

**COMPORTAMIENTO BIOLÓGICO DE *Phytoseiulus persimilis* Y
Tetranychus urticae EN UN AMBIENTE CON ABAMECTINA EN
ROSAL**

JOSÉ IRVING MONJARÁS BARRERA

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN
PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**



**SALTILLO, COAHUILA
JUNIO DE 2015**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**

“COMPORTAMIENTO BIOLÓGICO DE *Phytoseiulus persimilis* Y *Tetranychus urticae* EN UN AMBIENTE CON ABAMECTINA EN ROSAL”

T E S I S

JOSÉ IRVING MONJARÁS BARRERA

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y Aprobada como requisito parcial para optar al grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA**

COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal:



Dr. Jerónimo Landeros Flores

Asesor:



Dr. Ernesto Cerna Chávez

Asesor:




Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe

Asesor:



Dra. Yisa María Ochoa Fuentes



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Subdirector de Postgrado

Saltillo, Coahuila, México, Junio, 2015

AGRADECIMIENTOS

Al **CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**, por el apoyo brindado, parte esencial para la realización de este postgrado.

A la **UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**, por formar parte de este nuevo proyecto en mi vida y darme la oportunidad de seguir adelante en la vida.

A mi **DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGIA AGRICOLA**, y en especial a todos mis maestros, que con su esfuerzo, dedicación y consejos, me brindaron parte de sus conocimientos.

Al Dr. **JERONIMO LANDEROS FLORES**, por confiar en mi persona, los consejos y que gracias a él conocí mi vocación profesional en el mundo de la Acarología.

Al Dr. **ERNESTO CERNA CHÁVEZ** por los regaños, los consejos y la confianza para realizar de esta estancia un mejor lugar de trabajo.

A **María Guadalupe Santiago Tamayo**, por su apoyo, cariño y paciencia.

A todos mis **amigos y amigas**, por compartir momentos especiales, y hacer más amena la estancia en esta institución. Y no menos importante todos aquellos que colaboraron con su ayuda para poder terminar mi proyecto de investigación.

Por todo esto, muchas gracias

José Irving

DEDICATORIA
ESTA TESIS ESTA DEDICADA CON TODO MI AMOR, MI CARIÑO Y MI
RESPECTO

A mis padres

Patricia Guadalupe Barrera Arguello†

Jorge Monjarás López

Por todo el apoyo incondicional que me han brindado hasta el momento y por lo que falta, sin pedir nada a cambio, a mi madre que, aunque no esté físicamente conmigo, la llevo siempre en mi mente y corazón, dejando me todos esos momentos bellos a su lado, por apoyarme en la toma de mis decisiones y ocasiones que por más difícil que fueran no me has dejado solo, por ser un ejemplo de amor puro. A mi padre, por ser el sostén de esta familia en la que he tenido la dicha de haber nacido y que gracias a un consejo tuyo empezó esta travesía que aún le falta mucho por continuar.

Gracias por haber sembrado en mi la semilla de la responsabilidad, de la tenacidad, del amor por las cosas y por la vida.

GRACIAS

A mis Hermana por apoyarme en los momentos difíciles de mi vida

A mi tía Ma. del Transito Monjarás y a mi abuela Ma. Romelia López Trujillo por seguir las palabras de mi madre y ser como ella para mí.

A mi familia

Por los apoyos incondicionales de toda la vida, siempre dispuestos a ayudarme en lo que sea necesario.

A TODOS MUCHAS GRACIAS...

COMPENDIO

COMPORTAMIENTO BIOLÓGICO DE *Phytoseiulus persimilis* Y
Tetranychus urticae EN UN AMBIENTE CON ABAMECTICA EN ROSAL

POR
JOSE IRVING MONJARÁS BARRERA

MAESTRIA EN CIENCIAS EN
PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
CALZADA ANTONIO NARRO
No, 1923, BUENA VISTA, SALTILLO, COAHUILA
JUNIO DE 2015

Dr. Jerónimo Landeros Flores - Asesor principal-

ABSTRACT

**BIOLOGICAL BEHAVIOR *Phytoseiulus persimilis* AND *Tetranychus urticae*
AT AMBIENT WITH ABAMECTICA IN ROSE**

BY

JOSÉ IRVING MONJARÁS BARREA

**MASTER OF SCIENCES
AGRICULTURAL PARASITOLOGY**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
CALZADA ANTONIO NARRO
No, 1923, BUENA VISTA, SALTILLO, COAHUILA
JUNE 2015**

