de presa (respuesta numérica).
4. Consumo en función de la densidad de presa (respuesta funcional).
5. Sincronización espacio-temporal con la presa.
6. Especificidad, es decir cuando exista altas poblaciones de la presa la prefiera como fuente de alimento y cuando sea baja se alimente de otras fuentes.

Hábitos alimenticios

Los fitoseidos, por lo general, toman y succionan a su presa hasta dejarla completamente seca, y parece ser que pueden ingerir grandes volúmenes de alimento de una sola vez realizando intervalos irregulares, dependiendo del momento en que captura a la presa y tienen la habilidad de penetrar colonias de ácaros protegidas por telaraña (Urigerson, 1990).

Los órganos de ingestión de alimento de los fitoseidos están localizados en el gnatosoma; es aquí donde se ubican las glándulas salivales que están muy desarrolladas; se cree que producen una saliva rica en enzimas que es inyectada en la presa para facilitar la predigestion y después fácilmente remover el contenido de la presa (Chant, 1985). El mismo autor considera que el éxito de succionar este contenido dependería de la desintegración de los tejidos y esta sería imposible sin la inyección apropiada de enzimas en la presa.

La cavidad bucal, dentro de la cual sobresale la boca, se abre internamente en una faringe provista de fuertes músculos que se dilatan y contraen, actuando como bomba de succión para remover el contenido del cuerpo de la presa, presenta por lo menos dos divertículos o ciegos gástricos, los cuales proporcionan una cavidad adicional con más superficies para que la digestión se lleve a cabo. Estos ciegos son extensiones de los ventrículos, y cuando se llenan de material alimenticio se puede ver a través del idiosoma traslúcido, una estructura en forma de H (Chant, 1985).

Phytoseiulus persimilis

Phytoseiulus persimilis fue introducido accidentalmente a Alemania en raíces de orquídeas desde Chile en 1960 (Hussey y Scopes 1985; Zemek 1998; Mesa 2000; Rodríguez *et al.* 2003; Zhang 2003) posteriormente se distribuyó. Actualmente es uno de los depredadores más utilizados en el control biológico, ya que son depredadores efectivos, primordialmente son carnívoros, se alimentan de huevos e inmaduros de insectos como trips, mosquita blanca, polillas entre otros, sin embargo, pueden complementar su dieta con polen, jugos vegetales, néctar y mieles. Tienen un ciclo de vida corto esto hace que sean excelentes candidatos para el control biológico de ácaros fitófago, mientras que el ácaro plaga pasa por una generación de huevo a adulto este depredador ha pasado por dos ciclos generacionales (Mesa, 2000).

La dispersión de *P. persimilis* y búsqueda de nuevas colonias de presas dependen del ambiente, la densidad y distribución de la presa y de la cantidad de telarañas (Hussey 1985; Malais y Ravensberg 1991; Mesa 1996). Las caíromonas juegan un papel importante en la localización de la presa, son expelidas por la planta a causa del daño que produce el ácaro fitófago (Urigerson 1990; Mesa 2000; Rodríguez *et al.* 2003). La densidad de plantas también es importante, y si una planta infestada está en contacto con otra el depredador puede dispersarse fácilmente, el viento favorece su dispersión a grandes distancias (Urigerson 1990; Zemek y Nachman 1998). Cuando la densidad de población de la presa es baja los adultos depredadores se dispersan buscando nuevas colonias de presas, las ninfas permanecen en su sitio comiendo todo lo que haya ahí. (Hussey y Scopes 1985; Malais y Ravensberg 1991; Mesa 1996)

Morfología

En el desarrollo de *P. persimilis* tienen los mismos estados biológicos que los de *O. Perseae*: huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto. A diferencia de los tetraniquidos estos no se han observado que pasen por el estado inmóvil conocido como quiescencia (Malais y Ravensberg, 2006).

Huevo y larva: Los huevos son grandes, aproximadamente lo doble que los huevecillos de los tetraniquidos, las primeras horas de ser ovipositados son hialinos, anaranjados y brillantes, cambiando durante su desarrollo a colores opacos, son ovipositados cerca de la fuente de alimento (Hussey y Scopes, 1985). Aproximadamente después de 3 días de la oviposición eclosiona una larva que posee 3 pares de patas, en estado se mantiene inactiva.

Protoninfa y deutoninfa: La protoninfa posee cuatro pares de patas, es este estado biológico es una buscadora activa de alimento, consumiendo de cuatro a cinco huevos antes de convertirse en deutoninfa, el estado de deutoninfa dura aproximadamente dos días durante los cuales come seis huevos o jóvenes de ácaros fitófagos (Hussey y Scopes 1985; Malais y Ravensberg 1991 ; Arango 1992).

