

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



DEPREDACIÓN DE *Phytoseiulus persimilis* Y *Neoseiulus californicus* (ACARI:  
PHYTOSEIIDAE) SOBRE *Oligonychus punicae* (ACARI: TETRANYCHIDAE) EN  
AGUACATE HASS

Tesis

Que presenta: OMAR GARCÍA ÁNGEL

Como requisito parcial para obtener el Grado de

DOCTOR EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



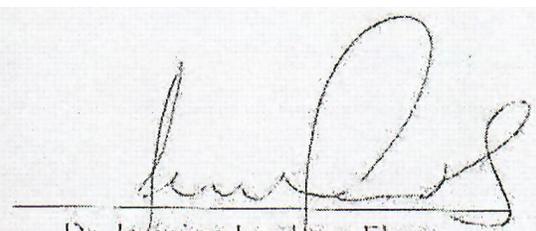
DEPREDAÇÃO DE *Phytoseiulus persimilis* Y *Neoseiulus californicus* (ACARI: PHYTOSEIIDAE) SOBRE *Oligonychus punicae* (ACARI: TETRANYCHIDAE) EN AGUACATE HASS

Tesis

Que presenta: OMAR GARCÍA ÁNGEL

Como requisito parcial para obtener el Grado de

DOCTOR EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA



Dr. Jerónimo Landeros Flores  
Asesor Principal



Dr. Ricardo Javier Flores Canales  
Asesor Externo

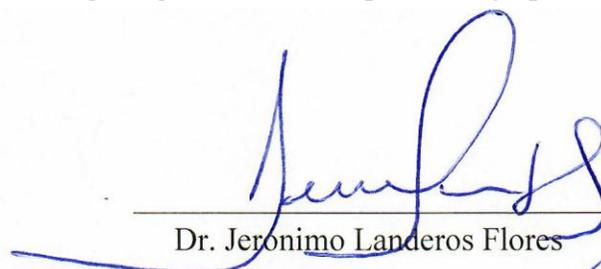
Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre 2017

DEPREDACIÓN DE *Phytoseiulus persimilis* Y *Neoseiulus californicus* (ACARI: PHYTOSEIIDAE) SOBRE *Oligonychus punicae* (ACARI: TETRANYCHIDAE) EN AGUACATE HASS

Tesis

Elaborada por OMAR GARCIA ANGEL como requisito parcial para obtener el Grado de Doctor en Ciencias en Parasitología Agrícola con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dr. Jerónimo Landeros Flores

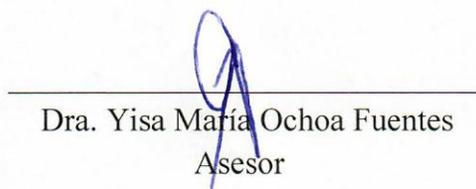
Asesor Principal



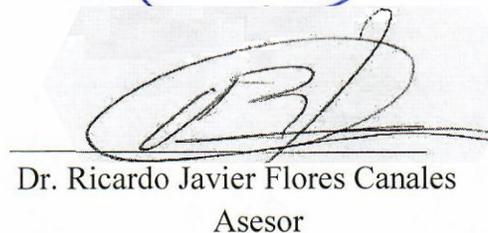
Dr. Ernesto Cerna Chávez  
Asesor



Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe



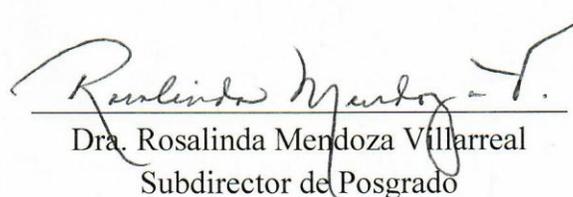
Dra. Yisa María Ochoa Fuentes  
Asesor



Dr. Ricardo Javier Flores Canales  
Asesor



Dr. Agustín Hernández Juárez  
Asesor



Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal  
Subdirector de Posgrado

## AGRADECIMIENTOS

Al **Dr. Jerónimo Landeros Flores** por permitirme trabajar bajo su asesoría, por su invaluable amistad, sus consejos personales, motivación y por las valiosas aportaciones para la realización de la presente investigación.

Al **Dr. Ernesto Cerna Chávez**, por su amable disposición y apoyo para la realización de este trabajo.

Al **Dr. Ricardo Javier Flores Canales**, por su amistad, apoyo y participación en la asesoría de este trabajo.

A la **Dra. Yisa María Ochoa Fuentes** por ser parte del comité de asesoría el, por su apoyo y disponibilidad.

Al **Dr. Néstor Isiordia Aquino**, por su apreciable amistad, disponibilidad y colaboración para la llevar a cabo la presente investigación.

Al **CONACyT**, por el apoyo brindado durante mi estancia en el posgrado.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por darme la oportunidad de realizar mis estudios de posgrado.

Al **Departamento de Parasitología y su Personal** por el apoyo brindado para concluir mis estudios de posgrado.

**Gracias a todas aquellas personas que ayudaron directa o indirectamente en la realización de la presente investigación.**

## DEDICATORIA

### A MIS PADRES:

**Humberto García López**

**Juventina Ángel Chávez**

Por haberme traído a este mundo, guiarme por el buen camino y hacer de mí una persona de bien, gracias por su cariño y consejos para no dejarme vencer en situaciones difíciles en este camino de la vida, gracias por estar siempre a mi lado a pesar de la distancia, por todo su apoyo, sacrificio y dedicación que me brindaron para lograr la culminación de mis estudios. **PAPÁ, MAMÁ, LOS AMO.**

### A MIS HERMANOS

**Ma. Guadalupe**

**Humberto**

**Juan**

**Víctor**

**Leticia**

Les doy gracias por todos esos momentos que hemos pasado juntos en familia, por motivarme y alentarme a dar lo mejor de mí. Mis esfuerzos y logros han sido también suyos e inspirados en ustedes.

### A MI NENA

**Rita Dinora Valenzuela García**, por su amor, comprensión y apoyo incondicional en los buenos y malos momentos. Te conocí cuando menos lo esperaba, pero era cuando más te necesitaba. Gracias por estar a mi lado. **TE AMO.**

### A MIS PEQUEÑOS TESOROS

**José Ángel Álvarez Valenzuela**

**Jimena Sofía García Valenzuela**

Ser papá-estudiante es difícil, y aún más porque no estuvieron cerca de mí en gran parte de mi estancia en el posgrado. Lamento que tuvieran que soportar momentos y situaciones confusas y sin sentido. Pero quiero que sepan que los quiero mucho y los Amo aún más, Amo cada instante que paso con ustedes, me llenan de felicidad, son mi motivación para esforzarme día con día y seguir adelante. Y aunque no puedo prometerles que estaré siempre presente, si les prometo amarlos por siempre. Espero ser el mejor papa y sé que tal vez en estos momentos no comprendan mis palabras, pero algún día entenderán lo que significan para mí.

“No dejen que nada ni nadie les derrumbe sus sueños”

### A MIS FAMILIARES Y AMIGOS

Que me brindaron apoyo y compañía en aquellos momentos en que me encontraba lejos de mi hogar.

“La vida sólo se puede entender mirando hacia atrás, pero únicamente se puede vivir mirando hacia delante”

Sören Kierkegaard



**ACTA ZOOLOGICA MEXICANA**  
*nueva serie*

**MANUSCRITO AZM17-28**

Xalapa de Enríquez, Veracruz, a 12 de Septiembre de 2017  
Ref/AZM/222/2017

**Dr. Jerónimo Landeros-Flores**  
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro  
Saltillo, Coahuila, México

Por este medio hago de su conocimiento que su trabajo científico titulado: “Respuesta funcional de *Phytoseiulus persimilis* sobre *Oligonychus punicae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) en hojas de aguacate” elaborado por usted como autor de correspondencia junto con Omar García-Ángel, Ernesto Cerna-Chávez, Luis Alberto Aguirre-Urbe, Yisa María Ochoa-Fuentes y Julio Cesar Chacón-Hernández, ha sido aceptado para su publicación en el Volumen 33, No. 3 de *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* que aparecerá en Diciembre de 2017.

Considerando que nuestra revista no cobra derecho de página y que los trabajos publicados a partir de 1984 están disponibles en la página web del Instituto de Ecología A. C. ([www.inecol.edu.mx/azm](http://www.inecol.edu.mx/azm)), le enviaremos los sobretiros electrónicos.

Agradezco su comprensión y aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

Atentamente,

Dr. Pedro Reyes Castillo  
Editor

**INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C.**  
Antigua Carretera a Coatepec No. 351. El Haya. 91070 Xalapa, Veracruz. México  
Tel. (228) 842-18-00 Fax. (228) 818-78-09 e-mail: [acta.zoologica@inecol.edu.mx](mailto:acta.zoologica@inecol.edu.mx)

17/11/2017

RV: envío de artículo - 064rcia@gmail.com - Gmail

JeronimoLanderosFlores Landeros Flores  
para mí

14 nov. (hace 3 días)



---

**De:** Jhonathan cambero <[jhony695@gmail.com](mailto:jhony695@gmail.com)>  
**Enviado:** miércoles, 27 de septiembre de 2017 02:54 p. m.  
**Para:** JeronimoLanderosFlores Landeros Flores  
**Asunto:** Re: envío de artículo

Saludos estimado Doctor Landeros.

por este medio hago acuse de recibido tanto de el manuscrito como la carta correspondiente.

dicho manuscrito pasara a revisión de formato, en caso de existir algún detalle se lo haré saber a la brevedad posible.

en cuanto a la carta de cesión de derechos, necesito que me la envíe nuevamente, lo anterior debido a dos cosas:

1. viene fecha del 21 de agosto de 2017... es necesario poner fecha actual.

2. necesito la carta sea dirigida a: **Dr. Manuel Iván Girón Pérez**  
**Editor en jefe de la Revista Bio Ciencias.**

le comento que la fecha limite marcada para la recepción de trabajos es el día 15 de diciembre del presente año. posteriormente todos los manuscritos recibidos serán cargados por el personal de la Revista Bio ciencias a la la plataforma de la revista, y dicha plataforma les generara la carta de recibido...en caso de que el arbitraje sea positivo, los manuscritos aceptados serian publicados en el volumen correspondiente a mayo de 2018.

cualquier duda quedo a la orden.

El 26 de septiembre de 2017, 10:11, JeronimoLanderosFlores Landeros Flores <[janflo@hotmail.com](mailto:janflo@hotmail.com)> escribió:

Estimado Jhonathan, en adjunto te estoy enviando el artículo que platicamos, checalo y cualquier cosa que quieras comentar mi celular es 8441002647 . O por este medio, como gustes.

Saludos

Jerónimo Landeros Flores



--

Dr. Jhonathan Cambero Campos  
Profesor Investigador  
Unidad Academica de Agricultura  
Universidad Autonoma de Nayarit

## INTRODUCCIÓN

El aguacate Hass es una de las variedades preferidas en el mercado internacional, posee principalmente genes guatemaltecos y genes de la raza mexicana (Bernal *et al.*, 2014)

Es la cuarta fruta tropical más importante en el mundo (Maldonado *et al.*, 2016), su producción mundial se estima en 4.2 millones de toneladas, y México es el principal productor y exportador con una producción promedio anual de un millón 644 mil toneladas. El estado de Michoacán es el principal productor con un volumen de 1 476 842 toneladas, que representan el 84.9 % del volumen nacional, el resto es aportado por otras entidades como: Jalisco, Estado de México, Morelos, Nayarit y Guerrero, con 142,743, 108,537, 29,828, 28,323 y 16,581 toneladas para el año 2016 (SIAP, 2017; SENASICA, 2017)

En el aguacate, existen plagas de importancia económica que afectan el rendimiento, la calidad del fruto o son vectores de fitopatógenos. Gran variedad de insectos y ácaros, se desarrollan en ramas, tallos, hojas, flores y fruto, causando daños, más aún cuando las poblaciones se elevan (Garbanzo, 2011).

Las especies de ácaros que afectan el cultivo de aguacate, pertenecen al género *Oligonychus*, un grupo de ácaros que generalmente infestan la superficie superior de las hojas maduras, aunque las colonias pueden extenderse a la parte inferior cuando las poblaciones se vuelven excepcionalmente altas. También pueden infestar nuevos brotes de hojas y el daño puede resultar en una reducción de la actividad fotosintética, provocando un bronceado extenso del follaje (Waite y Martínez, 2002). Entre las especies de ácaros que afectan el cultivo de aguacate se encuentran principalmente: el acaro café *Oligonychus punicae* (Hirst) y el acaro cristalino del aguacate o araña cristalina *Oligonychus perseae* (Tuttle, Baker y Abbatiello) (Acari: Tetranychidae) (Peña *et al.*, 2013).

El ácaro café *O. punicae* es uno de los principales problemas fitosanitarios del aguacate en México. Se presenta principalmente en el haz de las hojas reduciendo la actividad fotosintética causando bronceado, disminución del crecimiento e incluso defoliación completa (Agrawal, 1997; Peña *et*

*al.*, 2013), se encuentra presente durante todo el ciclo fenológico del cultivo y es considerado como una plaga persistente que ocasiona serios daños al follaje (Peña y Wysoki, 2008).

El principal método de control para estas plagas, es a base de productos químicos (Soto, 2013), sin embargo; existen especies de ácaros pertenecientes a la familia Phytoseiidae que han funcionado de manera adecuada para el control de fitófagos en algunos cultivos (Dreistadt, 2008).

EL acaro depredador *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot, 1957) (Acari: Phytoseiidae), es considerado un importante agente de control y ha sido utilizado en programas de manejo integrado de plagas como una alternativa al uso de acaricidas en el manejo de ácaros de la familia Tetranychidae, y sobre una amplia variedad de cultivos (Kavousi y Talebi, 2003; Irigaray *et al.*, 2007; Duso *et al.*, 2008; Alatawi *et al.*, 2011). *P. persimilis* se encuentra disponible de manera comercial y se ha reportado que puede colonizar cultivos infestados por arañas rojas (Yorulmaz *et al.*, 2014)

*Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) es otra especie representativa de los Phytoseiidae que ha demostrado ser efectiva en el control de arañas rojas, otras especies de ácaros, insectos y polen, en varios cultivos de todo el mundo (McMurtry y Croft, 1997; Rhodes y Liburd, 2005; Cedola, 2004) En aguacate *N. californicus*, ha logrado reducir significativamente las densidades de población de *O. perseae* (Takano-Lee y Hoddle, 2002, Monserrat *et al.*, 2008)

Algunas de las características para determinar la eficiencia de un depredador son la habilidad de dispersión, distribución con respecto a la presa, un alto potencial reproductivo, voracidad, un alto grado de especificidad sobre la presa, características morfológicas y grupos taxonómicos (McMurtry, 1982). L respecto Ridgway y Vinson (1977) mencionan que un depredador debe ser evaluado de acuerdo a su aptitud y adaptabilidad hacia una heterogeneidad ambiental y que la capacidad de búsqueda requiere de gran capacidad de adaptación, la respuesta funcional y numérica, la sincronización espacio-temporal con la presa y su especificidad.