Dr. Jerónimo Landeros Flores - Adviser-

ÍNDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CUADROS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	4
HIPOTESIS.....	5
REVISION DE LITERATURA.....	6
El cultivo de la rosa en México.....	6
Problemas Fitosanitarios.....	7
Arañita Roja (<i>Tetranychus urticae</i>).....	7
Morfología.....	7
Huevo.....	7
Larva.....	8
Ninfa.....	8
Adulto.....	9
Clasificación Taxonómica.....	9
Control Químico.....	10
Control Biológico.....	10
<i>Phytoseiulus persimilis</i>	12
Morfología.....	12
Huevos.....	12
Larva, Protoninfa y Deuteroninfa.....	13
Adulto.....	13
Clasificación Taxonómica.....	14
Control Biológico de <i>T. urticae</i> mediante el uso de <i>Phytoseiulus persimilis</i>	14
Comportamiento Alimenticio.....	15
Tipos de Respuesta funcional.....	16
Modelo de Holling.....	19
Factores externos implicados en la respuesta funcional.....	20
Efectos de la Temperatura.....	20
Efectos de plaguicidas.....	21
MATERIALES Y METODOS.....	22
Ubicación del experimento.....	22
Material biológico.....	22
Obtención de las poblaciones.....	23
Evaluación del acaricida.....	24
Evaluación de la respuesta funcional.....	24
Evaluación de resultados.....	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
CONCLUSION.....	33
ANEXO.....	34
LITERATURA CITADA.....	35

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Numero de arañas rojas consumidas por los diferentes estadios de <i>Phytoseiulus persimilis</i> y <i>Amblyseius californicus</i> (con <i>Tetranychus urticae</i> como presa a 50% de HR y 26°C de Temperatura).....	5
2	Consumo de <i>Phytoseiulus persimilis</i> a diferentes densidades de presas de <i>Tetranychus urticae</i> (Na) y la proporción de consumidas (No); determinado el promedio por concentración (μ), el tiempo de manipulación (Th) y tiempo de búsqueda (a') de acuerdo al modelo de Holling.....	27
3	Cuadro 3. Consumo de hembras adultas <i>Tetranychus urticae</i> por hembras adultas de <i>Phytoseiulus persimilis</i> a diferentes densidades de presa.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Tipos de respuesta funcional según su relación entre densidad de presas consumidas (N_e) y número de presas ofrecidas (N).....	18
2	Cilindro de Fournier <i>et al.</i> , (1985) y plantas de <i>P. vulgaris</i> infestadas con <i>T. urticae</i> en el cual se mantuvieron las colonias de <i>Phytoseiulus persimilis</i> para los bioensayos.....	23
3	Bioensayo No. 4 del IRAC con ligeras modificaciones; utilizando discos de rosal de 1 cm de diámetro (a); vista del depredador alimentándose de su presa para cada bioensayo (b).....	24
4	Respuesta funcional de hembras adultas de <i>Phytoseiulus persimilis</i> sobre hembras adultas de <i>Tetranychus urticae</i> a la exposición de dosis subletales de Abamectina comparada contra el testigo por el modelo de Holling.....	29
5	Tiempo de búsqueda y manipulación de <i>Phytoseiulus persimilis</i> sobre <i>Tetranychus urticae</i> a las 24 h de exposición a Abamectina.....	31

INTRODUCCIÓN

Tetranychus urticae puede colonizar a más de 600 especies de plantas desde su emergencia hasta su fase de reproducción, atacando también flores y frutos (Badii *et al.*, 2004). Siendo uno de los más importantes en regiones templadas y tropicales (Skirvin y Williams, 1999).

El control químico es el principal método de combate contra *T. urticae*; sin embargo, por el uso excesivo de acaricidas se han observado problemas asociados a resistencia por lo que es necesario el uso de controles sustentables. El control biológico es una alternativa al control químico, diversas especies de enemigos naturales han sido publicadas como depredadores de arañas rojas. Estudios continuos se han realizado en diferentes países para validar la eficiencia para controlar esta plaga y evitar el uso excesivo de acaricidas (Opito *et al.*, 2005).

Los ácaros depredadores de la familia Phytoseiidae han recibido gran importancia debido a su potencial como agentes de control de poblaciones de ácaros fitófagos (Helle y Sabelis, 1985; McMurtry y Croft, 1997; Moraes, 2002). Dentro de esta familia, destacan los integrantes del género *Phytoseiulus* que tienen como alimento básico ácaros fitófagos de la familia Tetranychidae

(MacMurtry y Croft, 1997). Este género posee nueve especies conocidas mundialmente con eficacia como depredadores (Moraes *et al.*, 2004). *Phytoseiulus persimilis* Athias-Heriot es el ácaro más estudiado para la aplicación de programas de control biológico en varios países (Moraes, 2002).

La capacidad de los depredadores para buscar y matar a sus presas juega un papel fundamental en la interacción de las cadenas tróficas. El depredador *Phytoseiulus persimilis* ha sido estudiado ampliamente con respecto a su potencial para el control biológico de *Tetranychus urticae* en la producción de vegetales y ornamentales bajo invernadero (MacMurtry, 1982; Hussey and Scopes, 1985; vanLenteren and Woets, 1988; Kostianen and Hoy, 1996). Este ácaro depredador es muy selectivo; sin embargo su desarrollo y reproducción depende de la disponibilidad de la presa (Helle y Sabelis, 1985).