Adulto: Es el estado donde se encuentra sexualmente maduros, es de color rojo claro con patas largas. Las hembras son más robustas que los machos, sin embargo, son muy difíciles de diferenciar, los adultos son muy activos consumiendo aproximadamente 20 larvas o 5 adultos de ácaros plaga (Malais y Ravensberg, 2006). Aproximadamente el periodo de desarrollo de huevo a adulto es de 4 a 7 días, con la temperatura óptima de 25 °C.

Clasificación Taxonómica

Según Athias-Henriot (Krantz, 1978), esta especie se ubica taxonómicamente de la siguiente manera

Phyllum Arthropoda

Subphyllum Chelicerata

Clase Acari

Orden Parasitiformes

Suborden Gamasida

Superfamilia Phytoseioidea

Familia Phytoseiidae

Género *Phytoseiulus*

Especie *P. persimilis*

Respuesta Funcional

La respuesta funcional es un componente básico para iniciar un estudio de control biológico, ya que describe la relación entre el número de presas consumidas por un depredador en función de la densidad de la presa, en un espacio e intervalo de tiempo fijo (Solomon, 1949). Esta sirve para cualquier descripción sobre parasitismo o depredación, precisamente porque el número de presas consumidas determina el desarrollo, supervivencia y reproducción de los depredadores o parasitoides (Oaten y Murdoch 1975). Sirve también para evaluar la potencialidad de agentes de control biológico de plagas (Fernández-Arhex y Corley 2003).

Holling (1961) menciona que existen diversos componentes de la respuesta funcional los cuales son: tasa de éxito en la búsqueda, tiempo de exposición, tiempo de manipuleo, hambre, aprendizaje del depredador, inhibición por la presa, explotación, interferencia entre depredadores, facilidad social y el aprendizaje de la presa a evitar ser depredada. El mismo autor Holling (1959) describe tres tipos de respuesta funcional:

- I. La respuesta funcional de tipo I: El número de presas consumidas por unidad de tiempo aumenta en forma lineal con el número de presas disponibles, hasta que alcanza un máximo, a partir del cual la tasa de consumo permanece constante. En este caso, la pendiente de esta relación representa la eficiencia de búsqueda del predador (o tasa de ataque) y es la proporción de presas comidas por unidad de tiempo.
- II. La respuesta funcional de tipo II: La tasa de consumo aumenta con la densidad de la presa, pero disminuyendo la velocidad de aumento hasta alcanzar una plataforma en la cual la tasa de consumo permanece

constante, independientemente de la densidad de presa disponible. Esta disminución se debe a que el predador utiliza una parte del tiempo para manipular cada presa que consume, que consiste en perseguir, dominar y consumir a la presa y prepararse para la siguiente búsqueda. A medida que aumenta la densidad de las presas, el tiempo de búsqueda disminuye, pero el tiempo de manipulación permanece constante y, por lo tanto, ocupa una proporción cada vez mayor del tiempo del consumidor. Cuando la densidad de las presas es muy alta, el predador se pasa prácticamente todo el tiempo manipulándolas y su tasa de consumo se vuelve constante, determinada por la cantidad de presas que un depredador puede manipular por unidad de tiempo.

- III. La respuesta funcional de tipo III: Existe un incremento inicial en la tasa de consumo con el aumento de la densidad de presas hasta un punto de inflexión, en la cual comienza una desaceleración hasta alcanzar un similitud al que se da en la respuesta de tipo II. En conjunto, este tipo de respuesta tiene una curva sigmoideal. Este tipo de respuesta se puede explicar porque el incremento en la densidad de alimento lleva a un aumento en la eficiencia de búsqueda del predador o a una disminución de su tiempo de manipulación.

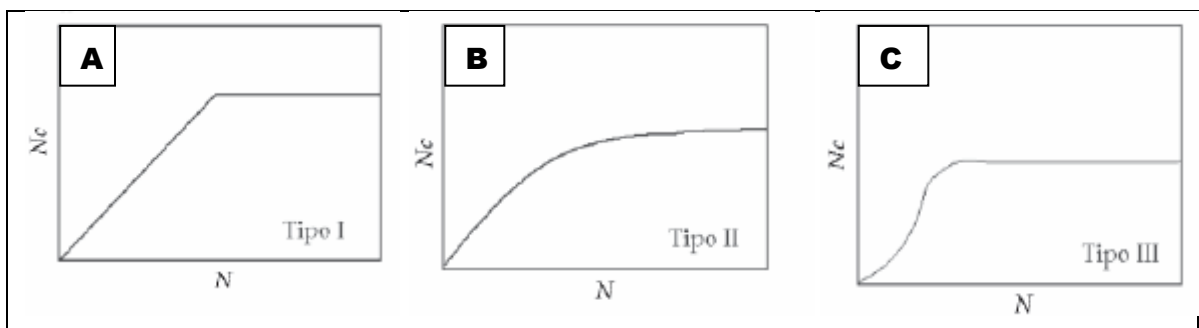


Figura 3. Curvas de respuesta funcional (Holling, 1959).
 A: Tipo I Lineal. B: Tipo II: Asíntota. C: Tipo III: Sigmoideal.