Solomon (1949) menciona que muchos enemigos naturales se concentran en lugares donde el huésped o presa es densa, mostrando así una dependencia de la densidad y que la relación entre el consumo de un individuo y la densidad del alimento recibe el nombre de respuesta funcional del consumidor. Fernández y Corley (2004) afirman que la respuesta funcional, permite conocer la densidad asintótica de presas, más allá de la cual se incrementa la probabilidad de escape y también permite entender relaciones coevolutivas depredador-presa. Holling (1959) describió tres tipos básicos de respuesta funcional. Por lo que el objetivo de la presente investigación fue determinar la eficiencia a través de su respuesta funcional, de los depredadores, *Phytoseiulus persimilis* y *Neoseiulus californicus* sobre los estados de desarrollo de *Oligonychus punicae* en hojas de aguacate.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Clasificación y Descripción Botánica del Aguacate

El aguacate se clasifica de la siguiente forma (Bernal *et al.*, 2014):

**Reino:** Vegetal

**Division:** Spermatophyta

**Subdivision:** Angiospermae

**Clase:** Dicotyledoneae

**Sub clase:** Dialypetalae

**Orden:** Ranales.

**Familia:** Lauraceae.

**Género:** *Persea*

**Especie:** *Persea americana* Miller

El aguacate (*Persea americana* Mill) es un árbol vigoroso, que puede alcanzar 30 metros de altura, con un sistema radicular pivotante, perennifolio, hojas alternas, pedunculadas, muy brillantes, las inflorescencias se presentan en ramilletes, cada una con cientos de flores, las cuales son verdosas, de 1 cm de ancho y con tres verticilos de tres estambres y un ovario (Leonel, 2013). Se estima que cada árbol puede producir un millón de flores, aunque solamente 0.1% de ellas termina transformándose en fruto. El fruto es una baya con superficie lisa o rugosa de color verdoso y su piel puede ser fina o gruesa. Tiene una sola semilla y el rango de peso en las variedades que se comercializan oscila entre los 120 gramos y los 2.5 kilogramos, en promedio. La pulpa tiene la consistencia de una mantequilla dura, es fuente importante de proteínas y grasas, y posee un contenido de aceite entre 10% y 20%. Es una fruta que cuenta con alta demanda debido a su sabor y múltiples usos, tanto en la industria alimenticia, pero además su aceite es un insumo importante para la industria de cosméticos y farmacéutica (Torres, 2009; Bost *et al.*, 2013; Bernal *et al.*, 2014)

## **Historia y Origen del Aguacate**

El aguacate se originó y domesticó en la región conocida como Mesoamérica, que comprende las partes altas del centro y este de México y partes altas de Guatemala, de donde se ha distribuido al resto del mundo (Whiley *et al.*, 2007; Galindo *et al.*, 2008; Acosta *et al.*, 2013).

Se han encontrado fósiles de aguacate en México, con más de 8000 años de antigüedad. Los primeros pobladores de Centro y Sur de América, domesticaron este árbol antes de la llegada de los europeos a América. Tehuacán (Puebla, México) se ha determinado como su centro de origen, debido a las pruebas arqueológicas encontradas, con una antigüedad de 12000 años (Bernal y Díaz, 2008; Torres, 2009).

Actualmente se produce en casi todos los países de climas cálido y templado, aunque sus mayores cultivos están en los países latinoamericanos, dentro de los que se destacan México como primer productor mundial, Chile, Brasil, Perú y República Dominicana. Además se cultiva en Nueva Zelanda, Australia, Filipinas, Costa de Marfil, Kenia, Suráfrica, Marruecos, Israel, Italia y España, Estados Unidos, Colombia, entre otros (Bernal y Díaz, 2008).

## **Importancia**

En la actualidad el cultivo de aguacate es uno de los frutales de mayor importancia económica en el mundo. Durante los últimos 150 años, los niveles de producción y consumo de aguacate han aumentado drásticamente, debido al aumento en el consumo entre las poblaciones familiarizadas con la fruta, por lo que se cosecha por más generaciones al año (México y California) y la constante expansión de nuevos huertos, y hacia nuevos mercados, en partes del mundo donde antes se desconocía o rara vez estaba disponible, como Japón y China (Schaffer *et al.*, 2013).

El aguacate es la cuarta fruta tropical más importante en el mundo (Maldonado *et al*, 2016) y su producción a nivel mundial se estima en 4.2 millones de toneladas. México es el principal productor y exportador, con una producción promedio anual de un millón 644 mil toneladas, siendo Michoacán el principal estado productor, con un volumen de 1 476 842 toneladas, que representan el 84.9 % del volumen nacional, el resto es aportado por otras entidades como: Jalisco, Estado de México, Morelos, Nayarit y Guerrero, con 142,743, 108,537, 29,828, 28,323 y 16,581 toneladas para el año 2016 (SIAP, 2017; SENASICA, 2017)

### **Razas de Aguacate**

En la actualidad se reconocen tres razas:

**La raza Mexicana** (*Persea americana* var. *drymifolia*): Tiene como principal característica ser muy resistente al frío, soporta temperaturas de hasta 2.2 °C. Se adapta a alturas superiores a los 1700 m.s.n.m.

**La raza Guatemalteca** (*P. americana* var. *guatemalensis*): Se adapta a condiciones subtropicales, con temperaturas óptimas de 4 a 19°C. Los árboles de esta raza se adaptan a alturas entre 1000 y 2000 m.s.n.m.

**La raza Antillana** (*P. americana* var. *americana*). Se adapta al clima tropical, es más tolerante a la salinidad y soporta temperaturas de 18 a 26 °C. Esta raza tiene frutos de gran tamaño (250 a 2500 g de peso) (Bernal y Díaz, 2008; SFA, 2011).

Estás tres razas se pueden diferenciar sobre la base de sus características morfológicas, fisiológicas y de cultivo (Acosta *et al.*, 2013). Las variedades de la raza Guatemalteca son las más estudiadas actualmente debido a que en esta raza se concentra la mayoría de las variedades comerciales (Scora *et al.*, 2002; Can-Alonzo *et al.*, 2005; Bernal y Díaz, 2008).

## Variedades

### 1. Hass,

El aguacate es una de las frutas preferidas por los mexicanos y dentro de las diferentes clases y especies de aguacate, Hass es el más consumido en México, considerado en la canasta básica mexicana (del Moral y Murillo, 2016). Su amplia aceptación en casi todos los mercados mundiales ha fortalecido la demanda por frutos de piel negra y rugosa en relación con aquellos de cáscara verde y lisa.

Tiene un gran sabor a nuez-avellana, con textura suave-cremosa y una semilla de pequeña a mediana. Variedad disponible durante todo el año, además de ser la más conocida y comercializada. La variedad "Hass" fue obtenida a partir de una semilla de raza guatemalteca, pero con algunos genes Mexicanos; cuenta con un 10 a 15% de la raza Mexicana y el resto, 85 a 90%, de la raza Guatemalteca. Fue seleccionada por Rudolph Gay Hass en la Habra Heights California en 1926, mostro alta calidad de pulpa, mayor productividad y una madurez mas tardía que el “Fuerte”, posteriormente fue patentada en 1935 e introducida globalmente en el mercado en 1960 (Newett *et al.*, 2007; Bost *et al.*, 2013; Bernal *et al.*, 2014)

Otras variedades comerciales (Cerdas *et al.*, 2006; SFA, 2011)

**2. Fuerte:** Tiene forma de pera sin brillo y de piel fina, áspera y sabor exquisito, cultivado en Israel, Kenia, Sudáfrica y España.

**3. Criollo:** Se caracteriza por tener una cascara muy delgada y suave, que se aferra a la masa, además, un hueso muy grande. El color de su cascara es oscura y su pulpa al madurar adopta un color amarillo-limón. Tiene entre sus principales características ser resistente al frio

**4. Bacon:** La variedad más temprana, disponible durante otoño hasta primavera. El fruto es de forma ovalada, pulpa amarilla verdosa que tiene un gran sabor con textura suave y muy cultivada en España.

**5. Pinkerton:** Tiene cosecha temprana, de fruto redondo, con cuello en forma de pera, de tamaño medio, de piel rugosa y sabor agradable. Tiene una cascara más gruesa que las diferentes clases de aguacate, además es muy fácil de pelar.

**6. Gwen:** La encontramos desde principios de primavera hasta finales de verano. Es una fruta redonda, la piel es delgada y granulada de color verde. El sabor de la pulpa es suave y cremosa.

### **Acaros Plaga en Aguacate**

Los ácaros fitófagos que pertenecen a la familia Tetranychidae presentan una amplia distribución y constituyen el grupo más numeroso del orden Acarina (Lemus, 2017). En México, los ácaros tetraníquidos del género *Oligonychus* son uno de los principales problemas del cultivo de aguacate, y los más importantes son: *Oligonychus punicae* Hirst, *O. perseae* Tuttle, Baker y Abbatiello, *O. coffeae* Nietner, *O. yothersi* (Wysoki *et al.*, 2002; Peña *et al.*, 2013) de los cuales, *O. punicae* y *O. perseae* son las especies más persistentes, los cuales están presente en todas las zonas productoras de aguacate del país (Peña y Wysoki, 2008)

### **El ácaro Café *Oligonychus punicae* (Hirst)**

Esta especie de ácaro, infesta aguacates en California, Florida, México, América Central, Brasil, Argentina, Colombia y Ecuador (Waite y Martínez, 2002). En California, *O. punicae* es una plaga menor del aguacate, que aumenta ocasionalmente cuando el polvo del camino es pesado en los árboles, o se deposita excesiva ceniza de incendios forestales en las hojas, sin embargo; en México el daño es mayor, considerándose como una de las principales plagas en aguacate (Peña.*et al.*, 2013).

## Taxonomía

Según Krantz (2009) *O. punicae* se ubica de la siguiente manera:

Dominio: Eukaryota

Reino: Metazoa

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Chelicerata

Clase: Arachnida

Subclase: Acari

Superorden: Acariformes

Orden: Trombidiformes

Suborden: Prostigmata

Familia: Tetranychidae

Género: *Oligonychus*

Especie: *Oligonychus punicae* (Hirst)

## Características de Diagnóstico

Son de cuerpo blando, de forma ovalada o elíptica con la base de los quelíceros fusionados formando un estiloforo del que se proyecta un par de estiletes. Los pedipalpos presentan 5 artejos que terminan en un proceso uña-tibia-tarso; poseen sedas dorsales arregladas en líneas trasversales y longitudinales que varían entre 22 y 56 pares; también poseen sedas “Dobles” en el dorso de la patas I y II. (Coria, 2009).

**Hembra:** La hembra es indistinguible de las hembras de *Oligonychus yothersi* y *Oligonychus mangifera*. Presenta patas con siete setas táctiles en la tibia I y cuatro setas táctiles en el tarso I proximal a las setas dúplex (Jeppson *et al.*, 1975). El proterosoma y patas son de color rosado a naranja; el histerosoma es de color oscuro y una mancha dorso longitudinalmente de color opaco. Las patas III y IV blancuzcas. Los peritremas rectos distalmente, con la extremidad ligeramente ensanchada. Los empodios I y IV uncinados y cuatro pares de pelos próximo ventrales. Dos pares de setas dúplex en el tarso 1 aproximadas; con dos pares de setas anales y un par de para-anales. (Jeppson *et al.*, 1975; Ochoa *et al.*, 1991). Gupta (1985) describe a la hembra como: Tibia I con una sensorial y siete setas táctiles, tarso I con una sensorial y dos setas táctiles proximales a las

setas dúplex; tibia II con una sensorial y 4 setas táctiles, tarso II con 1 sensorial y 3 setas táctiles proximales a las setas dúplex.

**Macho:** El cuerpo del macho es más pálido que el de la hembra (Vacante, 2016). Los empodios I y II uncinados, con tres pares de pelos próximo ventrales; los empodios III y IV con cuatro pares de pelos próximo ventrales (Ochoa *et al.*, 1991). La tibia I con tres setas sensoriales y 8 taquiales, tarso I con dos sedas sensoriales y dos setas táctiles proximales a las setas dúplex; tibia II con cinco setas táctiles, tarso II con una sensorial y dos setas táctiles proximales a las setas dúplex. (Gupta, 1985). El macho es distintivo porque el gancho del edeago ventralmente dirigido es bastante ancho y el extremo distal se estrecha abruptamente para formar una proyección en forma de dedo (Jeppson *et al.*, 1975) ligeramente arqueado hacia el dorso y terminación corta, fuertemente aguzada, dirigida hacia el vientre (Fig. 1) (Ochoa *et al.*, 1991).

**Huevo:** Redondeado, achatado, de coloración blancuzca hasta anaranjada o rojiza con manchas pardas y con estipe dorsal. (Ochoa *et al.*, 1991).



**Figura 1.** *O. punicae* (Hirst). Macho, edeago, modificado de Vacante (2016).

## **Daños**

*O. punicae* se encuentra sobre la cara superior de la hoja, la lesión por su alimentación inicialmente se limita a la nervadura central, su daño provoca puntos rojizos que se extienden a lo largo de las venas laterales y eventualmente puede cubrir totalmente la superficie superior hasta llegar a ocasionar un daño total y cuando las poblaciones son muy altas, este ácaro se moverá hacia las partes inferiores de las hojas (Sauces *et al.*, 1982).