Phytoseiulus persimilis ha sido utilizado en programas de manejo integrado de plagas como alternativa en conjunto con el uso de acaricidas para el manejo de *T. urticae*. La implementación de esta estrategia de manejo debe considerar criterios de liberación basados en los niveles de población de *T. urticae* para la implementación de *P. persimilis*, el cual permita reducir la aplicación de acaricidas (Casey *et al.*, 2007). Cote *et al.*, (2012) mencionan la compatibilidad de varios productos con la liberación de *P. persimilis* para el control de *T. urticae* con: Abamectina, Gowan 1725, Hexitiazox, Aceite de Neem, Piridaben, y residuos de Spionosyn los cuales no demostraron mortalidad en el depredador; sin embargo, afectaron parámetros poblacionales. Otros

trabajos han demostrado la compatibilidad del control químico con el biológico de Tetranychidos con Phytoseidos logrando controles eficientes de la plaga (Argolo, 2010).

Para determinar el éxito del depredador sobre la presa es necesario incorporar modelos que puedan dar a entender la dinámica de la población. Uno de los componentes más importantes de los modelos es la densidad de presas que es determinada por la respuesta funcional; es decir, la capacidad de los depredadores para ajustar la tasa de alimentación a los cambios en las densidades de la presa (Salomón, 1949). Los modelos de Holling (1959) predicen la tasa de depredación en función de la densidad de la presa.

OBJETIVO

Determinar la respuesta funcional del *P. persimilis* sobre *T. urticae* bajo la exposición a dosis subletales de Abamectina

HIPÓTESIS

La aplicación de dosis subletales de Abamectina sobre *P. persimilis*, no afecta al comportamiento en la respuesta funcional del depredador sobre su presa.

REVISIÓN DE LITERATURA

El cultivo de la Rosa en México

Los cultivos ornamentales tienen gran importancia en el sector agrícola mexicano, debido al alto valor y la enorme variedad de flores de corte, follaje, plantas y árboles que son comercializados a nivel nacional e internacional. En 2012, éste grupo alcanzó una superficie sembrada de más de 20 mil hectáreas. El valor promedio por hectárea sembrada fue de cerca de 300 mil pesos (SIAP-SAGARPA, 2013).

En el 2012 México dentro de su gran variedad de flores y plantas ornamentales que se producen, destacan por su valor de producción: las rosas (1,480 mdp), crisantemos (1,079 mdp), gladiolas (824 mdp) y noche buena (431 mdp) (SIAP-SAGARPA, 2013).

EL cultivo de rosa en México ocupa una superficie de más de 1500 ha con una producción total de 132,059.32 ton/ha y un valor total de producción de 1,510 mdp (SIAP-SAGARPA, 2014).

Problemas Fitosanitarios

Araña Roja (*Tetranychus urticae*)

Este ácaro suele ser de color verde a rojo con dos manchas oscuras en el dorso. En el caso del rosal *T. urticae* infesta principalmente las hojas produciendo pequeños puntos cloróticos en el haz y cubre algunas áreas del envés con una red telarañosa fina de color blanco sucio. Cuando la infestación es fuerte no solo suelen verse ácaros en las hojas sino hasta en las flores, provocando defoliación y flores de baja calidad (Reséndiz, 1992). Puede colonizar a más de 600 especies de plantas desde su emergencia hasta su fase de reproducción, atacando también flores y frutos. (Badii *et al.*, 2004). Siendo uno de los más importantes en regiones templadas y tropicales (Skirvin y Williams, 1999).

Morfología

Huevo

Los huevos de *T. urticae* miden en promedio entre 110 y 150 μm . Son de color traslúcidos a opaco blanquecinos y cambian a color pardo conforme se va desarrollando el embrión. La superficie del corión es lisa con leves irregularidades. En la última etapa del desarrollo embrionario se presenta un cono respiratorio que se proyecta sobre la superficie del huevecillo. El tiempo de

incubación a 24°C es de tres días, mientras que a 11°C tarda 21 días para su eclosión (Crooker, 1985).

Larva

Las larvas son redondas y poseen tres pares de patas. Al emerger del huevo son blancas y únicamente se les notan las manchas oculares de color carmín. Conforme pasa el tiempo se torna de color verde claro y las manchas dorsales de color gris se empiezan a volver aparentes. Los peritremas tienen forma de bastón y están en posición dorsal al final de las setas propodosomales anteriores (Jeppson *et al.*, 1975).

Ninfa

Las protoninfas son ovaladas y poseen cuatro pares de patas. Son de color verde claro con manchas dorsales bien definidas y peritremas en forma de hoz. La deutoninfa es muy similar a la protoninfa de tal forma que resulta difícil diferenciarlas. Es ligeramente más oscura, de mayor tamaño y ya en esta etapa de desarrollo se les puede reconocer su sexo. Los peritremas son en forma de V. El primer tarso tiene cuatro setas táctiles próximas a la seta dúplex, en tanto que la primer tibia tiene nueve setas táctiles y una sensorial. El integumento es rugoso con lóbulos semi-oblongos en el filo de las arrugas (Jeppson *et al.*, 1975).