Modelo de Holling

El modelo que describió por primera vez Holling (1959) corresponde a la respuesta funcional tipo II, el cual predice que el número de presas muertas (N_a) por un depredador aumenta en forma inversa con la densidad de presa (N_o), hasta aproximadamente a la saciedad. El número máximo de presas atacadas en condiciones experimentales está determinado por la división del tiempo total de exposición (T_t) entre el tiempo de manipulación (T_t/T_h); la rapidez con que este número es alcanzado está determinada por la tasa instantánea de descubrimiento (a'), la cual está en función de la tasa de búsqueda multiplicada por la probabilidad de descubrimiento de una presa.

La ecuación que representa este modelo es la “Ecuación del Disco” y se expresa de la siguiente manera:

$$\frac{N_a}{N_o} = a' (T_t - T_h * N_a)$$

La cual queda de la siguiente forma:

$$N_a/N_o = a' T_t - a' T_h N_a$$

$$N_a = (a' T_t N_o)/(1 + a' T_h N_o)$$

Donde:

N_a = Número de presas muertas.

N_o = Número de presas ofrecidas.

a' = Tasa instantánea de descubrimiento de presa.

T_t = Tiempo total de exposición depredador – presa.

T_h = Tiempo de manipulación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El bioensayo se realizó en una cámara bioclimática del departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Durante el periodo de agosto a octubre de 2016. Las especies utilizadas para el estudio biológico de depredación fueron *Oligonychus perseae* Tuttle, Baker y Abbatiello como presa y *Phytoseiulus persimilis* Athias – Henriot como depredador (Acari: Tetranychidae: Phytoseiidae)

Material biológico

Colonia de *Oligonychus perseae* Al inicio del experimento se estableció una colonia madre mediante la colecta de hojas de *Persea americana* Milll procedente de Tepic, Nayarit; los ácaros plaga se transfirieron a hojas limpias de aguacate. Para el manejo del material biológico en el laboratorio se empleo la técnica de Abou-Setta y Childers (1987) conocida como hoja arena, que consiste en la transferencia de ácaros mediante un pincel con cerdas suaves a hojas de aguacate de aproximadamente 10 cm de longitud, colocados sobre su haz en charolas de plástico provistas de almohadillas de algodón saturado de agua. La colonia se mantuvo bajo condiciones controladas de 26 ± 2 °C con una humedad relativa de 70 ± 10 % y con un fotoperiodo de 10:14 luz : oscuridad.

Colonia de *Phytoseiulus persimilis* La población de los ácaros depredadores se obtuvo de manera comercial como SPIDEX ® por la empresa

Koppert de México S. A. de C. V. y se mantuvo sobre plantas de *Phaseolus vulgaris* L. infestadas con *Tetranychus urticae* con las mismas condiciones de laboratorio.

Evaluación de la Respuesta funcional

Se evaluaron adultos hembras de *O. perseae* sobre *P. persimilis*. Para esto se hicieron discos de aguacate de 3 cm de diámetro, cada disco se colocó en cajas petri provistas con algodón saturado de agua. Se colocaron en el sustrato hembras de *O. perseae*, transfiriéndolas a con un pincel con densidades de 1, 2, 4, 8, y 16, colocando después 1 hembra de *P. persimilis* por unidad experimental, se incluyeron 15 repeticiones para cada una de las densidades a evaluar.

Una hora después de haber depositado las presas (*O. perseae*), se introdujo un depredador por cada arena experimental; antes de iniciar el experimento los adultos hembras de *P. persimilis* se mantuvieron durante 12 horas en ayuno. El bioensayo se evaluó a través de la observación después de 24 horas de exposición.



Figura 4. Hembra adulta de *Phytoseiulus persimilis* alimentándose de hembra adulta de *Oligonychus perseae* en aguacate.

Análisis estadístico

Para obtener el tipo y parámetros de la respuesta funcional se ajustaron los datos obtenidos a los modelos de respuesta funcional tipo II de Holling (1959):

$$N_a = a' T_t N_o / (1 + a' T_h N_o)$$

En la formula la a' y T_h se estiman: $N_a / N_o = a' T_t + a' T_h N_a$.

Dónde:

N_a = número de presas muertas

N_o = número de presas ofrecidas

a' = tasa instantánea de descubrimiento de presa

T_t = tiempo total de exposición depredador/presa

T_h = tiempo de manipulación

Se utilizó el modelo de Real (1979) para corroborar la respuesta funcional tipo II el cual que menciona que si $n = 1$ la respuesta funcional es tipo II y si $n > 1$ es tipo III aplicado al modelo $\text{Log}(N_a / (k - N_a)) = (\log N_{oc})^{-1} + n (\log N_o)$

Dónde:

N_a es el número de presas ofrecidas

k = número máximo de presas consumidas,

N_o = número de presas consumidas y

N_{oc} = número crítico de presas consumidas.