La alimentación reduce la transpiración y la actividad fotosintética debido a la eliminación de clorofila, provocando que las hojas se vuelvan de un color café, comúnmente denominado bronceado. Cuando se descuidan las huertas, la plaga puede atacar retoños, flores, hojas y frutos en formación; las hojas pueden recuperarse de esta lesión, pero pueden no hacerlo si la infestación persiste. *O. punicae* se puede encontrar durante todo el año, sus poblaciones estas influenciadas por las condiciones del clima, con mayor incidencia en los meses secos y calurosos del año (Blair y Olsen, 1990; Garbanzo, 2011; Lemus, 2017).

Es probable que se produzca una gran caída de hojas si las densidades de población de ácaros pardos marrones alcanzan un promedio de 75 a 100 hembras adultas por hoja durante períodos cortos, o cuando las densidades permanecen en 50 hembras por hoja durante varias semanas (Sauces *et al.*, 1982; Blair y Olsen, 1990). En densidades de 300 ácaros por hoja ocasionan además del bronceado de hojas, una defoliación parcial, o la defoliación puede también ocurrir cuando se presentan 70 hembras adultas por hoja durante periodos de sequía (Peña y Wysoki, 2008).

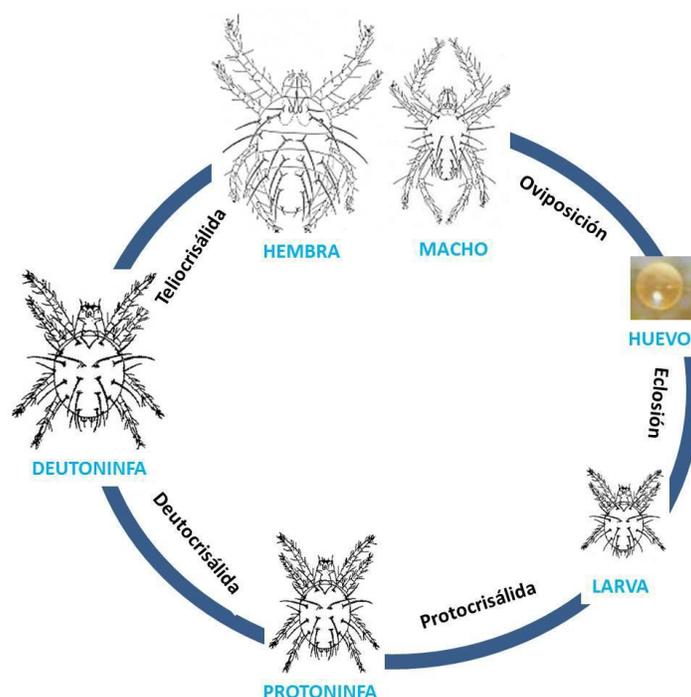
### **Biología y Ciclo de Vida**

Hernández *et al.* (2000) consideran que *O. punicae* es originario del sur de México y el norte de Guatemala. El ácaro infestó el 71% de los huertos de aguacate muestreados en el área de Uruapan, Michoacán en México. Los mismos autores mencionan que en México, diferentes variedades de aguacate muestran distinta respuesta a las infestaciones de *O. punicae* y que una generación puede ser obtenida en 15.4 días con una temperatura promedio de 22°C y que las densidades de este ácaro se reducen en condiciones de baja temperatura y alta humedad. Sin embargo, Cerna *et al.*, (2009) mencionan que *O. punicae* tiene alta capacidad reproductiva en la variedad Hass y reportan tiempos de desarrollo de 7.74, 7.78 y 9.54 días en las variedades Fuerte, Hass y Criollo respectivamente a una temperatura de  $24 \pm 2$  °C y 60-65% de Humedad Relativa.

El tamaño de adultos de *O. punicae* es de aproximadamente 0.5 mm de longitud; los machos son más pequeños que las hembras, la parte anterior del cuerpo es más ancha que la posterior. Todos los estados de desarrollo se caracterizan por ser de un color café-rojizo (Jeppson *et al.*, 1975). Los huevos son globosos de color rojo claro, el cual se torna más oscuro cuando el embrión ha

madurado. Su diámetro es de aproximadamente 0.130 mm y están protegidos por telaraña que producen las hembras (Helle y Sabelis, 1985).

Pasa por cuatro etapas de desarrollo: huevo, larva, ninfa y adulto. El estado ninfal se divide en dos etapas, una posterior a la larva (protoninfa) y una anterior al adulto (deutoninfa). Después de cada etapa activa, tienen una etapa de inactividad denominada ninfocrisálida (Fig. 2), la cual es estrictamente pasiva (Jeppson *et al.*, 1975). En estas etapas, las ninfas sufren cambios fisiológicos internos, pero permanecen inmóviles y no se alimentan.



**Figura 2.** Ciclo de vida de *Oligonychus* spp.

## Hospederos

Migeon y Dorkeld (2006) indican una lista de plantas hospederas de *O. punicae*, de las cuales incluye géneros como: *Persea americana* Mill., *Mangifera indica* L., *Cocos nucifera* L., *Bixa orellana* L., *Juniperus* sp., *Juglans regia* L., *Punica granatum* L., *Musa paradisiaca* L., *Pinus ponderosa* (Douglas), *Fragaria* sp., *Prunus persica* L., *Rosa* sp., *Coffea arabica* L., *Chrysophyllum mexicanum* (Brandege), *Vitis vinifera* L. entre otros.

## **Manejo**

En general, se ha observado que las poblaciones de ácaros fitófagos son reguladas por factores abióticos como la lluvia y por sus enemigos naturales, principalmente depredadores (Bernal y Díaz, 2008; Coria, 2009).

Sin embargo, las grandes extensiones de aguacate suministran extenso alimento a la plaga y cuando predominan condiciones de clima cálido y seco, las poblaciones de ácaros aumentan rápidamente, lo que obliga a utilizar métodos de control como productos a base de azufre, aceite mineral, o aceites derivados del petróleo, sin embargo; cuando estos son de peso molecular bajo, no tienen efecto ovicida. También se recomienda el uso de Azadiractina, Bifenazate, Abamectina, Lambdacialotrina, Fenpyroximate y Spirodiclofen (Bernal y Díaz, 2008; Lemus y Pérez, 2016).

## **Control biológico**

Según DeBach (1968), el control biológico se considera, desde el punto de vista ecológico, como una fase del 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. También opina que el control biológico aplicado se refiere usualmente a organismos que son plagas actuales o potenciales. Si un organismo no logra llegar al “status“ de plaga, es obvio que las condiciones climáticas y otros factores le son desfavorables; por consiguiente, uno de los mejores medios para modificar las condiciones ambientales que tienden a deprimir permanentemente la población de una especie plaga es el empleo de enemigos naturales.

Los más espectaculares ejemplos de éxito en el control biológico se han dado empleando depredadores; esto se explica porque la mayoría de estas especies tienen hábitos alimenticios específicos, y por ello responden rápidamente a los cambios en la densidad de presa. Sin embargo, hay depredadores que tienden a habitar lugares restringidos, no son específicos en sus hábitos alimenticios, y pueden ser muy importantes en la regulación de plagas agrícolas (DeBach, 1968).

## Depredadores en el control biológico

Los más exitosos ejemplos de control biológico se han dado empleando depredadores; esto se explica porque la mayoría de estas especies tienen hábitos alimenticios específicos, y por ello responden rápidamente a los cambios en la densidad de presa. Sin embargo, hay depredadores que no son específicos en sus hábitos alimenticios, y pueden ser muy importantes en la regulación de plagas agrícolas. Los depredadores generalistas o no específicos pueden contener el incremento de las plagas potenciales o reducir los picos máximos de infestación cuando los enemigos naturales específicos hayan sido reducidos por otros factores (DeBach, 1968).

La familia Phytoseiidae ha recibido considerable atención en los últimos 45 años debido al potencial de estos ácaros como agentes de control biológico (Sabelis *et al.*, 2008). Los ácaros fitoseidos se usan con gran éxito como depredadores de ácaros y pequeños insectos en numerosas especies de plantas en la mayoría de los ecosistemas terrestres, por lo que constituye el grupo más estudiado y usado para el control biológico de esas plagas (McMurtry y Croft, 1997).

Los fitoseidos son depredadores de ácaros tetraníquidos pero también se pueden alimentar de otras familias de artrópodos fitófagos, tales como eriófidos, tenuipálpidos, tarsonémidos, cóccidos, moscas blancas y trips (Messelink *et al.*, 2008). Algunas especies también se alimentan de nematodos, esporas de hongos, polen y exudados de plantas (Zhang, 2003).

Se han descrito cerca de 1700 especies de fitoseidos, en alrededor de 50 géneros conocidos en el mundo (Gerson *et al.*, 2003) de los cuales sobresalen: *Phytoseiulus*, *Neoseiulus*, *Galendromus*, *Typhlodromus*, *Typhlodromalus*, *Amblyseius* y *Euseius*, con especies importantes como: *Phytoseiulus persimilis*, *Neoseiulus cucumeris*, *Neoseiulus barkeri*, *Neoseiulus californicus*, *Neoseiulus fallacis*, *Iphiseius degenerans* y *Galendromus occidentalis*. (Zhang, 2003).

McMurtry y Croft (1997) proponen cuatro tipos de depredadores:

**Tipo I:** Esta categoría se considera género-específica con respecto a la preferencia de presa, especializados de la especie *Tetranychus* y ocasionalmente de *Oligonychus* y está representada solo por las especies de *Phytoseiulus*.

**Tipo II:** Depredadores selectivos de ácaros Tetranychidae pero no están restringidos a *Tetranychus* spp. Representada por *Galendromus*, algunos *Neoseiulus* y algunas especies de *Typhlodromus*.

**Tipo III:** Depredadores generalistas con amplios hábitos alimenticios representados por algunas especies de *Neoseiulus* y la mayoría de las especies de *Typhlodromus* y *Amblyseius*, a menudo prefieren presas distintas a los ácaros.

**Tipo IV:** Especializados en polen, son depredadores generalistas representados por especies de *Euseius* spp. Pero además del polen, incluyen melaza, esporas de hongos y exudados de plantas. Y en el caso de presas se pueden alimentar de ácaros de varias familias, así como pequeños insectos como trips y moscas blancas y nematodos.

### ***Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot)**

Este ácaro se descubrió por primera vez en rosas cultivadas en invernaderos en Argelia en 1957, se introdujo y utiliza en muchos países para el control de ácaros del género *Tetranychus* (Zhang, 2003).

Es un ácaro considerado como la especie de mayor éxito en programas de control biológico (McMurtry, 1982) probado sobre una amplia variedad de cultivos y considerado como una alternativa al uso de acaricidas para el manejo de ácaros de la familia Tetranychidae (Daza, 2010)

*P. persimilis* es clasificado como un depredador de tipo I, los cuales se alimentan principalmente de ácaros *Tetranychus* y en ocasiones de *Oligonychus* (McMurtry y Croft, 1997; Zhang, 2003).

Son depredadores de rápido desarrollo y alta tasa de reproducción (Hoy, 2011) y se han reportado que puede llegar a establecerse dentro del cultivo después de varias semanas de liberación (Casey *et al.*, 2007; Yorulmaz *et al.*, 2014) y aunque no cazan juntos a menudo penetran las mismas redes y pueden reconocer congéneres familiares aumentando su eficacia de caza (Strodl y Schausberger 2012), sus huevos son colocados casi exclusivamente dentro de la telaraña de las colonias (Gerson *et al.*, 2003).

*P. persimilis*, tienen patas más largas y se mueven más rápidamente que otras especies. Presentan setas de escudo dorsal alargadas, que les ayudan a penetrar en las densas redes de seda (Sabelis y Bakker, 1992) y utilizan sus quelíceros y palpos para cortar las redes de las presas (Shimoda *et al.*, 2009).

Los adultos ovoides inicialmente, se vuelven piriformes cuando están completamente alimentados y grávidos, son de color rojo brillante, muy activos, esféricos y andan como separados del suelo gracias a sus largas patas. Las hembras adultas son ligeramente más grandes que los machos (Zhang, 2003).

La oviposición ocurre únicamente después de que la hembra ha sido copulada (McMurtry *et al.*, 1970). Los individuos se pueden reproducir mediante partenogénesis arrenotóxica, donde los huevecillos no fecundados originan machos y los huevecillos fecundados originan hembras. El desarrollo inmaduro tarda unos 8 días, y los adultos pueden tener una longevidad de 36 días a temperaturas óptimas (entre 25 y 30 °C) con una humedad relativa de 60-90% (Dhooria, 2016).

Los huevos son ovalados de color amarillento pálido a naranja, las larvas y las ninfas son pálidas y translúcidas al principio, pero se vuelven de color amarillento a naranja después de la alimentación. Los adultos y las ninfas buscan activamente a sus presas, una vez halladas succionan su contenido hasta secarlas. El desarrollo desde el huevo hasta el adulto toma 3.6 días para los machos y 4.1 días para las hembras a 26 °C (Zhang, 2003). Al respecto Nicholls (2008) menciona que su ciclo de vida (huevo-adulto) dura de cinco (30°C) a 25 días (15°C). Las hembras ponen hasta 60 huevos durante 50 días (tiempo de vida) a una temperatura de 17 a 27°C y pueden

consumir de diez a 20 huevos de ácaro por día y pueden depositar cinco huevos por día, hasta un total de 80 huevos durante toda su vida (Zhang, 2003)

Debido a su naturaleza tropical *P. persimilis* no atraviesa por una etapa de diapausa, por eso, se encuentra en actividad durante todo el año. Poseen el mayor rango de consumo de ácaros plaga en relación con los otros ácaros de la familia Phytoseiidae. Sin embargo, por ser específicos en su alimentación deben disponer únicamente de ácaros plaga, de lo contrario se dispersan o mueren de hambre (Nicholls, 2008).

### ***Neoseiulus Californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae)**

También conocida como *Amblyseius californicus*, fue descrita originalmente por McGregor en 1954 en California. Actualmente se conoce en América, Europa, Asia y África. Es una especie con características depredadoras Tipo II, pero también puede comportarse como Tipo III. Se alimenta preferentemente de ácaros Tetranychidae, además puede consumir a otras especies de ácaros, insectos pequeños y polen, cuando la presa principal no está disponible (Zhang, 2003; Rhodes, *et al.*, 2005).

*N. californicus* ha demostrado ser efectivo en el control de arañas rojas, en varios cultivos en regiones templadas y subtropicales de todo el mundo (McMurtry y Croft, 1997; Rhodes y Liburd, 2005; Cedola, 2004), se ha reportado alimentándose de ácaros como: *T. urticae*, *Oligonychus pratensis*, *O. perseae*, *Panonychus ulmi*, *Phytonemus pallidus* y *Polyphagotarsonemus latus*.