Adulto

El macho adulto es de coloración más pálida y es más pequeño que la hembra. Posee un abdomen puntiagudo y el mismo número de setas. Las manchas dorsales son casi imperceptibles y de color gris. El primer tarso presenta cuatro pares de setas táctiles y dos sensoriales próximas a las dúplex proximales. La primer tibia presenta nueve setas táctiles y cuatro sensoriales. Por su parte la hembra es oblonga, más grande y de color verde olivo (Jeppson *et al.*, 1975).

Clasificación Taxonómica

Krantz (1970) agrupa al acaro *Tetranychus urticae* en los siguientes taxa:

Phyllum Arthropoda

Subphyllum Chelicerata

Clase Acari

Orden Acariformes

Suborden Prostigmata

Superfamilia Tetranychoidae

Familia Tetranychidae

Subfamilia Tetranychinae

Tribu Tetranychini

Género *Tetranychus*

Especie *urticae*

Control Químico

El control químico es el principal método de combate contra *T. urticae*; Velasco y Pacheco (1968) mencionan que el primer compuesto químico utilizado en invernadero para el control este ácaro fue la naftalina y posteriormente se utilizó el azufre. Jeppson *et al.*, (1975) menciona que en la década de los 20`s fueron ampliamente utilizados los aceites de petróleo en frutales deciduos y cítricos. A partir de los años 30`s se desarrollaron los primeros acaricidas orgánicos como los Dinitrofenoles; que sin embargo, presentaron problemas de fitotóxicidad en las plantas (Jeppson *et al.*, 1975). Los mismos investigadores reportan una lista de 24 acaricidas utilizados entre 1945 y 1969. En la actualidad, para el control de la arañita roja se utilizan una gran cantidad de acaricidas incrementando los costos de producción, el riesgo ambiental y daños a la salud. Estos efectos negativos de los acaricidas son consecuencia de un mal manejo (Villegas-Elizalde *et al.*, 2010). Los acaricidas más utilizados para el control esta especie en rosal son la abamectina (Takematsu *et al.*, 1994; Sato *et al.*, 2005), bifentrina (Van Leewen y Tirry, 2007), tebufenpirad, fenperoximato, piridaben y fenazaquin (Van Pottelberge *et al.*, 2009) utilizados como único método de control, sin considerar que el uso constante de estos productos generan poblaciones resistentes (García, 2005).

Control Biológico

Según De Bach (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. El mismo autor opina que el control biológico aplicado se desarrolla en contra de 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 plaga es el empleo de los enemigos naturales de ésta.

El ácaro depredador *P. persimilis*, es el enemigo natural más importante para controlar a *T. urticae* y ha sido introducido en muchos cultivos de todo el mundo. Este acaro depredador fue el primer agente de control biológico empleado en invernaderos y actualmente aún sigue siendo muy eficaz. Sin embargo, bajo condiciones secas y cálidas, tiene dificultad para mantener a las colonias de araña roja bajo control. En tales condiciones, puede emplearse el ácaro *Amblyseius californicus*, ya que es más tolerante a temperaturas más altas, humedades relativas más bajas y a plaguicidas que *P. persimilis* (Malais y Ravensbrg, 2006).

Feltella acarisuga es un mosquito Cecydomido que a menudo se establece de modo natural y que también puede introducirse artificialmente en invernaderos para controlar grandes poblaciones y concentradas de araña roja (Malais y Ravensbrg, 2006).

La Catarina *Stethorus punctillum*, es otra especie que aparece espontáneamente, puede ser empleada en los invernaderos para combatir a la araña roja. Sin embargo, la chinche depredadora *Macrolophus caliginus*, los depredadores de trips *A. cucumeris* y *A. degeneras* y diferentes especies de crisopas, también aparecen de modo natural en los invernaderos, siendo capaces de controlar a la arañita roja en mayor o menor grado dependiendo de la densidad del depredador y condiciones del invernadero (Malais y Ravensbrg, 2006).

Phytoseiulus persimilis

Morfología

Los estadios de desarrollo de *P. persimilis* son los mismos que el de la arañita roja: huevo, larva, primer estadio ninfal (protoninfa), segundo estadio ninfal (deutoniha) y adulto. A diferencia de *T. urticae*, entre el estadios de larva y los dos estadios de ninfa no pasa por un periodo de reposo (Malais y Ravensberg, 2006).

Huevo

Los huevos, que son ovaes, son depositados cerca de una fuente de alimento. Cuando están recién puestos son de color rosa pálido transparente, haciéndose más oscuros según se van desarrollando. Por lo tanto, difieren de los huevecillos de arañita roja en color y forma; y son, además, aproximadamente dos veces más grandes (Malais y Ravensberg, 2006).