Se estimó la desviación estándar a un intervalo de confianza del 95% mediante el método de Jackknife (Meyer *et al.*, 1996).

Los resultados para el promedio de presas atacadas por depredador fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) con un diseño completamente al azar con quince repeticiones. Cuando el ANOVA indicó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para la separación de medias. Se analizó el ajuste modelo al tipo de respuesta funcional en estudio por medio de correlación y regresión simple con respecto a cada una de las variables evaluadas. Para el análisis se utilizó el programa SAS System (2008).

RESULTADOS Y DISCUSION

Con el fin de conocer la capacidad depredadora de *Phytoseiulus persimilis*, se expuso este depredador a diferentes densidades de *Oligonychus perseae*. De esta manera se fueron registrando datos, los cuales aparecen en el cuadro 4 del anexo, ahí se pueden observar el número de ácaros depredados. Se observó que los valores más altos de presas consumidas se presenta en las últimas dos densidades y los menores cuando solo se expone 1 y 2 adultos. Sin embargo, para las dos últimas densidades se observó una disminución en la velocidad de depredación, es decir, conforme aumento la densidad, bajo la depredación. Lo que indica que el depredador ha reducido su nivel de consumo ha llegado o se acerca al punto de saciedad (Cuadro 3).

En lo que respecta a la respuesta funcional, el experimento mostro una respuesta de tipo II a las 24 horas de acuerdo a la clasificación de Holling (1959). Donde se obtuvieron valores de a' y Th de 1.2771 y 0.1371, respectivamente.

De acuerdo al modelo de Real (1979), para esta investigación se encontró un valor de n de 1.2334, sin embargo al realizar una prueba t se encontró que este valor no difiere estadísticamente de 1, por lo que demuestra que la respuesta funcional es de tipo II a 24 horas de exposición.

Al respecto Seiedy *et al.*, (2012) reportan respuesta funcional de tipo II por parte de *P. persimilis* sobre hembras adultas de *Tetranychus urticae* Koch como presa. A su vez Hoque *et al.*, (2010) menciona una respuesta de tipo II mostrando valores de a' y Th de 0.012 y 1.75 respectivamente, para hembras adultas de *T. urticae*, dichos valores difieren de los obtenidos en esta investigación ya que *P.*

persimilis mostro mayor capacidad de descubrimiento y menor tiempo de manipulación sobre hembras adultas de *O. perseae*.

En otras investigaciones con *Phytoseiulus persimilis* se reportan casos de mayor depredación. Monjaras, (2015) reporta un consumo de 9 hembras de *T. urticae* para a una densidad ofrecida de 16 hembras adultas en 24 horas, mostrando una a' de 1.078 y Th de 0.232, resultados similares a los encontrados en este estudio.

Cuadro 3. Promedio de adultos *Oligonychus perseae* consumidos por adultos de *Phytoseiulus persimilis*, con parámetros de a' y Th a las 24 horas de observación y prueba de bondad de ajuste (χ^2 , g.l. = 4). Na , a' y Th se muestran con sus valores de desviación estándar al 95% (Jackknife). Letras diferentes en los valores de Na denotan diferencias significativas con $P < 0.05$.

No ²	Na ³	Na estimados ¹
		Holling
1	1±0 d	1.0869
2	2±0 d	1.8919
4	3.8±0.414 c	3.0047
8	4±0.655 b	4.2565
16	4.4±0.737 a	5.3764
a'		1.2771±0.2861
Th		0.1371±0.1529
χ^2		0.4164

¹Ajuste entre los datos observados y estimados (prueba de χ^2 , $P < 0.05$); ²número inicial de presas; ³número de presas atacadas observadas.

Con el modelo de Holling (1959) se registró un valor alto en a' y un valor menor en Th , lo que implica, de acuerdo a este modelo, que el depredador tiene una mayor capacidad de descubrimiento de la presa, pero menor tiempo en manipularla, es decir menor tiempo en darle muerte y consumirla. El modelo de Holling (1959), describen el proceso de depredación de forma instantánea.

Mediante la prueba de bondad de ajuste (χ^2), se observó que en el modelo de Holling (1959) los resultados esperados se ajustaron a los observados por lo que el proceso de la depredación de *P. persimilis* sobre adultos de *O. perseae* ocurre de forma instantánea (Badii *et al.*, 2007).

En la figura 5 Se observa una respuesta funcional tipo II (Holling, 1959) de *P. persimilis*, sobre adultos de *O. perseae* la cual se caracteriza porque la tasa de consumo aumenta conforme aumenta la densidad de la presa, pero gradualmente disminuye la velocidad de aumento hasta que llega a un punto donde esta tasa es constante, independientemente de la densidad de la presa.