Este depredador se usa comercialmente contra ácaros en aguacate, cítricos, lúpulo enano, uvas, frambuesas, rosas, fresas y varios cultivos de hortalizas en invernaderos, así como en condiciones de campo (Rhodes *et al.*, 2005). En el caso de las fresas, las liberaciones a razón de una hembra por planta de fresa mantienen a *T. urticae* por debajo del nivel umbral (5% de hojas infestadas) (Dhooria, 2016).

La capacidad de depredación de *N. californicus* es de aproximadamente de 15 a 20 huevos de araña roja por día, pero se puede alimentarse de todas las etapas biológicas de la presa, como es un generalista también puede alimentarse de otras fuentes de alimento, sobreviviendo por días sin la presencia de la presa en el campo (Moraes y Flechtmann, 2008).

*N. californicus* proviene de climas áridos y semiáridos y es más tolerante a la baja humedad y a la baja densidad de presas, prefieren las temperaturas cálidas (10-33 °C) pero pueden tolerar temperaturas mucho más frías durante períodos cortos y pueden tolerar un amplio rango de humedad relativa (40-80%), pero prefieren una humedad alta (Dhooria, 2016).

Los huevos son ovalados de aproximadamente 0.04 mm de largo, son blanquecinos y translúcidos; Las larvas son translúcidas, activas y ya consumen presas; Las ninfas se alimentan activamente de la presa y pueden consumir de 11 a 13 huevos, dependiendo de la especie presa. Los adultos son blanquecinos translúcidos, hasta que se alimentan toman la coloración de su presa. Son de forma ovalada con aproximadamente 0.1 a 0.35 mm de largo y pueden ovipositar hasta 65 huevos en un tiempo de generación huevo-huevo de 9.5 días a  $25 \pm 1$  °C. Viven durante aproximadamente 20 días y pueden resistir la inanición durante más de diez días y reanudar la oviposición cuando hay alimentos disponibles (Zhang, 2003; Rhodes, *et al.*, 2005; Dhooria, 2016).

El tiempo de desarrollo es dependiente de la temperatura, a medida que ésta aumenta los individuos se desarrollan más rápidamente y puede variar de 4 a 12 días (Dhooria, 2016). Kim *et al.* (2009) registraron el desarrollo de etapas inmaduras de este depredador a temperaturas desde los 12 °C (18.38 días) hasta los 38 °C (3.75 días), lo que demuestra la plasticidad para desarrollarse en diferentes regiones geográficas.

La distribución de *N. californicus* en zonas áridas explica la tolerancia de esas poblaciones a la baja humedad (Palevsky *et al.*, 2008). Por lo que este depredador se puede usar conjuntamente con *Phytoseiulus persimilis* para lograr un mejor control en condiciones de altas temperaturas, baja humedad relativa y baja densidad de presas (Palevsky *et al.*, 2008; Weintraub y Palevsky, 2008).

## Respuesta Funcional

La depredación o el parasitismo dependientes de la densidad pueden surgir de dos fuentes diferentes: la respuesta numérica y la respuesta funcional (Solomon, 1949). La respuesta funcional es un aumento en el número de presas tomada por el depredador o el parasitoide a una densidad incrementada de la presa (Elkinton, 2007)

La importancia de la respuesta funcional es que determina el cambio del número de presas muertas por un depredador por unidad de tiempo, como función del cambio en la densidad de presa (Solomón, 1949), donde la máxima cantidad de presas muertas está determinada por el efecto combinado del tiempo de manipulación y la saciedad (Holling, 1959).

Holling (1961) reporta que los componentes de la respuesta funcional son: la 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.

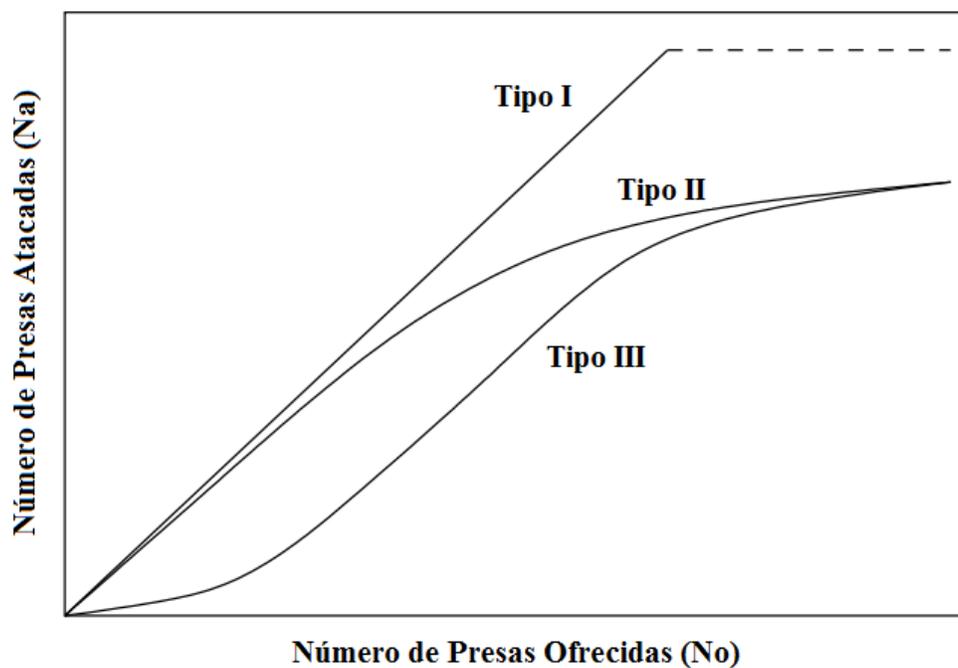
Holling (1959) define tres tipos de curvas para la respuesta funcional:

A). La respuesta de tipo I es aquella en la cual la meseta de la curva es alcanzada en forma lineal, característica de los organismos filtradores, por ejemplo *Daphnia magna* (Crustácea: Cladocera) sobre algas unicelulares.

B). En la respuesta tipo II la meseta de la curva es alcanzada en forma curvilínea, y se encuentra en organismos invertebrados, es la más común reportada en insectos (Begon *et al*, 1996).

C). La respuesta tipo III se debe a un incremento sigmoideal en el número de presas atacadas, está representada por una curva sigmoideal; se representa en vertebrados (aves).

Por lo tanto el objetivo final de un estudio de depredación es comprender, definir los factores y mecanismos responsables de la estabilidad del sistema depredador- presa (Badii y McMurtry, 1990), y es uno de los componentes clave en la selección de depredadores para control biológico (Lester y Harmsen, 2002).



**Figura 3:** Tres tipos de respuesta funcional que relacionan la densidad de presas ( $N_o$ ) y el número de presas consumidas por un depredador ( $N_a$ ).

## ARTÍCULO I

**Respuesta funcional de *Phytoseiulus persimilis* sobre *Oligonychus punicae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) en hojas de aguacate.**

**Omar García-Ángel<sup>1</sup>, Ernesto Cerna-Chávez<sup>2</sup>, Luis Alberto Aguirre-Uribe<sup>2</sup>, Yisa María Ochoa-Fuentes<sup>2</sup>, Julio Cesar Chacón-Hernández<sup>3</sup>, Jerónimo Landeros-Flores<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>Estudiante de Doctorado en Ciencias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro # 1923. C.P. 25315. Buenavista, Saltillo; Coahuila, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro # 1923. C.P. 25315. Buenavista, Saltillo; Coahuila, México.

<sup>3</sup> Instituto de Ecología Aplicada, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Av. División del Golfo 356, Col. Libertad Cd. Victoria, Tamaulipas. C.P. 87019

E-mail: 064rcia@gmail.com (O.G.-A.), jabaly1@yahoo.com (E.C.C.), luisaguirreu@yahoo.com.mx (L.A.A.U.), yisa8a@yahoo.com (Y.M.O.F.), july2019@hotmail.com (J.C.C.H.), jlanflo@uaaan.mx (J.L.F.)

\*Autor de correspondencia: <jlanflo@uaaan.mx>

**García-Ángel, O., Cerna-Chávez, E., Aguirre-Uribe, L. A., Ochoa-Fuentes, Y. M., Chacón-Hernández, J. C. & Landeros-Flores, J. 2017.** Respuesta funcional de *Phytoseiulus persimilis* sobre *Oligonychus punicae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) en hojas de aguacate.

**García-Ángel, O., Cerna-Chávez, E., Aguirre-Uribe, L. A., Ochoa-Fuentes, Y. M., Chacón-Hernández, J. C. & Landeros-Flores, J. 2017.** Functional Response of *Phytoseiulus persimilis* on *Oligonychus punicae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) in Avocado Leaves.

Depredación de *P. persimilis* sobre *O. punicae*: jlanflo@uaaan.mx

**Respuesta funcional de *Phytoseiulus persimilis* sobre *Oligonychus punicae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) en hojas de aguacate.**

**RESUMEN:** Se evaluó la respuesta funcional de *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot, 1957) sobre diferentes densidades y estados de desarrollo del ácaro del aguacate *Oligonychus punicae* (Hirst, 1926) bajo condiciones de laboratorio. Los resultados muestran nula depredación en el estado de huevo, mientras que para el resto de los estados, el depredador exhibió una respuesta funcional tipo II. El máximo consumo de *P. persimilis* sobre *O. punicae* fue en promedio de 23.4 y 14.67 para larvas y ninfas respectivamente a una densidad de 64 presas ofrecidas, mientras que el máximo promedio de consumo en hembras adultas de *O. punicae* fue de 6.07 adultos a una densidad de 16 adultos hembra ofrecidos. Los resultados de la depredación muestran que *P. persimilis* puede ser utilizado como un agente de control biológico.

**PALABRAS CLAVE:** Control biológico; Aguacate; Respuesta Funcional; *Oligonychus punicae*; *Phytoseiulus persimilis*.

**ABSTRACT:** Functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot, 1957) at different densities and developmental stages of the mite of *Oligonychus punicae* (Hirst, 1926) under laboratory conditions was evaluated. Results show no predation in the egg state, whereas for the other stages, the predator exhibited a type II functional response. Average consumption of *P. persimilis* over *O. punicae* was 23.4 and 14.67 for larvae and nymphs respectively at a density of 64 prey offered, while the maximum average consumption in adult females of *O. punicae* was 6.07 adults at a density of 16 female adults offered. The results of predation obtained, concluded that *P. persimilis* can be used as a biocontrol agent.

**KEYWORDS:** Biological control; Avocado; Functional Response; *Oligonychus punicae*; *Phytoseiulus persimilis*.

### Introducción

El acaro del aguacate, *Oligonychus punicae* (Hirst, 1926) es una plaga común y persistente en México, se encuentra en la parte superior de las hojas provocando un bronceado y reducción de la actividad fotosintética (Peña & Wysoki 2008) y año con año se presenta en altas poblaciones (McMurtry 1985). En densidades de 300 ácaros por hoja ocasionan además del bronceado una defoliación parcial, la cual también se puede presentar cuando se encuentran 70 hembras adultas por hoja durante periodos de sequía (Peña & Wysoki 2008). El control químico es el método más utilizado para el manejo de ácaros en México (Soto 2013); sin embargo, mediante el empleo de ácaros depredadores puede ser otra estrategia adecuada (McMurtry & Johnson 1962; McMurtry 1992; Zhang, 2003). En este sentido *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot, 1957) es un acaro depredador clasificado como un especialista en Tetranychidae (McMurtry & Croft 1997; Croft *et al.* 2004; McMurtry *et al.* 2013) y que ha sido empleado en diversos cultivos (Skirvin & Fenlon 2001; Kim 2001; Blindeman & Van Labeke 2003; Parvin & Haque 2008). En esta investigación se determinó la eficiencia de *Phytoseiulus persimilis* mediante la respuesta funcional en *Oligonychus punicae* sobre hojas de aguacate variedad Hass.

### Materiales y Métodos

Se estableció una colonia madre de *Oligonychus punicae* proveniente de hojas de árboles de aguacate variedad Hass, localizados en Tepic Nayarit (21°26'02.4"N 104°54'15.4"W), estos se multiplicaron bajo condiciones de laboratorio a una temperatura de  $26 \pm 2$  °C, humedad relativa de  $70 \pm 10$  % y fotoperiodo de 12:12 luz: oscuridad. El ácaro depredador *P. persimilis* se obtuvo del

producto comercial Spidex® (Koppert México, S.A. DE C.V.) y multiplicado en hojas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) infestadas con *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae). Los experimentos de respuesta funcional se desarrollaron en una cámara bioclimática (Lab-Line Biotronette Mark III Environmental Chamber. Modelo: 846) bajo las mismas condiciones de desarrollo de la colonia madre, siguiendo la metodología de Brodeur & Cloutier (1992) con algunas modificaciones. La unidad experimental consistió de un disco de hoja de aguacate de 3 cm de diámetro el cual se colocó sobre agar solidificado dentro de un recipiente de plástico con capacidad de 30 mL y una tapa semihermética con un orificio central, cubierto con tela fina. Para el bioensayo de depredación sobre huevos de *O. punicae* se colocaron de 10 a 20 hembras grávidas del acaro en un periodo de 24 horas, posteriormente las hembras fueron removidas y se ajustó el número de huevos ovipositados a 1, 2, 4, 8, 16, 32 y 64 por cada disco de hoja y 15 repeticiones por densidad, posteriormente se le colocó una hembra adulta de *P. persimilis* en cada densidad de presa. Para los otros estados de desarrollo se siguió el mismo método descrito anteriormente con la excepción de que los huevos se mantuvieron hasta su eclosión y se les permitió el desarrollo hasta los estados correspondientes a evaluar (larvas, ninfas, y hembras adultas). Se registró la depredación a las 24 horas, se determinó el tipo de respuesta funcional (forma de la curva), mediante un análisis de regresión logística, ajustando una ecuación polinomial de la proporción de presas consumidas ( $N_a/N_o$ ) vs el número de presas ofrecidas ( $N_o$ ) (Trexler *et al.* 1988):

$$\frac{N_a}{N_o} = \frac{\text{Exp}(P_0 + P_1N_1 + P_2N_o^2 + P_3N_o^3)}{1 + \text{Exp}(P_0 + P_1N_1 + P_2N_o^2 + P_3N_o^3)}$$

Dónde:  $N_a$ = número de presas consumidas,  $N_o$ = número de presas ofrecidas.