Larva, Protoninfa y Deutoninfa

La larva es hexápoda, no se alimenta y permanece en inactividad a no ser que se le moleste. Una vez que la larva ha mudado al primer estadio ninfal (protoninfa), empieza a alimentarse inmediatamente, empezando a buscar comida, por lo que se alimenta y continúa buscando, con periodos intermitentes de inactividad. La deutoninfa come en todo su tiempo de vida y más tarde muda, y da lugar al adulto (Malais y Ravensberg, 2006).

Adulto

Los ácaros adultos emergen tras el segundo estadio ninfal y es de color rojo claro con patas largas. El adulto es muy activo, sobre todo a temperaturas altas. Las hembras tienen un longitud aproximada de 0.6 mm, y aunque los machos son ligeramente más pequeños, planos y alargados, es muy difícil diferenciarlos de las hembras (Malais y Ravensberg, 2006).

Clasificación Taxonómica

Ubicación taxonómica según Athias-Henriot (Krantz, 1978).

Phyllum Arthropoda

Subphyllum Chelicerata

Clase Acarida

Orden Parasitiformes

Suborden Gamasida

Superfamilia Phytoseioidea

Familia Phytoseiidae

Género *Phytoseiulus*

Especie *persimilis*

Control biológico de *Tetranychus urticae* mediante el uso de *Phytoseiulus persimilis*

El ácaro depredador *Phytoseiulus persimilis* pertenece a la clase Acarida, orden Parasitiformes a la familia Phytoseiidae. Todas las especies de esta familia son depredadoras de arañas rojas (Tetranychidae) u otros ácaros e insectos pequeños que habitan sobre las plantas.

En 1958, este ácaro depredador fue importado accidentalmente en Alemania sobre orquídeas procedentes de Chile. Una vez que fue descubierto

por un investigador, fue distribuido a distintas instituciones científicas en todo el mundo. *P. persimilis* se emplea actualmente en una gran diversidad de cultivos diferentes bajo invernadero y cielo abierto (Hussey y Scopes 1985; Zemek y Nachman, 1998; Mesa 2000; Rodríguez et al. 2003; Zhang 2003).

Comportamiento Alimenticio

Un ácaro depredador se alimentara de todos los estadios de la araña roja. Las larvas no comen, pero las ninfas pueden alimentarse de huevos, larvas, protoninfas de araña roja. La cantidad consumida dependerá de las poblaciones del depredador y la presa, la edad del depredador, temperatura y humedad relativa. En general, si la temperatura aumenta, el consumo de presa también lo hace. Sin embargo, *P. persimilis* es sensible a temperaturas superiores por encima de 30°C, y deja de alimentarse a temperaturas superiores a 35°C. La temperatura óptima para el control y alimentación de este acaro varía entre los 15 y 25°C; con 20°C aproximadamente y un suministro abundante de presas, un acaro depredador adulto comerá aproximadamente 5 ácaros adultos o 20 larvas o huevos al día. Debido a que la tasa de desarrollo del ácaro depredador es dos veces más alta que el de la presa, el número de ácaros depredadores aumentara rápidamente y reducirá en poco tiempo la población de arañitas rojas (Mesa, 2000; Helle y Sabelis, 1985; Urigeron, and Smiley, 1990).

Las hembras de *P. persimilis* son por lo general más eficientes en el control de arañas rojas que los machos. Estas destinan la mayor parte de

recursos a la producción de huevos, y en menor medida, al mantenimiento del metabolismo. Una hembra adulta puede ovipositar cinco huevos al día, lo que equivale al peso total del propio ácaro. En el Cuadro 1 se presenta el consumo total de arañas rojas por la depredación de *P. persimilis* comparado con *Amblyseius californicus*, en sus diferentes estadios.

Cuadro 1. Numero de arañas rojas consumidas por los diferentes estadios de *P. persimilis* y *A. californicus* (Gilstrap & Friese, 1985)

Estadio	<i>A. californicus</i>	<i>P. persimilis</i>
Larva	1.1	0.0
Protoninfa	4.7	6.1
Deutoninfa	5.6	7.3
Adulto ♀	156.2	503.1

Tipos de Respuesta Funcional

Uno de los aspectos más importantes para un consumidor es la densidad de su alimento ya que por regla general, se espera que a mayor densidad del alimento, más presas toma el consumidor. La relación entre la tasa de consumo de un individuo y la densidad del alimento recibe el nombre de respuesta funcional del consumidor (Solomon, 1949), donde la máxima cantidad de presas muertas está determinada por el efecto combinado del tiempo de manipulación y la saciedad (Holling, 1959).