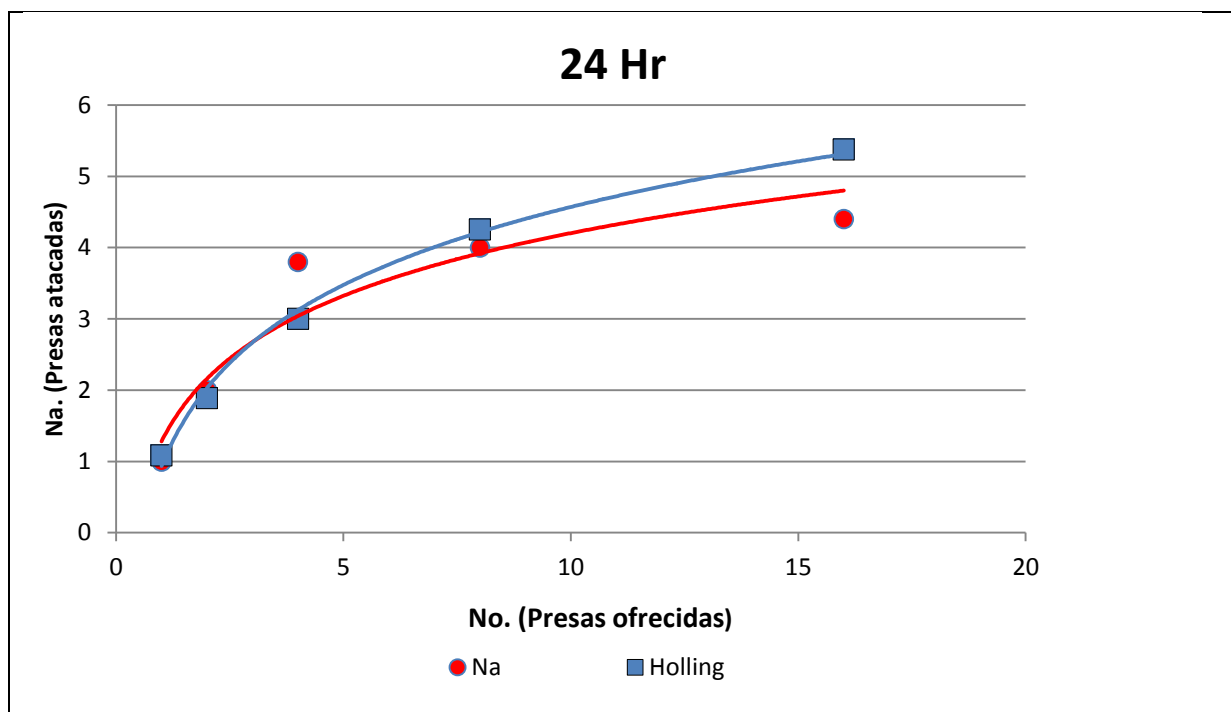


Figura 5. Curvas de respuesta funcional de *P. persimilis* sobre hembras adultas de *Oligonychus perseae* a las 24 horas de exposición.

Con respecto a la eficiencia de *P. persimilis*, en el consumo de *Oligonychus perseae* Takano y Hoddle (2002) mencionan que algunos fitoseidos como *N. californicus* tienen tres modalidades para atacar a *O. perseae*, las que son: (1) interceptar y atacar a los migrantes fuera de sus nidos de telaraña; (2) atacar a las presas a través de la telaraña de los nidos e invadir y (3) atacar dentro de los nidos.

Monserat *et al.*, (2008) mencionan que *O. punicae* es una especie que forma rápidamente un red de telaraña que actúa como refugio hacia los depredadores, siendo un obstáculo para la invasión de depredadores de cuerpo globular, aunque algunas especies son conocidos por ser capaces de gatear a través de entradas (Aratchige *et al.*, 2004, 2007). En base a esto se asume que las hembras de *P. persimilis* son más grandes y les toma más tiempo en llegar a hacer contacto con *O. perseae* y así disminuyendo el número de ataques por unidad de tiempo.

CONCLUSIÓN

El comportamiento de la respuesta funcional de *P. persimilis* se presenta como de tipo II sobre adultos de *O. perseae*, la cual se puede analizar por el modelo de Holling (1959) ya que se ajusta al modelo. Sin embargo en cuanto a depredación de *P. persimilis* sobre adultos de *O. perseae* mostro una baja eficiencia en el consumo presentando menor grado en las densidades más altas de 4, 8 y 16 con promedios de 3.8, 4 y 4.4 respectivamente a 24 horas de evaluación.

ANEXO

Cuadro 4. Consumo de hembras adultas de *Oligonychus perseae* por hembras adultas de *Phytoseiulus persimilis* a diferentes densidades de presa a las 24 horas.