$P_0$ ,  $P_1$ ,  $P_2$ , y  $P_3$ = parámetros a ser estimados.

Las regresiones se realizaron iniciando con el modelo cúbico y los coeficientes de mayor orden que no fueron significativamente diferentes de cero se eliminaron, hasta que todos los coeficientes que permanecieron en el modelo fueran significativamente diferentes de cero. El símbolo del parámetro lineal  $P_1$  se usó para distinguir entre la respuesta funcional tipo II y tipo III, Si  $P_1 > 0$ , la proporción de presas consumidas positivamente dependiente de la densidad inicial, describiendo así una respuesta funcional tipo III. Si  $P_1 < 0$ , la proporción de presas consumidas disminuye con el número inicial de presas ofrecidas, describiendo así una respuesta funcional de tipo II (Juliano 2001).

Después de conocer el tipo de respuesta funcional, se estimaron los parámetros de la respuesta funcional: tiempo de manipulación ( $T_h$ ) y capacidad de ataque ( $a'$ ) de acuerdo al modelo de respuesta funcional tipo II de Holling (1966).

$$N_a = \frac{a' N_o T}{1 + a' N T_h}$$

En donde:  $N_a$  = Número de presas consumidas,  $a'$  = Tasa de ataque constante (tasa de búsqueda instantánea),  $N_o$  = Densidad de la presa,  $T$  = Tiempo total disponible (24 h en este experimento) y  $T_h$  = Tiempo de manipulación. Los modelos matemáticos se obtuvieron mediante el procedimiento PROC NLIN de SAS/STAT (SAS 2008).

### **Resultados y Discusión**

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de depredación registrados en los diferentes estados de desarrollo de *O. punicae*. A la densidad de 64 presas, se observó un consumo promedio de 23.4 y 14.67 larvas y ninfas respectivamente, además *P. persimilis* consumió en promedio 6.07 adultos a una densidad de 16 presas ofrecidas y no se observó depredación en el estado de huevo. Al respecto Chant (1961) y McMurtry *et al.* (1970) mencionan que *P. persimilis* se desarrolla preferentemente

sobre presas del género *Tetranychus* en donde se ha observado depredando en todos los estados de desarrollo, en este sentido, Mushtak & Nikolay (2015) registraron una depredación de 22.8 huevos de *T. urticae* en un periodo de ocho horas. En la depredación de larvas ninfas y adultos, el análisis de regresión logística mostró un coeficiente lineal con valores de  $P < 0$  (Cuadro 2), lo que sugiere que la proporción de presas muertas disminuyó en función de la densidad inicial de presas ofrecidas, demostrándose una respuesta funcional tipo II (Figura 1). La respuesta funcional obtenida (Tipo II) concuerda con los registrados por Skirvin & Fenlon (2003), Xiao & Fadamiro (2010) y Seiedy *et al.* (2012), quienes mencionan que *P. persimilis* se ha utilizado como agente de control biológico mostrando una respuesta funcional de Tipo II. Parvin *et al.* (2010) registraron una tasa de consumo de 42.13, 39.6 y 36.9, para huevos, inmaduros y adultos de *T. urticae* por día respectivamente, a una densidad de 64 individuos por hoja de frijol con preferencia por el estado de huevo, mientras que Naher *et al.* (2005) señalan un consumo diario de 27.54, 18.12 y 11.32 para los mismos estados de desarrollo respectivamente. En cuanto a los valores de tasa de ataque ( $a'$ ) en el presente estudio se registraron valores de 1.527, 1.452 y 1.489 para larvas, ninfas y adultos respectivamente. El tiempo de manipulación del depredador ( $T_h$ ) fue de 0.0317, 0.0556 y 0.1147 para larvas ninfas y adultos respectivamente. En este sentido, Xue *et al.* (2009) mencionan un promedio diario de consumo de 5.45 adultos por depredador de *P. persimilis* en una densidad de 64 hembras de *T. urticae* ofrecidas en discos de hoja de frijol y un ( $T_h$ ) de 0.1734 y ( $a'$ ) de 1.5573. Gharekhani *et al.* (2014) registran una tasa de ataque y tiempo de manipulación de 2.415 y 0.00154 para estos mismos especímenes. Los valores de  $X^2$  obtenidos en todos los estados de desarrollo fueron menores al  $P < 0.05$  lo que indica que se ajustan al modelo matemático tipo II de Holling.

### Conclusión

Aunque estos datos se obtuvieron bajo condiciones de laboratorio, los resultados de depredación obtenidos demuestran que *P. persimilis* puede ser utilizado como un agente de control biológico que ayude en el manejo eficiente de *O. punicae* en el cultivo de aguacate.

### Literatura Citada

- Blindeman, L. & Van Labeke, M. C. 2003. Control of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) in glasshouse roses. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 68: 249-254.
- Brodeur, J. & Cloutier, C. 1992. A modified leaf disk method for rearing predaceous mites (Acarina: Phytoseiidae). *Phytoprotection*, 73:69-72.
- Chant, D. A. 1961. An experiment in biological control of *Tetranychus telarius* (L.) (Acarina: Tetranychidae) in a greenhouse using the predacious mite *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Phytoseiidae). *Canadian Entomologist* 93: 437-443.
- Croft, B. A., Blackwood, J. J. & McMurtry, J. A. 2004. Classifying life-style types of phytoseiid mites: diagnostic traits. *Experimental and Applied Acarology* 33: 247-260
- Gharekhani, G., Bahri, M. S. & Salek-Ebrahimi, H. 2014. Functional response of predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in laboratory condition. *Journal of Field Crop Entomology*, 4: 59-68.
- Holling, C.S. 1966. The functional response of invertebrate predators to prey density. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 98: 1-86.

- Juliano, S.A. 2001. Nonlinear curve fitting: Predation and functional response curves, pp. 178-196. In Scheiner, S.M. & J. Gurevitch. (Eds.) *Design and analysis of ecological experiments*. Oxford University Press. . 2nd Ed. N.Y.
- Kim, Y. H. 2001. Control of two spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) by a predatory mite (*Phytoseiulus persimilis*). *Technical Report, National Institute of Agricultural Science and Technology* (NIAST) RDA, Korea, 10-01
- McMurtry, J. A. & Johnson, H. G. 1962. The Avocado Brown Mite In *Relation To Its Natural Enemies*. *California Avocado Society* 1962 Yearbook 46: 76-81
- McMurtry, J.A. 1985. Control of Tetranychidae in crops: Avocado. pp. 327-333. In: *Spider Mites their biology, natural enemies and control*. Vol. 1B. W. Helle & M. W. Sabelis. (Eds.) Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- McMurtry, J. A., Huffaker, C. B. & Van de Vrie, M. 1970. Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: A review. I. Tetranychid mites: their biological characters and the impact of spray practices. *Hilgardia*, 40: 331-390.
- McMurtry, J. A. 1992. The Role of Exotic Natural Enemies in the Biological Control of Insect and Mite Pests of Avocado in California Department of Entomology, University of California, Riverside, CA 92521, USA . *Proc. of Second World Avocado Congress*. 247-252
- McMurtry, J.A. & B.A. Croft, 1997. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annual Review of Entomology*. 42: 291–321
- McMurtry, J. A., De Moraes, G. J. & Sourassou, N. F. 2013. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Systematic and Applied Acarology*. 18:297-320

- Mushtak, T. M. & Nikolay, D. D. 2015. The Feeding Behavior and Functional Response of the Predatory Mite *Phytoseiulus persimilis* On Different Developmental Stages Of Two-Spotted Spider Mite *Tetranychus urticae*. *Biological Sciences Научный журнал КубГАУ*, 108:1-12
- Naher, N., Islam, W. & Haque, M. M. 2005. Predation Of Three Predators On Two-Spotted Spider Mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) *J. Life Earth Science*, 1: 1-4
- Parvin, M. M. & Haque, M. M. 2008. Control of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) by predators on potted plants. *Univ. j. zool. Rajshahi Univ.* 27: 51-54
- Parvin, M. M., Ali, M. A. & Mainul, M. H., 2010. Voracity of Three Predators on Two-Spotted Spider Mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) and Their Developmental Stages. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 6: 77-83
- Peña, J. & Wysoki, M., 2008. Plagas en Israel, México, Estados Unidos, Centroamérica y Perú. Plagas del palto en México, pp-303 In: R. Ripa & P. Larral (Eds) Manejo de Plagas en Paltos Y Cítricos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Ministerio de Agricultura. INIA, Chile
- SAS, Institute Inc. 2008. SAS/STAT® 9.2 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Seiedy, M., Saboori, A., Allahyari, H., Talaei-Hassanloui, R. & Tork, M. 2012. Functional Response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on Untreated and *Beauveria bassiana* - Treated Adults of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *J Insect Behav.* 25:543-553
- Skirvin, D.J. & Fenlon, J.S. 2001. Plant species modifies the functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): implications for biological control. *Bulletin of Entomological Research*, 91: 61-70

- Skirvin, D. J. & Fenlon, J. S. 2003. The effect of temperature on the functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology* 31: 37-49
- Soto, G. A. 2013. Manejo alternativo de ácaros plagas. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 30: 34–44.
- Trexler, J. C., McCulloch, C. E. & Travis, J. 1988. How can the functional response best be determined? *Oecologia* 76: 206-214.
- Xiao, Y. F. & Fadamiro, H. Y. 2010. Functional responses and prey-stage preferences of three species of predacious mites (Acari: Phytoseiidae) on citrus red mite, *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). *Biological Control* 53: 345-352
- Xue, Y., Meats, A., Andrew, G., Beattie, C., Spooner-Hart, R. & Herron, G.A. 2009. The influence of sublethal deposits of agricultural mineral oil on the functional and numerical responses of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) to its prey, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology* 48: 291-302
- Zhang, Z. 2003. Mites of greenhouses: identification, biology and control. *Cambridge, USA. CABI publishing*, 244 pp.

Cuadro 1. Número de larvas, ninfas y hembras adultas de *Oligonychus punicae* consumidos por *Phytoseiulus persimilis* sobre hojas de aguacate.

Densidad inicial de presas	Larvas		Ninfas		Adultos	
	No $\pm$ DS	Na	No $\pm$ DS	Na	No $\pm$ DS	Na
1	1 $\pm$ 0	1.08	1 $\pm$ 0	1.10	1 $\pm$ 0	1.07
2	2 $\pm$ 0	2.11	2 $\pm$ 0	2.10	2 $\pm$ 0	1.95
4	4 $\pm$ 0	4.03	4 $\pm$ 0	3.82	3.53 $\pm$ 0.64	3.31
8	8 $\pm$ 0	7.40	7.80 $\pm$ 0.56	6.48	5.60 $\pm$ 1.55	5.09
16	15.80 $\pm$ 0.56	12.72	10.40 $\pm$ 3.36	9.95	6.07 $\pm$ 1.39	6.97
32	19.07 $\pm$ 4.70	19.84	12.33 $\pm$ 2.53	13.59		
64	23.40 $\pm$ 5.33	27.56	14.67 $\pm$ 2.82	16.15		
a'	1.527		1.452		1.489	
Th	0.0317		0.0556		0.1147	
X <sup>2</sup>	1.47		0.49		0.19	

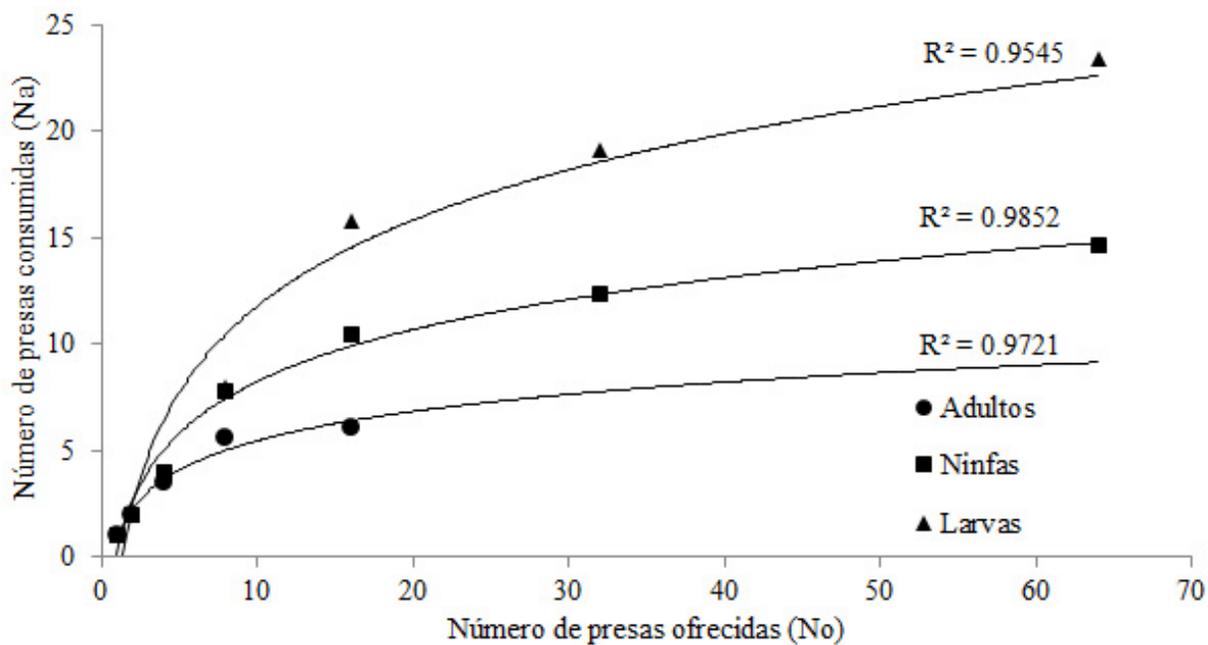
No=Presas atacadas observadas; DS=Desviación estándar; Na= Estimados Holling

Cuadro 2. Resultados del análisis de regresión logística de la proporción de presas de *Oligonychus punicae* consumidas por *Phytoseiulus persimilis*

Estado	Parámetros		
	Intercepto (P <sub>0</sub> )	Lineal (P <sub>1</sub> )	Cuadrático (P <sub>2</sub> )
<b>Huevo</b>	-----	-----	-----
<b>Larva</b>	10.708* (3.6345, 17.7815)	-0.4691* (-0.8011, -0.1370)	0.00458* (0.00112, 0.00804)
<b>Ninfa</b>	4.0998* (3.4285, 4.7710)	-0.2404* (-0.2889, -0.1920)	0.00284* (0.0021, 0.0036)
<b>Adulto</b>	4.5659* (2.9222, 6.2096) †	-0.6212* (-0.9547, -0.2877)	0.0191* (0.00430, 0.0339)

\* Parámetros seguidos por \* son significativos en  $p < 0,05$ , † Valores en paréntesis indican intervalo de confianza al 95% ambos basados en la fórmula de Wald (SAS 2008).