El mismo investigador reporta (Holling, 1961) 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 (1961) las clasifica en tres tipos: La respuesta funcional de tipo I en la cual el depredador consume sus presas en un principio en forma uniforme en relación al tiempo y llega un momento en que se estabiliza es decir ya no aumenta su consumo. Un ejemplo de lo anterior está representado en la Figura 1. A. En la respuesta funcional de tipo II en la que la tasa de consumo aumenta con la densidad de la presa, en forma progresiva Figura 1.B pero disminuye la velocidad de aumento hasta alcanzar una asíntota en la que la tasa de consumo permanece constante, independientemente de la densidad de la presa. La explicación de Holling (1959) para la respuesta de tipo II puede ser resumida del siguiente modo. Un consumidor ha de dedicar un cierto tiempo de manipulación a cada presa que consume, es decir, perseguir, dominar y consumir la presa, y luego prepararse para la siguiente búsqueda. A medida que aumenta la densidad de las presas, cada vez resulta más fácil encontrar una. Sin embargo, la manipulación de una presa continúa exigiendo el mismo tiempo, y por lo tanto la manipulación total ocupa una proporción creciente del tiempo de consumidor hasta llegar a una densidad tal de las presas que el consumidor pasa realmente todo su tiempo manipulándolas. Por consiguiente, la tasa de consumo se aproxima y alcanza luego un máximo (plataforma) determinado por el número máximo de tiempos de manipulación que caben en el tiempo total disponible. Por último, la respuesta funcional de tipo III, tiene la misma explicación que esta última. Sin embargo, cuando la densidad de presas en la comunidad es baja, la respuesta es lenta pero tiene una fase de aceleración durante la cual un incremento de la densidad conduce a

un aumento más que linear de la tasa de consumo. Por lo tanto, en conjunto, una respuesta de tipo III es de tipo sigmoidea o en forma de "S", Figura 1 C. Las respuestas funcionales de tipo II recibían antes el nombre de respuestas funcionales de los invertebrados, y las de tipo III el de respuestas funcionales de los vertebrados, ya que las alteraciones del comportamiento asociadas a las respuestas de tipo III estaban limitadas en gran parte a los vertebrados. Sin embargo hoy en día, y tal como tiende a confirmarlo el estudio de la permutación, parece probable que las respuestas funcionales de tipo III se encuentran tanto en los vertebrados como en los invertebrados.

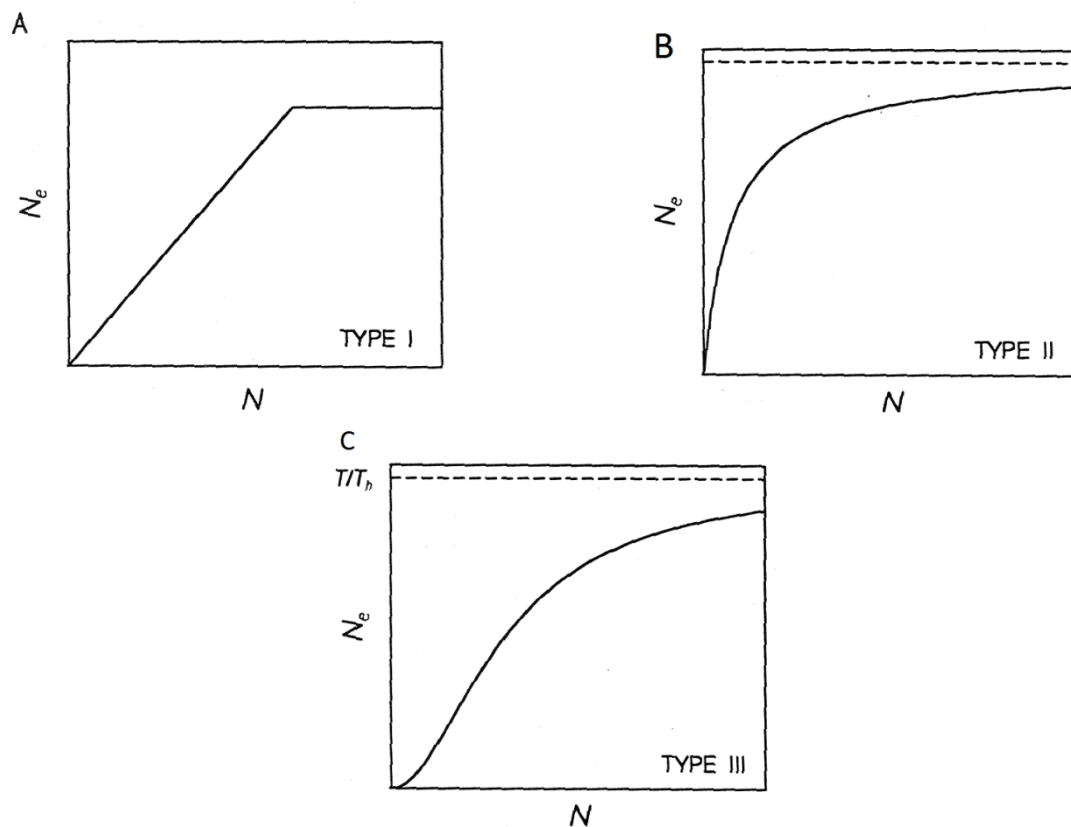


Figura 1. Tipos de respuesta funcional según su relación entre densidad de presas consumidas (N_e) y número de presas ofrecidas (N).