Presas ofrecidas (Na)	Consumo (No)														
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4
8	5	3	4	3	3	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4
16	5	4	4	5	5	5	3	5	4	5	3	5	4	4	5

LITERATURA CITADA

- Abbott** – Setta, M. M. C. C. Childers. 1987. A modified leaf arena technique for rearing phytoseiid or tetranychid mite for biological studies. Florida Entomologist. Vol. 70. 245 – 248 p.
- Acosta**, A. 1992. Control Biológico de ácaros Tetranychidae. Agronomía Colombiana. Vol. 9. 202 – 206 p.
- 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. Vol. 21. 265 - 272 p.
- Arango**, N. 1992. Estudios básicos para la cría y liberación de *Phytoseiulus persimilis* Athias-Heriot (Acari: Phytoseiidae) en el control biológico de *Tetranychus urticae* Koch (Acari:Tetranychidae) en los cultivos de rosa (*Rosa* sp). Tesis de Grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Palmira.
- Aratchige**, NS, Lesna I, Sabelis M.W. (2004). Below-ground plant parts emit herbivore-induced volatiles: olfactory responses of a predatory mite to tulip bulbs infested by rust mite. Exp Appl Acarol 43:97 – 107 p.

- Aratchige, NS, Sabelis MW, Lesna I (2007).** Plant structural changes due to herbivory: do changes in Aceria infested coconut fruits allow predatory mites to move under the perianth. *Exp Appl Acarol* 33: 21 –30 p.
- Badii, M. H. y Abreu, J. 2006.** Metapoblación, conservación de recursos y sustentabilidad. *Daena International J. of Good Conscience*, 1(1): 37-51.
- Badii, M. H. y Landeros, J. 2007.** Invasión de especies o el tercer jinete de Apocalipsis ambiental. *Daena* 2(1): 39 – 53 p.
- Badii, M. H., J. Landeros, E. Cerna, and S. Varela. 2007.** Depredación entre artrópodos, pp. 75-89. In L. A. Rodríguez-del-Bosque and H. C. Arredondo-Bernal [eds.], *Teoría y Aplicación del Control Biológico*. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México.
- Barrientos - Pliego, A. F. 2010.** El aguacate. *CONABIO. Biodiversitas*. 88. 1 – 7 p.
- Bender, G.S., 1993.** A new mite problem in avocados. *California Avocado Society. Yearbook*. Vol. 77. 73 – 77 p.
- Calvo, J., A. Giménez, J. Jacas y A. Urbaneja. 2003.** *Feltiella acarisuga*: Primeros resultados de eficacia sobre araña roja en España, *Agrícola Vergel*, 257. 220 – 225 p..

Chant, D. A. 1985. Systematics and taxonomic. In Spider mites. Their biology, natural enemies and control. Helle, W. and Sabelis, M. W. (eds). Elsevier Science Publishing. Leiden. Holanda. 17 – 19 p.

Crooker, A. 1985. Embryonic and juvenil development. Spider mites. Their biology, natural enemies and control. Vol. 1A. Elsevier Science Publishing. The Netherlands. 149 – 163 p.

De Bach, P. 1968. Control biológico de insectos plaga y malas hierbas. Compañía Editorial. Continental. México.

Eilenberg, J.; A. Hajek Y C. Lomer, 2001. Suggestions for unifying the terminology in biological control. Biocontrol, 46: 387 – 400 p.

Faber, B. A. 1997. The *Persea* mite story. Citrograph. Vol. 82: 12 - 13 p.

FAOSTAT. 2007. Base de datos aguacate. FAOSTAT. <http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx> (22, agosto, 2016).

Fernández-Arhex, V and J. C. Corley. 2003. The functional response of parasitoids and its implications for biological control. Biocontrol Sci. Techn. Vol. 13. 403 – 413 p.

- FND.** 2014. Panorama del aguacate. Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario Rural, Forestal y Pesquero. SHCP. México. 1 – 2 p.
- Gerson, U.** 1985. Webbing. Spiders Mites Their Biology, Natural Enemies and Control. Vol. 1A. Elsevier Science Publishing Company. 223 – 230 p.
- Helle, W.** and Sabelis, M. 1985. World Crop Pests. Spider Mites. Their biology, natural enemies and control. 1B. 132 p.
- Hoddle, M. S.** Hoddle, M. S. Robinson, L. and Virzi. J. 2000. Biological control of *Oligonychus Perseae* (Acari: Tetranychidae) on avocado: III. Evaluating the efficacy of varying release rates and release frequency of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). Department of entomology. Vol. 26. No. 3. 203 – 213 p.
- Holling, C. S.** 1959. The components of predation as revealed by a study of small mammal predation of the European pine sawfly. Can. Entomol. 91: 293320.
- Holling, C. S.** 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. Canadian Entomologist (Ottawa). 91. 385 – 398 p.
- Holling, C. S.** 1961. Principles of insect predation Ann. Rev. Entomol. Vol. 6. 163 – 182 p.