Figura 1. Respuesta funcional de *Phytoseiulus persimilis* sobre diferentes estados y densidades de *Oligonychus punicae*.



## ARTICULO 2

**Functional response of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) over *Oligonychus punicae* (Acari: Tetranychidae) in avocado leaves.**

**Respuesta funcional de *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) sobre *Oligonychus punicae* (Acari: Tetranychidae) en hojas de aguacate.**

Omar García-Ángel<sup>1,3</sup>, Yisa María Ochoa-Fuentes<sup>1</sup>, Ernesto Cerna-Chavez<sup>1</sup>, Luis Alberto Aguirre-Uribe<sup>1</sup>, Ricardo Javier Flores-Canales<sup>2</sup>, Jerónimo Landeros-Flores<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro # 1923. C.P. 25315. Buenavista, Saltillo; Coahuila, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Nayarit-Unidad Académica de Agricultura, Carretera Tepic-Compostela Km 9, CP: 63780 Xalisco, Nayarit, México.

<sup>3</sup>Postgraduate student.

\* Corresponding author: Email: <jlanflo@hotmail.com>

Phone: +01 (844) 100-2647

Functional response *Neoseiulus californicus*

## Abstract

The functional response of *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) was studied at different densities and developmental stages of avocado mite *Oligonychus punicae* (Hirst) (Acari: Tetranychidae), under laboratory conditions on Hass avocado leaf discs. Results showed a type II functional response in all assessed stages. Maximum consumption of *O. punicae* by *N. californicus* at a density of 64 offered preys, was 15.13, 26.93, 13.07 eggs, larvae and nymphs respectively; as well as 7.40 adults at a density of 32 prey mites. These results show that *N. californicus* tends to eat more larvae than eggs and nymphs; and even a lower numbers of adults. However, *N. californicus* ate all stages of development, which can be considered an additional attribute that turns this predator into a good tool to manage the pest.

Key Words: Avocado Brown Mite; Biological Control; Predator.

## Resumen

Se estudió la respuesta funcional de *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) en diferentes densidades y estadios de desarrollo del ácaro de aguacate *Oligonychus punicae* (Hirst) (Acari: Tetranychidae) en condiciones de laboratorio, sobre discos de hoja de aguacate Hass. Los resultados mostraron una respuesta funcional tipo II en todas las etapas evaluadas. El consumo máximo de *O. punicae* por *N. californicus* con una densidad de 64 presas ofrecidas fue de 15,13, 26,93, 13,07 huevos, larvas y ninfas respectivamente; Así como 7,40 adultos con una densidad de 32 ácaros de presa. Estos resultados muestran que *N. californicus* tiende a comer más larvas que huevos y ninfas, y un menor número de adultos. Sin embargo, *N. californicus* comió todas las etapas de desarrollo, lo que puede considerarse un atributo adicional que convierte a este depredador en una buena herramienta para manejar la plaga.

Palabras Clave: Ácaro café de aguacate. Control Biológico, Depredador.

## Introduction

*Oligonychus punicae* (Hirst) is considered one of the main mites affecting avocado crops in Mexico. Its presence damages the epidermis of leaves and distorts the ratio between chlorophyll and photosynthates, leading to reddish or tanned lesions (Dorantes, *et al.*, 2004; Equihua, *et al.*, 2007; Dreistadt, 2008). When feeding on avocado leaves, this mite limits itself mainly to the upper side, close to the central vein; although it can also move to the underside when the population levels become high (Ochoa, *et al.*, 1991; Dorantes, *et al.*, 2004) for a long time, partially defoliating the trees. This type of damage can occur at densities of 300 mites per leaf, although under draught conditions, 70 adult females per leaf can cause the same damage (Peña and Wysoki, 2008). The most popular management method for this pest mite is chemical control (Soto, 2013). However, predating mites from Phytoseiidae family offer an alternate control (Zhang, 2003). In this regard, one of the most widely used mite species in biological control programs is *Neoseiulus californicus* (McGregor), classified as a generalist predator of spider mites and one of the main biological control agents used to protect different greenhouse and open-field crops (Gotoh, *et al.*, 2006; Marafeli, *et al.*, 2011; Singh, 2016). *N. californicus* is not only widely distributed, but it is also reared and released in several countries of the world, (Canlas *et al.*, 2006; McMurtry, *et al.*, 2013; Barbosa and de Moraes, 2015). Among its benefits, *N. californicus* eats some types of insects such as trips, besides feeding on mites, and can even survive feeding on pollen when the primary prey is not available (Castagnoli and Simoni, 1999; Sazo, *et al.*, 2006). This mite is considered a Type II predator; a category that includes selective predators of tetranychid mites, which are more frequently associated to species that form dense spider webs, as it is the case of *Oligonychus* y *Tetranychus*. Nevertheless, this predator can also behave like a Type III predator (Croft, *et al.*, 1998; Croft. *et al.*, 2004; McMurtry, *et al.*, 2013; Rezaie, *et al.*, 2017). Therefore, this research work focused in determining the efficiency of *Neoseiulus californicus* through its functional response over *Oligonychus punicae* in Hass avocado leaves.

## Materials and Methods

The research work was conducted in a bioclimatic chamber of the Parasitology department at “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro”, Saltillo, Coahuila, Mexico, (25°21'13"N 101°01'56"W). A mother colony of *Oligonychus punicae* was reared, using mites from Hass avocado trees planted in Tepic, Nayarit. The mites were reproduced under controlled conditions, at a temperature of  $26 \pm 2$  °C; relative humidity of  $70 \pm 10$  % and a light-darkness photoperiod: 12:12h L:D. The commercially available predator *Neoseiulus californicus* was obtained from Spical® (Koppert México, S.A. DE C.V.) and was reproduced on bean leaves infested with *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae). Functional response experiments were developed in the bioclimatic chamber under the same developmental conditions than the mother colony, following the methodology of Brodeur and Cloutier (1992), using leaf-discs in agar, with some modifications. The experimental unit was an avocado leaf disc of 3 centimeters in diameter, placed on top of a solidified agar layer (nearly 20 mL), within a plastic container of 30 mL capacity. A water film was poured on the agar layer and the contour of the leaf disc. The containers were sealed with a semi-air tight cap with a whole in the middle, and were covered with thin cloth to avoid excessive moisture. In the predation study of *N. californicus* over *O. punicae* eggs, 10 to 20 pregnant avocado brown mite females were left for 24 hours on the avocado leaf discs. After removing the females, the number of eggs was adjusted to 1, 2, 4, 8, 16, 32 and 64 per every leaf disc. The same method previously described was followed for the next stages of development, except the eggs, which were kept until hatching, allowing them to reach the life stages that were going to be assessed (larvae, nymphs and adult females). 24 hours after emerging from the corresponding stage, an adult female of *N. californicus* was introduced per every preying density, with 15 replicates per density. The predation rate was recorded within 24 hours, in order to determine the type of functional response (curve's shape), through logistic regression analysis, adjusting a polynomial equation of the ratio of eaten preys ( $N_a/N_o$ ) Vs the number of preys offered ( $N_o$ ):

$$\frac{N_a}{N_o} = \frac{\text{Exp}(P_0 + P_1N_1 + P_2N_o^2 + P_3N_o^3)}{1 + \text{Exp}(P_0 + P_1N_1 + P_2N_o^2 + P_3N_o^3)}$$

Where:  $N_a$  = number of eaten preys,  $N_o$  = number of offered preys.

$P_0, P_1, P_2, y P_3$  = parameters to be estimated

If  $P_1 > 0$  and  $P_2 < 0$ , it means that the ratio of eaten preys positively depends on density and therefore we have a Type III functional response. If  $P_1 < 0$ , the ratio of eaten preys decreases with the initial number of offered preys, showing a Type II functional response (Juliano, 2001). After learning the type of functional response, the parameters of such functional response were estimated: Time of handling ( $T_h$ ) and attack capacity ( $a'$ ) according to Holling's Type II functional response (1966)

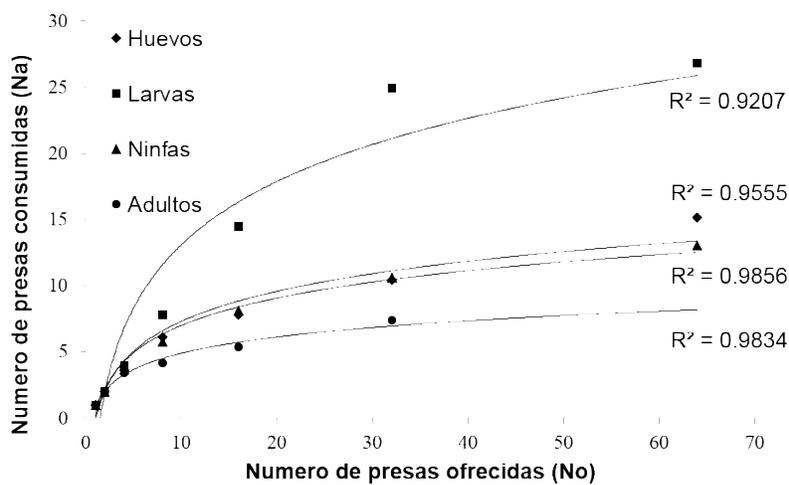
$$N_a = \frac{a' N_o T}{1 + a' N T_h}$$

Where:  $N_a$  = Number of eaten preys,  $a'$  = Rate of consistent attack (rate of instantaneous search),  $N_o$  = Prey density,  $T$  = Total available time (24 h in this experiment) and  $T_h$  = Time of handling. Procedure PROC NLIN de SAS/STAT (SAS 2008) was used to estimate the parameters.

## Results and Discussion

The percentage of preys eaten in all the stages of development of *O. punicae* decreased, with an increase in the density of offered preys (Figure 1). This means that there is a reverse dependency of the initial density.

Figure 1. Functional response lines of *Neoseiulus californicus* over different stages and densities of *Oligonychus punicae*.



The logistic regression analysis of all the prey stages yielded a significant linear parameter  $P_1 < 0$  and a positive quadratic coefficient ( $P_2$ ) of the ratio of preys eaten at every density, versus the initial preying density (Table 1). This shows a Type II functional response.

Table 1. Results of the logistic regression analysis on the ratio of preys eaten by *Neoseiulus californicus* ( $N_a/N_o$ ) Vs the number of offered preys ( $N_o$ ) of *Oligonychus punicae*

Stage	Parameters		
	Intercept ( $P_0$ )	Linear ( $P_1$ )	Quadratic ( $P_2$ )
Egg	2.3039*	-0.1196	0.000688
	(1.9591, 2.6487)†	(-0.1402, -0.0990)	(0.000536, 0.000840)
Larva	3.4647	-0.0601	---
	(3.0220, 3.9074)	(-0.0683, -0.0519)	---
Nymph	2.7255	-0.1789	0.00182
	(2.2535, 3.1974)	(-0.2167, -0.1410)	(0.00130, 0.00235)
Adult	3.1391	-0.3925	0.0081
	(2.4911, 3.7872)	(-0.4871, -0.2979)	(0.00559, 0.0106)

\* Parameters followed by \* are significant in  $p < 0,05$ , † Values between parenthesis show a 95% confidence interval, both based on Wald (SAS 2008).

This type of response coincides with the results reported by Doker, *et al.*, (2016), Gotoh, *et al.*, (2004) and Song, *et al.*, (2016), who mentioned that *N. californicus* shows a Type II functional response over eggs and immature subjects of *Tetranychus urticae* and *Tetranychus kanzawai*. Similarly, Xiao and Fadamiro (2010) said that *N. californicus* showed a Type II functional response over nymphs of *Panonychus citri*. With regards to the attack rate coefficients ( $a'$ ) and the time of handling ( $Th$ ), an  $a'$  of 0.9192, 1.4429, 1.1179, 1.15 and a  $Th$  of 0.0521, 0.0244, 0.0638, 0.1152 were estimated for eggs, larvae, nymphs and adults respectively (Table 2). Ahn, *et al.*, (2010) reported a maximum number of *T. urticae* preys eaten by *N. californicus* adult females, accounting for 17.14, 15.14 and 11.81 eggs, larvae and nymphs respectively; with an  $a'$  of 0.0697, 0.0678, 0.0662 and a  $Th$  of 1.4002, 1.5855, 2.0331, for the same stages of development during 24 hours at 25°C. Xiao, *et al.*, (2013) reported a maximum number of 26.6 eggs eaten a day, with an  $a'$  of 0.49 and a  $Th$  of 1.7328 for the same prey.

Table 2. Specimens of *Oligonychus punicae* eaten by *Neoseiulus californicus* on avocado leaves and parameters of functional response type II.