Modelo de Holling

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

Esta situación se representa matemáticamente por la siguiente fórmula:

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

Por lo que:

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

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

Dónde:

Na = no. de presas muertas.

No = no. de presas ofrecido.

a' = tasa instantánea de descubrimiento de presa.

Tt = tiempo total de exposición depredador-presa.

Th = tiempo de manipulación.

Factores externos implicados en la respuesta Funcional

Efectos en la temperatura

El impacto en las variables ambientales sobre la biología de las plagas y sus enemigos naturales es importante para determinar la importancia sobre los agentes de control biológico. Algunos organismos benéficos se ven afectados por la temperatura, siendo el principal factor que afecta el comportamiento de los animales poiquiloterma. Por lo que, se han estudiado diferentes especies de Phytoseiidos como en los trabajos de Everson (1979), Zhang *et al.*, (2000), Shirdel (2003), Skirvin & Felon (2003), Badii *et al.* (2004), Gotoh *et al.* (2004), Sepulveda & Carrillo (2008) y Kouhjani Gorji *et al.* (2009). Fan & Petitt (1994), Jafari *et al.*, (2010) determinando una respuesta funcional Tipo II para diferentes especies sobre huevos larvas y adultos de *T. urticae* a 25°C.

Efectos con plaguicidas

Existen un gran número de trabajos que demuestran la compatibilidad de productos químicos con organismos benéficos, Cote *et al.*, 2002 menciona la compatibilidad con residuos de nueve productos químicos para el control de *T. urticae* y su efecto en los parámetros poblacionales de *P. persimilis*, para lo cual no se demostró mortalidad para el depredador pero existió un cambio en sus parámetros poblacionales.

Otros autores mencionan el efecto de acaricidas sobre la respuesta funcional de ácaros de la familia Phytoseiidae (Skirvin & Felon, 2003) con el aumento o disminución del tiempo de manipulación y el radio instantáneo de búsqueda; sin embargo no se ha demostrado un cambio en el tipo de respuesta funcional, predominando la Tipo II por el modelo de Holling la más común en ácaros depredadores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El experimento se llevó a cabo en la cámara bioclimática de Acarología Agrícola del departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Material biológico

Se utilizó una colonia de laboratorio de *T. urticae* previamente establecida bajo condiciones controladas de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, humedad relativa de 60-70% y un fotoperio de 12 h sobre *Phaseolus vulgaris* L. La población de *P. persimilis* se obtuvo de manera comercial como SPIDEX® por la empresa Koppert de México, esta población se mantuvo sobre plantas de *P. vulgaris* infestadas con *T. urticae* por medio de cilindros de cría (Fournier *et al.*, 1985) bajo las mismas condiciones de laboratorio (Figura 2).



Figura 2. Cilindro de Fournier *et al.*, (1985) con plantas de *Phaseolus vulgaris* infestadas con *Tetranychus urticae* para el establecimiento de *Phytoseiulus persimilis* para los bioensayos.

Obtención de las poblaciones

Se obtuvieron poblaciones homogéneas de ambas especies, colocando 100 hembras adultas fecundadas de plantas de *P. vulgaris* L. a discos de hojas de *Rosa* variedad Royal de 1cm de diámetro, estos discos se colocaron en cajas petri de plástico de 5 cm de diámetro a las cuales se colocó en el fondo algodón con agua hasta saturación. Después de 24 horas se retiraron las hembras de ambas especies dejando solamente huevos, estos se mantuvieron hasta que alcanzaron su edad adulta.

Evaluación del acaricida

Con las poblaciones homogéneas se abrió la ventana biológica *P. persimilis* y se obtuvo la CI50, utilizando concentraciones de 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50 ppm del producto comercial AGRIMEC® (Abamectina al 1.8%) de acuerdo con el método N° 4 de la serie de métodos para las pruebas de sensibilidad del Insecticide Resistance Action Committee (IRAC, 2009) con ligeras modificaciones, cada concentración consto de 20 repeticiones; un total de 20 ácaros depredadores y 40 *T. urticae* por unidad experimental, posterior a esto se obtuvieron dos concentraciones subletales, en donde más del 80% de la población permaneciera con vida.

Evaluación de la Respuesta funcional

Los discos de Rosal de 5cm de diámetro se sumergieron en cada una de las concentraciones subletales, colocando 50 hembras de *P. persimilis* en cada una y ayunadas por 24 horas (Figura 3, a). Se colocaron hembras de *T. urticae* de la misma edad y se transportaron por medio de un pincel a cajas petri con densidades de 1, 2, 4, 8, 16, 32 y 64; colocando inmediatamente después de las 24 horas 1 hembra de *P. persimilis* por unidad experimental. (Figura 3, b)