- Hoque, M. F., W.** 2008. Life tables of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) and its predator *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae). Journal of Biological Science. Vol. 16. 1 – 10 p.
- Hoque, M. F., Wahedul I.m., and Khalequzzaman M.,** 2010. Functional response of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot to *Tetranychus urticae* Koch: effects of prey life stages and temperature. Institute of Biological Sciences, University of Rajshahi, Rajshahi 6205, Bangladesh Univ. j. zool. Rajshahi. Univ. Vol. 29, 2010. 01 - 08 p.
- Huffaker, C. B., P. S. Messenger y P. De Bach.** 1974. The natural enemy component in natural control and the theory of biological control. Chapter 2. Biological control. Plenum Publishing. New York. 16 – 26 p.
- Hussey, N. y Scopes, N.** 1985. Red spider mite and the predator *Phytoseiulus persimilis*. Biological pest control the glasshouses experience. Blandford Press. 42 – 51 p.
- Jacas, J.; A. Gómez y A. Urbaneja.** 2001. Manejo integrado de plagas en cítricos. Vida rural, 131. 33 – 36 p.
- Jacas, J.A. y F. García-Marí.** 2001. Side-effects of pesticides on selected natural enemies occurring in citrus in Spain. IOBC/wprs Bulletin 24(4). 103 – 112 p.

- Jiménez, A.** 2012. Respuesta funcional del ácaro depredador *Neoseiulus californicus* (Acarina: Phytoseiidae) sobre la arañita roja del palto, *Oligonychus yothersi* (Acarina: Tetranychidae). Tesis de licenciatura. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 30 p.
- Juliano, S.** 1993. Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves. Pp.159-182. In: Scheiner S. & Gurevitch J. Design and analysis of ecological experiments. Chapman and Hall, Nueva York. E. E. U. U. 320 p.
- Kazak, C.** 2008. Population parameters of *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval (Prostigmata: Tetranychidae) on eight strawberry cultivars. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 32. 19 – 27 p.
- Krantz, G. W.** 1978. A Manual of acarology. Second edition. Oregon State. University Book Store Inc.
- Krantz, G. W.** 2009. A Manual of acarology. Eds. G. W. Krantz; De walter. Texas Tech University Press, Lubbock, US. 807 p.
- Kopp, L. E.** 1966. A taxonomic revision of the genus *Persea* in the Western Hemisphere (Perseae-Lauraceae). Memoirs of the New York Botanical Garden 14(1): 1 – 120 p.

- Lemus, B. A. y Pérez, D. A.** 2016. Control químico del ácaro café del aguacate *Oligonychus punicae* (Hirst, 1926) (Acari: Tetranychidae). Revista de entomología agrícola. 3. 349 – 353 p.
- McMuntry, J. A.** 1982. The use of phytoseiids for biological control: Progress and future prospects. In. M. A. Hoy (Ed). Recent advances in knowledge of the Phytoseiidae. Agricultural Sciences Publications. University of California, Berkeley, C. A. 92 p.
- Malais, M. y Ravensberg, W. J.** 1991. Conocer y reconocer la biología de las plagas de invernadero y sus enemigos naturales. Editoria Koppert Biological systems. Países Bajos. 109 – 110 p.
- Malais, M. y Ravensberg, W. J.** 2006. Conocer y reconocer la biología de las plagas de invernadero y sus enemigos naturales. Editoria Koppert Biological systems. Países Bajos. 21 – 38 p.
- Mesa, C.** 1996. Reconocimiento y manejo de crías de la familia Phytoseiidae. SOCOLEN. Comité Regional. De Cundinamarca. Seminario Reconocimiento, hábitos y manejo de ácaros en flores. Bogotá, Colombia. 54 – 63 p.
- Mesa, N.** 1998. Control biológico de ácaros. Asociación Cooperativa de Ingenieros Agrónomos del Sector de la Floricultura. Acopaflor. Vol. 5. 43 – 48 p.

- Mesa, N.** 2000. Uso de ácaros Phytoseiidae para el control de ácaros Tetranychidae. I Curso Taller Internacional. Control Biológico Componente Fundamental del MIP en una Agricultura Sostenible, Corpoica. Bogotá. 172 – 178 p.
- Meyer, J. S., C. G. Ingersoll, L. L. McDonald., and M. S. Boyce.** 1996. Estimating uncertainty in population growth rates: jackknife vs bootstrap techniques. Ecology 7: 1156-1166.
- Migeon, A, Dorkeld F.** 2013. Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae.
<http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb>. (30, octubre, 2016).
- Mirabal, L.** 2003. Los ácaros depredadores como agentes de control biológico. Revista Protección Vegetal. 18 (3). 145 – 152 p.
- Monjaras, J. I.** 2015. Comportamiento biológico de *Phytoseiulus persimilis* y *Tetranychus perseae* en un ambiente con abamectina en rosal. UAAAN. Saltillo, México. 26 – 28 p.
- Montserrat, M.; De la Peña F.; Hormaza J. I.; González-Fernández J. J.** 2008. How do *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) females penetrate densely webbed spider mite nests? Exp Appl Acarol 44:101 – 106 p.