Initial Density (No)	Eggs		Larvae		Nymphs		Adults	
	Na $\pm$ DS	Ho	Na $\pm$ DS	Ho	Na $\pm$ DS	Ho	Na $\pm$ DS	Ho
1	1 $\pm$ 0	0.9	1 $\pm$ 0	1.4	1 $\pm$ 0	1.1	1 $\pm$ 0	1.1
2	2 $\pm$ 0	1.8	2 $\pm$ 0	2.9	2 $\pm$ 0	2.2	2 $\pm$ 0	2.3
4	3.67 $\pm$ 0.62	3.6	4 $\pm$ 0	5.7	3.73 $\pm$ 0.59	4.4	3.40 $\pm$ 1.12	4.5
8	6.13 $\pm$ 1.55	7.2	7.80 $\pm$ 0.56	11.4	5.80 $\pm$ 1.65	8.7	4.20 $\pm$ 1.37	8.8
16	7.80 $\pm$ 2.01	14.3	14.46 $\pm$ 1.68	22.6	8.13 $\pm$ 3.27	17.1	5.40 $\pm$ 1.24	16.9
32	10.47 $\pm$ 2.97	27.6	24.93 $\pm$ 5.03	44.1	10.67 $\pm$ 2.99	32.7	7.40 $\pm$ 1.72	31.3
64	15.13 $\pm$ 3.27	52.2	26.93 $\pm$ 8.7	84.4	13.07 $\pm$ 3.26	60.1		
$a'$	0.9192		1.4429		1.1179		1.15	
$Th$	0.0521		0.0244		0.0638		0.1152	
$X^2$	0.342		1.479		0.035		1.901	

Na=attacked and observed preys; DS=Standard deviation; Ho= Expected Holling;  $a'$  =Rate of attack,  $Th$ =Time of handling;  $X^2$ =Chi-square test

In this research work we recorded an average consumption of *O. punicae* by *N. californicus* at a density of 64 offered preys of 15.13, 26.93, 13.07 eggs, larvae and nymphs respectively; as well as 7.40 adults at a density of 32 prey mites. Hereinabove results show that *N. californicus* tends to eat more larvae, followed by eggs, nymphs and lower numbers of female adults. In this sense, Sabelis (1985) and Xiao, *et al.*, (2013) mentioned that phytoseiid mites often prefer to feed on immature stages and eggs. On the other hand, Xiao and Fadamiro (2010) reported that *N. californicus* prefers nymphs over the eggs of *P. citri*; while Song, *et al.*, (2016) and Rezaie, *et al.*, (2017) expressed that *N. californicus* showed higher predation rate on *T. urticae* active stages than on the eggs. In this research work *N. californicus* ate lower numbers of *O. punicae* eggs than nymphs, but in fact ate all the offered stages of development, which is an additional attribute that turns this predator into a good tool for managing the pest.

### References Cited

- Ahn, J.J., Kim, K.W. and Lee J.H. 2010. Functional response of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on strawberry leaves. *Journal of Applied Entomology*. 134:98-104.  
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0418.2009.01440.x/abstract>
- Barbosa. M.F.C. and de Moraes, G.J. 2015. Evaluation of astigmatid mites as factitious food for rearing four predaceous phytoseiid mites (Acari: Astigmata; Phytoseiidae) *Biological Control* 9122–26 [https://ac.els-cdn.com/S1049964415300025/1-s2.0-S1049964415300025-main.pdf?\\_tid=270df07c-a214-11e7-b539-00000aab0f02&acdnat=1506359489\\_871f9f0c91c5490975924d90efe4c347](https://ac.els-cdn.com/S1049964415300025/1-s2.0-S1049964415300025-main.pdf?_tid=270df07c-a214-11e7-b539-00000aab0f02&acdnat=1506359489_871f9f0c91c5490975924d90efe4c347)
- Brodeur, J. and Cloutier, C. 1992. A modified leaf disk method for rearing predaceous mites (Acarina: Phytoseiidae)" *Phytoprotection*, 73:69-72.  
[http://www.sppq.qc.ca/pdf/phytoprotection\\_73\\_69.pdf](http://www.sppq.qc.ca/pdf/phytoprotection_73_69.pdf)
- Canlas, L.J., Amano, H., Ochiai, N. and Takeda, M. 2006. Biology and predation of the Japanese strain of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Systematic and*

- Applied Acarology. 11:141-157.  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?rep=rep1&type=pdf&doi=10.1.1.216.7035>
- Castagnoli, M. and Simoni, S. 1999. Effect of long-term feeding history on functional and numerical response of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*. 23:217-234.  
<https://link.springer.com/article/10.1023/A%3A1006066930638>
- Croft, B.A., Monetti, L.N. and Pratt, P.D. 1998. Comparative life histories and predation types: Are *Neoseiulus californicus* and *N. fallacis* (Acari: Phytoseiidae) similar type II selective predators of spider mites? *Environmental Entomology* 27: 531–538. <https://academic.oup.com/ee/article-abstract/27/3/531/2464452/Comparative-Life-Histories-and-Predation-Types-Are?redirectedFrom=fulltext>
- Croft, B.A., Blackwood, J.S. and McMurtry, J.A. 2004. Classifying life-style types of phytoseiid mites: diagnostic traits. *Experimental and Applied Acarology* 33: 247–260 <https://link.springer.com/article/10.1023/B%3AAPPA.0000038622.26584.82>
- Dreistadt, S.H. 2008. Integrated Pest Management for Avocados. Statewide Integrated Pest Management Program, University of California Agriculture and Natural Resources UCANR Publication Vol. 3503. 222: 98-99  
[https://books.google.com.mx/books/about/Integrated\\_Pest\\_Management\\_for\\_Avocados.html?id=snqTKD\\_tch8C&redir\\_esc=y](https://books.google.com.mx/books/about/Integrated_Pest_Management_for_Avocados.html?id=snqTKD_tch8C&redir_esc=y)
- Doker, I., Kazak, C. and Karut, K. 2016. Functional response and fecundity of a native *Neoseiulus californicus* population to *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) at extreme humidity conditions, *Systematic & Applied Acarology* 21(11): 1463–1472 <http://www.bioone.org/doi/pdf/10.11158/saa.21.11.3>
- Dorantes, L., Parada, L. and Ortiz, A. 2004. Avocado: Post-Harvest Operation. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO, Rome, Italy, 1-60  
<http://www.fao.org/3/a-au996e.pdf>
- Equihua, M.A., Estrada, V.E.G. and González, H.H. 2007. Plagas del Aguacate. Pp. 135-169 in: Téliz-Ortiz, D. y Mora-Aguilera J. A. (Eds). El aguacate y su manejo integrado, Editorial Mundi Prensa. México, D.F.

[https://books.google.com.mx/books/about/El\\_Aguacate\\_y\\_su\\_manejo\\_integrado.html?id=vmqmGQAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.mx/books/about/El_Aguacate_y_su_manejo_integrado.html?id=vmqmGQAACAAJ&redir_esc=y)

Gotoh, T., Nozawa, M. and Yamaguchi K. 2004. Prey consumption and functional response of three acarophagous species to eggs of the two-spotted spider mite in the laboratory. *Applied Entomology Zoology*. 39: 97–105

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/aez/39/1/39\\_1\\_97/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/aez/39/1/39_1_97/_pdf)

Gotoh. T., Tsuchiya, A. and Kitashima, Y. (2006) Influence of prey on developmental performance, reproduction and prey consumption of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental & Applied Acarology*, 40: 189–204.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10493-006-9032-3>

Holling, C.S. 1966. The functional response of invertebrate predators to prey density. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*. 98 (48): 1-86.

<https://www.cambridge.org/core/journals/memoirs-of-the-entomological-society-of-canada/article/functional-response-of-invertebrate-predators-to-prey-density/1/93597109DEB509626DD201D20207D287>

Juliano, S.A., 2001. Nonlinear curve fitting: Predation and functional response curves, pp. 178-196. *In* Scheiner, S.M. and J. Gurevitch (eds.) *Design and analysis of ecological experiments*. Oxford University Press. . 2nd Ed. N.Y.

<https://global.oup.com/academic/product/design-and-analysis-of-ecological-experiments-9780195131888?cc=mx&lang=en&>

Marafeli, P.P., Reis, P.R., da Silveira, E.C., de Toledo, M.A. and Souza-Pimentel, G.C. 2011. *Neoseiulus californicus* (Mcgregor, 1954) preying in different life stages of *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Acarologia*. 51:499-506.

[https://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/acarologia/export\\_pdf.php?id=2031&typefile=pdf](https://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/acarologia/export_pdf.php?id=2031&typefile=pdf)

McMurtry, J.A., De Moraes, G.J. and Sourassou, N.F. 2013 Revision of lifestyles of phytoseid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Systematic & Applied Acarology* 18(4): 297–320.

<http://www.bioone.org/doi/abs/10.11158/saa.18.4.1>

- Ochoa, R., Aguilar, H. and Vargas C. 1991. Ácaros fitófagos de América Central: guía ilustrada Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 251p.  
[https://books.google.com.mx/books/about/Acaros\\_fitofagos\\_de\\_America\\_Central.html?hl=es&id=AyUOAQAIAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.mx/books/about/Acaros_fitofagos_de_America_Central.html?hl=es&id=AyUOAQAIAAJ&redir_esc=y)
- Peña, J. and Wysoki, M., 2008. Plagas en Israel, México, Estados Unidos, Centroamérica y Perú. Plagas del palto en México, pp-303-304 In: R. Ripa & P. Larral (Eds) Manejo de Plagas en Paltos Y Cítricos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Ministerio de Agricultura. INIA, Chile.  
[https://books.google.com.mx/books/about/Manejo\\_de\\_plagas\\_en\\_paltos\\_y\\_c%C3%ADtricos.html?hl=es&id=QdvRtgAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.mx/books/about/Manejo_de_plagas_en_paltos_y_c%C3%ADtricos.html?hl=es&id=QdvRtgAACAAJ&redir_esc=y)
- Rezaie, M., Saboori, A. and Baniamerie V. 2017. The effect of strawberry cultivars on functional response and prey-stage preference of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), Journal of Entomology and Zoology Studies, 5(1): 27-35  
<http://www.entomoljournal.com/archives/2017/vol5issue1/PartA//4-5-136-272.pdf>
- Sabelis, M.W. Reproductive strategies: In: Helle, W. & Sabelis, M.W. (Eds.), Spider Mites, Their Biology, Natural Enemies and Controls. Elsevier. Amsterdam. 1985; 1A:265-278. <http://hdl.handle.net/11245/1.421412>
- Sazo, L., Araya, J.E. and Iturriaga, P. 2006. Efecto del tipo de polen sobre la supervivencia, fertilidad y viabilidad de los huevos de *Neoseiulus californicus* (Mc Gregor) (Acari: Phytoseiidae) en laboratorio. Boletín de Sanidad Vegetal Plagas. 32: 619-623  
[http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_Plagas%2FB SVP\\_32\\_04\\_2\\_619\\_623.pdf](http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Plagas%2FB SVP_32_04_2_619_623.pdf)
- Singh, D.M. 2016. Fundamentals of Applied Acarology. Department of Entomology Punjab. Agricultural University Ludhiana, Punjab, India. Springer Science Business Media Singapore 381-385  
<http://www.springer.com/gp/book/9789811015922>
- Song, Z., Zheng, Y., Zhang B. and LI D. 2016. Prey consumption and functional response of *Neoseiulus californicus* and *Neoseiulus longispinosus* (Acari:

- Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* and *Tetranychus kanzawai* (Acari: Tetranychidae) *Systematic & Applied Acarology* 21(7): 936–946  
<https://biotaxa.org/saa/article/view/saa.21.7.7>
- Soto, G.A. 2013. Manejo alternativo de ácaros plagas. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 30: 34–44. <http://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/1673/2064>
- Xiao, Y. and Fadamiro, H.Y. 2010. Functional responses and prey-stage preferences of three species of predacious mites (Acari: Phytoseiidae) on citrus red mite, *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). *Biological Control*. 53:345-352.  
[https://ac.els-cdn.com/S1049964410000563/1-s2.0-S1049964410000563-main.pdf?\\_tid=5f97f40a-a224-11e7-9173-00000aacb35d&acdnat=1506366456\\_756078a3d90881e951233e4d128583e2](https://ac.els-cdn.com/S1049964410000563/1-s2.0-S1049964410000563-main.pdf?_tid=5f97f40a-a224-11e7-9173-00000aacb35d&acdnat=1506366456_756078a3d90881e951233e4d128583e2)
- Xiao, Y.F., Osborne, L.S., Chen, J.J. and McKenzie, C.L. 2013. Functional responses and prey-stage preferences of a predatory gall midge and two predacious mites with two spotted spider mites, *Tetranychus urticae*, as host. *Journal of Insect Science* Vol 13 (8): 1-12 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23879370>
- Zhang Zhi-Qiang, 2003. *Mites of Greenhouses: Identification, Biology and Control*, CABI Publishing, Wallingford, UK, 244 pp.  
<http://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20033142338>

## CONCLUSIONES GENERALES

Los resultados de depredación obtenidos para los depredadores *Phytoseiulus persimilis* y *Neosiulus californicus* sobre *O. punicae* fue de tipo II para ambos depredadores, consumiendo preferentemente etapas móviles de la presa, por los que se pueden considerar como una herramienta adecuada en el manejo de esta plaga.