- NAPPO.** 2014. Identificación morfológica de las arañas rojas (Tetranychidae) que afectan a las frutas importadas. No. 33. North American Plant Protection Organization. Ottawa, Canadá. 4 – 6 p.
- Oaten,** A and W. W. Murdoch. 1975. Functional response and stability in predator-prey systems. Am. Nat. Vol. 109. 289 – 298 p.
- Real,** L. A. 1979. Ecological determinants of functional response. Ecology: Vol 60, No. 3. 481 – 485 p.
- Rodríguez,** M.; Sanchez, M.; Navarro, M.; Aparicio, V. 2003. Los fitoseidos, depredadores efectivos de araña roja. Horticultura. Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros internacionales. 21 (4): 41 – 43 p.
- Rodríguez,** D. B., L. A. y H. C. Arredondo-Bernal (eds). 2007. Teoría y aplicación del Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico. México. 303 p.
- Sabelis,** M. W. 1985. Development Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Control. Vol. 1B. W. Helle and M. W. Sabelis. Eds. Elsevier Science Publishers. B. W., Amsterdam. 43 – 53 p.
- Salinas,** A. y Reséndiz G. 1995. Control biológico de la araña cristalina del aguacatero *Oligonychus Perseae* (Tuttle, Baker y Abbatiello) (Prostigmata: Tetranychidae). UACH. Texcoco. México. 54 – 55 p.

SAS Institute. 2008. SAS/STAT User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Schaffer, B. and **Whiley, A.** 2013. The avocado, botany. Production and uses. 2nd. CAB International. Boston.

SAGARPA. 2006. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SIAP. <http://www.siap.gob.mx/> (15, agosto, 2016).

SAGARPA. 2010. Monografía de cultivos. Aguacate. Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios. SFA. México, D. F. 12 p.

SAGARPA. 2011. Directorio de laboratorios reproductores y comercializadores. SAGARPA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. <http://www.senasica.gob.mx> (20, agosto, 2016).

Seiedy, M., **Saboori A.** **Allahyari H.** **Talael-Hassanloii R** and **Tork M.** 2012. Functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari:Mesostigmata) on untreated and beauberia bassiana-treated adults of *Tetranychus urticae* (Acari: tetranichidae). *Jurnal of Insect Behavior*, 25: 543 – 553 p.

SIAP. 2009. Desempeño positivo de la producción y las exportaciones de aguacate durante el período 2000 – 2009. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. D. F. México. 10 p.

SIAP. 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. <http://www.siap.gob.mx> (23, agosto, 2016).

SIAP. SAGARPA. 2012. Panorama del aguacate. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. FND. México. 2 p.

Solomon, J. E. 1949. The natural control of animal populations. J. Anim. Ecol. Vol. 18. 1 – 35 p.

Soto, G. A. 2013. Manejo alternativo de ácaros. Revista de ciencias agrícolas, 30 (2) 34 – 44 p.

Takano, M. and M. Hoddle. 2002. Predatory behaviors of *Neoseiulus californicus* and *Galendromus helveolus* (Acari: Phytoseiidae) attacking *Oligonychus perseae* (Acari: Tetranychidae). Experimental and Applied Acarology. 26:13 – 26 p.

Urbaneja, A; Ripollés, J; Abad, R; Calvo, J; 2005. Importancia de los artrópodos de insectos en España. Bol. San. Veg. Plagas, 31: 209 – 223 p.

Urigerson; Smiley, R. 1990. Acarine Biocontrol Agents. Ed. Chapman and Hall. 83 – 84 p.

Van Der Blom, J. 2002. La introducción artificial de la fauna auxiliar en cultivos agrícolas. Bol. San. Veg. Plagas, 28. 109 – 120 p.

Van Driesche, R. G.; Hooddle, M, y Center, T. 2007. Control de plagas y malezas por enemigos naturales. United States Department of Agriculture and Forest Service. Florida, USA. 171 p.

Villaseñor, Z. A. 2006. México, un proveedor relevante.

<http://intranet.asoex.cl>. (15, agosto, 2016).

Zhang, Z. 2003. Mites of Greenhouses Identification, Biology and Control. CABI Publishing. 54 – 57 p.

Zemek, R.; Nachman,G. 1998. Interactions in a tritrophic Acarine Predator-Prey Metapopulation System: effects of *Tetranychus urticae* on the dispersal rates of *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Tetranychidae, Phytoseidae). Experimental & Applied Acarology. 22: 259 – 278 p.

Zuluaga, J. 1984. Manual de Control Integrado de Plagas. Ministerio de Agricultura. ICA. Regional 6. Ibagué. 120-133 p.