### Literatura citada

- Acosta D.E., Almeyda L.I.H. y Hernández T.I. 2013. Evaluación de Aguacates Criollos en Nuevo León, México: Región Norte. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.4 (4), 531-542
- Agrawal A. A. 1997. Do Leaf Domatia Mediate a Plant–mite Mutualism? An experimental test of the effects on predators and herbivores. *Ecological Entomology* 22, 371-376
- Alatawi F., Nechols J.R. y Margolies D.C. 2011. Spatial Distribution of Predators and Prey Affect Biological Control of Twospotted Spider Mites by *Phytoseiulus persimilis* in Greenhouses. *Biological Control* 56, 36-42
- Badii, M. H. y McMurtry J. A. 1990. Field Experiments of Predation: Dispersion, Regulation and Population Changes. *Publ. Biológicas, F.C.B. / U.A. N. L.* 4:43-48.
- Begon, M., Harper J.L. y Townsend C.R. 1996. *Ecology: Individuals, Populations, and Communities*. Blackwell, London.
- Bernal E.J.A., Díaz D.C.; Osorio T.C.; Tamayo V.Á. Osorio V.W.; *et al.*, 2014. Manual técnico Actualización Tecnológica y Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en el Cultivo de Aguacate. Medellín (Colombia): Corpoica, 410 p.
- Bernal E.J.A. y Díaz D.C.A. 2008. (Compiladores). *Tecnología para el Cultivo del Aguacate*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Centro de Investigación La Selva, Rio Negro, Antioquia, Colombia. Manual Técnico 5, 241 p
- Blair B.J. y Olsen K.N. 1990. Control of Two Avocado Mite Pests. *California Agriculture* 44 (2): 31-32.
- Bost J.B., Smith N.J.H. y Crane J.H. 2013. History, Distribution and Uses. *The Avocado Botany: En: Production and Uses*. 2nd Edition. (Eds): Schaffer B. Nigel W. B. And Whiley A. W. CAB International. P 605
- Casey C., Newman J.P., Robb K.L., Tjosvold S.A., MacDonald J.D. y Parrella M.P. 2007. IPM program successful in California greenhouse cut roses. *California Agriculture* 61(2), 71-78.
- Cedola C.V. 2004. Predación de *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) y *Feltiella insularis* Felt (Díptera: Cecidomyiidae) sobre *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), en Tomate. *Bol. San. Veg, Plagas*, 30: 163-169

- Cerdas A.M.D.M., Montero C.M. y Díaz C.E. 2006. Manual de Manejo Pre y Poscosecha de Aguacate (*Persea americana*) San José Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería Centro de Investigaciones Agronómicas Universidad de Costa Rica. P. 100
- Cerna, E., Badii, M. y Ochoa L. 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, 25(2): 133-140p.
- Coria A.V.M. 2009. Tecnología para la Producción de Aguacate en México, libro técnico No. 8, segunda edición. SAGARPA-INIFAP, Uruapan, Michoacán, México. 222 p.
- Daza V.M., Cantor R.F., Rodríguez C.D., Bustos R.A. y Cure H.J.R. 2010. Criterios Para la Producción de *Phytoseiulus persimilis* (Parasitiformes: Phytoseiidae) Bajo Condiciones de Invernadero. Acta Biol. Colomb., 15 (1): 37 – 46
- DeBach P. 1968. Control biológico de Insectos Plaga y Malas Hierbas. Compañía Editorial. Continental. México.
- Del Moral B. L E. y Murillo V. M. 2016. Producción y precio del aguacate en México, 2011-2016. II, Revista Paradigma Económico, Facultad de Economía. Universidad Autónoma del Estado de México. Vol. 8, No.1, 7p.
- Dhooria M. S. 2016. Fundamentals of Applied Acarology. Springer Science. Punjab Agricultural University, Ludhiana, Punjab, India. 470p
- Dreistadt, S.H. 2008. Integrated Pest Management for Avocados. Statewide Integrated Pest Management Program, University of California Agriculture and Natural Resources Publication 3503. 222 pp.
- Duso C., Malagnini V., Pozzebon A., Castagnoli M., Ligouri M. y Simoni S. 2008. Comparative toxicity of botanical and reduced-risk insecticides to Mediterranean populations of *Tetranychus urticae* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae), Biological Control 47, 16–21.
- Elkinton J. 2007. El Papel de la Ecología de Poblaciones y de los Modelos de Población en el Control Biológico. En: Control de Plagas y Malezas por Enemigos Naturales. (Eds.) Van Driesche R. G., Hoddle M. S., Center T. D. Department of Agriculture (USDA). 751p.
- Fernández A.V. y Corley, J.C. 2004. La respuesta funcional: una revisión y guía experimental. Ecología Austral 14:83-93

- Galindo T. M.E., Ogata A.N. y Arzate F.A.M. 2008. Some aspects of avocado (*Persea americana* Mill.) diversity and domestication in Mesoamerica. *Genet Resour Crop Evol* 55: 441–450
- Garbanzo, M. 2011. Buenas Prácticas de Cultivo Variedad Hass. 8-10. (M. d. Aguacate, Ed.) Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería Región Central Oriental ASA Frailes. P 92
- Gerson U., Smiley R.L. y Ochoa R. 2003. Mites (Acari) for Pest Control. Blackwell Science. 539p.
- Gupta S. K. 1985. Handbook; Plant Mites of India. Zoological Survey of India, Calcutta, 520p.
- Helle, W. y Sabelis, M. W. 1985. Spider mites: Their biology, natural enemies and control. *World Crop Pests Vol. 1A* Amsterdam: Elsevier
- Hernandez, H.G., Johansen, R., Gazca, L., Equihua, A., Salinas, A., Estrada, E., Duran, F. y Yalle, A. 2000. Plagas del aguacate. In: Teliz, D. (ed.) *El Aguacate y su Manejo Integrado*. Ediciones Mundi-Prensa, México City, México, pp. 117–136.
- Holling, C.S. 1959. Some Characteristics of Simple Types of Predation and Parasitism. *Can. Ent.* 91: 386-398.
- Holling, C.S. 1961. Principles of Insect Predation *Ann. Rev. Entomol.* 6:163-182.
- Hoy A.M. 2011. *Agricultural Acarology Introduction to Integrated Mite Management*. CRC Press. University of Florida Gainesville, USA. 410.
- Irigaray F.J.S.C., Zalom F.G. y Thompson P.B. 2007. Residual Toxicity of Acaricides to *Galendromus occidentalis* and *Phytoseiulus persimilis* Reproductive Potential, *Biological Control* 40, 153–159.
- Jeppson, L. R., Keifer, H. H. y Baker, E.W. 1975. *Mites Injurious to Economic Plants*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California. 615p.
- Kavousi A. y Talebi K. 2003. Side-effects of Three Pesticides on the Predatory Mite, *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae), *Experimental Applied Acarology* 31: 51-58
- Krantz, G.W. y Walter D.E. 2009. *A manual of Acarology*. 3<sup>rd</sup> ed. Lubbock, Tex. Texas Tech University Press, 807 p.
- Lemus S.B.A. y Pérez A.D.P. 2016. Control químico del ácaro café del aguacate *Oligonychus punicae* (Hirst, 1926) (Acari: Tetranychidae). *Entomología mexicana*, 3: 349–353
- Lemus, S. B. A. 2017. Manejo Integrado de Ácaros en Aguacate. Serie Frutales Núm. 30. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.
- Leonel L. E. 2013. *Manual Técnico del Cultivo de Aguacate en Honduras (Persea americana Mill)* SAG, PRONAGRO, IICA, USDA. Honduras. 58p.

- Lester P.J. y Harmsen R. 2002. Functional and Numerical Responses do not Always Indicate the Most Effective Predator for Biological Control: an Analysis of Two Predators in a two-prey System. *Journal Applied Ecology*. 39, 455–468.
- Maldonado Z.F.I., Ramírez D.J.F., Rubi A. M., Xanat Antonio N. y Lara D.A.V. 2016. Distribución Espacial de Trips en Aguacate en Coatepec Harinas, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol.7 Núm.4. p. 845-856
- Moraes G.J. y Flechtmann, C.H.W. 2008. *Manual de Acarologia: Acarologia Básica e Ácaros de Plantas Cultivadas no Brasil*. Ribeirão Preto: Holos. 308 p.
- McMurtry J. A. y Croft B. A. 1997. Life-Styles of Phytoseiid Mites and Their Roles in Biological Control. *Annu. Rev. Entomol.* 42: 291–321
- McMurtry J.A. 1982. The use of phytoseiids for biological control: Progress and future prospects. In M.A. Hoy, (Eds.). *Recent advances in knowledge of the Phytoseiidae*. Agricultural Sciences Publications. University of California, Berkeley, CA. 92pp.
- McMurtry J.A. y Croft B.A. 1997. Life-Styles of Phytoseiid Mites and Their Roles in Biological Control. *Ann Rev Entomol.* 42: 291-321.
- Messelink G.J., van Maanen R., van Steenpaal S.E.F. y Janssen A. 2008. Biological control of thrips and whiteflies by a shared predator: Two pests are better than one. *Biological Control*. 44:372-379.
- McMurtry J.A., Huffaker C.B. y van de Vrie M. 1970. Ecology of Tetranychid Mites and Their Natural Enemies: A review. I. Tetranychid enemies: Their biological characters and the impact of spray practices. *Hilgardia* 40(11):331–390.
- Migeon A. y Dorkeld F. (2006) Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae. En línea: <http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb>
- Montserrat M., de la Peña F., Hormaza J. I. y González-Fernández J. J. 2008. How do *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) females penetrate densely webbed spider mite nests? *Exp. Appl. Acarol.* 44,101-106
- Morales-Galván O, Bravo M.H., López C. J., González H.H. y Villegas M. A. 2003. Desarrollo y Validación de un Plan de Muestreo para *Oligonychus punicae* y *O. Perseae* (Acari: Tetranychidae) en Aguacate Cv. Hass. V Congreso Mundial del Aguacate. pp. 509-514.
- Moraes G.J. y Flechtmann, C.H.W., 2008. *Manual de Acarologia: Acarologia Básica e Ácaros de Plantas Cultivadas no Brasil*. Ribeirão Preto: Holos. 308 p.

- Newett S., Crane, J.H. y Balerdi, C.F. 2007. Cultivares y porta injertos. En: Whiley A.W., Schaffer B, Wolstenholme B.N. (Eds.). El Palto. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile. 155-175.
- Nicholls E.C.I. 2008. Control Biológico de Insectos: un Enfoque Agroecológico. Universidad de Antioquia, Medellín. Colombia, 278p.
- Ochoa R., Aguilar H. y Vargas C. 1991. Ácaros Fitófagos de América Central: Guía Ilustrada. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 251p.
- Palevsky, E., Walzer A., Gal S. y Schausberger P. 2008. Evaluation of dry-adapted strains of the predatory mite *Neoseiulus californicus* for spider mite control on cucumber, strawberry and pepper. *Experimental and Applied Acarology*, 45:15-27.
- Peña J.E., Hoddle M.S., Aluja M., Palevsky E., Ripa R. y Wysoki M. 2013. Insect and Mite Pests. En: Production and Uses. 2nd Edition. (Ed) Schaffer B. Nigel W. B. And Whiley A. W. CAB International. P 605
- Peña J. y Wysoki, M. 2008. Plagas en Israel, México, Estados Unidos, Centroamérica y Perú. Plagas del palto en México, pp-303-304 In: R. Ripa & P. Larral (Eds) Manejo de Plagas en Paltos Y Cítricos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Ministerio de Agricultura. INIA, Chile.
- Rhodes E.M. y Liburd O.E. 2005. Predatory Mite, *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Arachnida: Acari: Phytoseiidae) UF/IFAS Extension, Gainesville. University of Florida, Entomology & Nematology. 4 p.
- Ridgway R.L. y Vinson S.B. 1977. Biological Control by Augmentation of Natural Enemies. Insect and Mite Control with Parasites and Predators. International Congress of Entomology, 15th, Washington, D. C. 480p
- Sabelis M.W., Janssen A, Lesna I, Aratchige N.S., Nomikou M, *et al.* 2008. Developments in the use of Predatory Mites for Biological Pest Control. *IOBC/WPRS Bull.* 32:187-199.
- Sabelis, M.W. y Bakker, F.M. 1992. How Predatory Mites cope with the Web of Their Tetranychid Prey: A functional View on Dorsal Chaetotaxy in the Phytoseiidae. *Experimental & Applied Acarology.* 16, 203–225.
- Sances F.V., Toscano N.C., Hoffmann M.P., LaPre L.F., Johnson M.W. y Blair B. J. 1982. Radioactive measurement of brown mite injury on avocados. *California Agriculture.* 36(6): 22-23.

- Schaffer B., Nigel W.B. y Whiley A.W. 2013. The Avocado Botany, Production and Uses 2nd Edition. CAB International, USA, 560p.
- SENASICA, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2017. México: Primer productor mundial de aguacate. Blog SENASICA. Citado en noviembre de 2017. Disponible en: <https://www.gob.mx/senasica/articulos/mexico-primer-productor-mundial-de-aguacate?idiom=es>
- SFA, Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios de la SAGARPA. 2011. Monografía del Aguacate. 12p.
- Shimoda, T., Kishimoto, H., Takabayashi, J., Amano, H. y Dicke, M. 2009. Comparison of thread-cutting behavior in three specialist predatory mites to cope with complex webs of *Tetranychus* spider mites. *Experimental & Applied Acarology*, 47, 111–120.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Acciones y Programas, Cierre de la producción agrícola 2016. Citado en noviembre de 2017: disponible en línea: [http://nube.siap.gob.mx/cierre\\_agricola/](http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/)
- Solomon, M. E. 1949. The Natural Control of Animal Populations. *Journal of animal ecology*. 18: 1-35.
- Soto, G. A. 2013. Manejo Alternativo de Ácaros Plagas. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 30: 34–44.
- Strodl, M. A. y Schausberger, P. 2012. Social familiarity modulates group living and foraging behaviour of juvenile predatory mites. *Naturwissenschaften*, 99, 303–311.
- Takano-Lee M. y Hoddle M. 2002 Predatory behaviors of *Neoseiulus californicus* and *Galendromus helveolus* (Acari: Phytoseiidae) attacking *Oligonychus perseae* (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology* 26, 13-26
- Torres P.V.H. 2009. La competitividad del Aguacate Mexicano en el Mercado Estadounidense. *Revista de Geografía Agrícola* núm. 43 / 61. 20p
- Tuttle D. M., Baker E. W. y Abbatiello M.J. 1976. Spider mites of México (Acari: Tetranychidae). *International Journal of Acarology* 2(2): 1-102.
- Vacante V. 2016. The Handbook of Mites of Economic Plants: Identification, Bio-Ecology and Control. CAB International. 865p.
- Van Driesche R. G., Hoddle M. S. y Center T. D. 2007. Control de Plagas y Malezas por Enemigos Naturales. United States Department of Agriculture (USDA) 751p.

- Waite G.K. y Martinez B. R. 2002. Insect and Mite Pests, En: Whiley A.W., Schaffer B. Eds. The Avocado Botany, Production and Uses 416p.
- Weintraub P. y Palevsky E. 2008. Evaluation of the predatory mite, *Neoseiulus californicus*, for spider mite control on greenhouse sweet pepper under hot arid Weld conditions. *Experimental and Applied Acarology*, 45:29–37
- Whiley A.W., Schaffer B. y Wolstenholme B. 2007. El Palto. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 364 p.
- Wysocki M., van den Berg M.A., Ish-Am G., Gazit S., Peña J.E. y Waite G.K. 2002. Pests and Pollinators of Avocado. In: Tropical Fruit Pests and Pollinators. Biology, Economic Importance, Natural Enemies and Control. (Eds.) Peña J.E., Sharp J.L., Wysocki M. CABI Publishing. 430 p.
- Yorulmaz S. S., Aydınlı F. y Ay R. 2014. Etoxazole Resistance in Predatory Mite *Phytoseiulus persimilis* A.-H. (Acari: Phytoseiidae): Cross-resistance, Inheritance and Biochemical Resistance Mechanisms. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 122, 96–102
- Zhang Z. Q. 2003. Mites of Greenhouses Identification, Biology and Control. CABI Publishing. 244p.