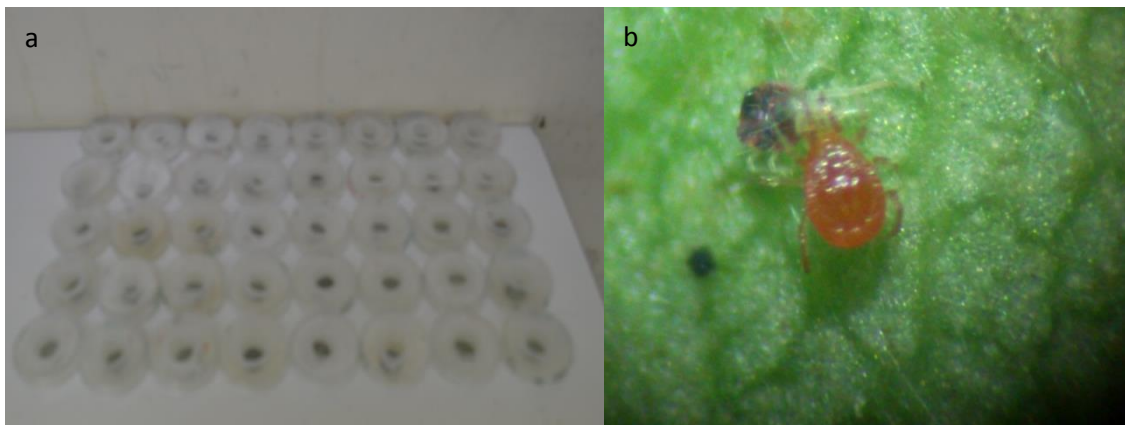


Figura 3. Bioensayo No. 4 del IRAC con ligeras modificaciones; utilizando discos de rosal de 1 cm de diametro (a); vista del depredador alimentenandose de su presa para cada bioensayo (b).

Evaluación de resultados

La evaluación se llevó por medio de la observación a las 24 horas de exposición. Se determinó la respuesta funcional de la presas mediante el modelo de Holling (1959): $N_a = \frac{aTtNo}{(1+aThNo)}$. Se aplicó el modelo de Real (1977) para verificar que tipo de respuesta funcional se ajusta al modelo de Holling. Para evaluar el efecto de las dosis se realizó un análisis estadístico completamente al azar con arreglo factorial, mediante prueba de rango múltiple de Tukey con una significancia del $\alpha=0.05$, utilizando el software SAS Institute (2002) y mediante la ecuación de Holling se obtuvo el tiempo de manipulación (Th) y tiempo de busque (a).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La CI_{50} para *P. persimilis* en este trabajo fue de 8.35 ppm, siendo está más alta que las obtenidas por Nour Ell-Deen y Abdallah (2013) con 0.5339 ppm, lo que indica que nuestra población es más tolerante a los efectos acaricidas de la Abamectina. Las concentraciones subletales tomadas para este trabajo fueron: CI_{15} y CI_{10} con valores de 1.52 ppm y 1.02 ppm respectivamente. En este bioensayo no se presentó mortalidad en el testigo.

Se obtuvo el consumo de *P. persimilis* de cada una de las diferentes densidades de presa (Tabla 2) observando un consumo total de 21.3 hembras a la densidad de 64 hembras adultas de *T. urticae* ofrecidas para el testigo. En las dosis subletales se observa una disminución en el consumo a partir de la densidad 4 comparada con el testigo, con una alimentación de 15 y 10 hembras a la densidad más alta.

Cuadro 2. Consumo de *Phytoseiulus persimilis* a diferentes densidades de presas de *Tetranychus urticae* (Na) y la proporción de consumidas (No); determinado el promedio por concentración (μ), el tiempo de manipulación (Th) y tiempo de búsqueda (a') de acuerdo al modelo de Holling.

No	Na \pm DE*		
	Testigo o \pm DE	CI10 \pm DE	CI15 \pm DE
1	1.0 \pm 0.000	1.0 \pm 0.000	1.0 \pm 0.000
2	2.0 \pm 0.000	2.0 \pm 0.000	2.0 \pm 0.000
4	4.0 \pm 0.000	2.4 \pm 1.200	2.0 \pm 0.632
8	8.0 \pm 0.000	2.4 \pm 0.800	2.0 \pm 0.894
16	9.0 \pm 1.000	3.8 \pm 1.326	8.0 \pm 1.897
32	12.6 \pm 2.190	9.0 \pm 2.000	9.8 \pm 0.748
64	21.2 \pm 2.598	15.6 \pm 1.624	10.0 \pm 2.280
μ	8.257a \pm 1.348	5.171b \pm 0.864	4.971b \pm 0.809
a'	1.078a \pm 0.082	0.725b \pm 0.216	0.798b \pm 0.232
Th	0.232a \pm 0.011	0.054b \pm 0.036	0.068b \pm 0.019

*Valores medios seguidos por una letra diferente son significativamente diferentes uno del otro. DE- desviación estándar (evaluada por el método de Jackknife).

Naher *et al.*, (2005) reportaron un consumo total de 11.32 hembras adultas a una densidad de 64 presas ofrecidas de *T. urticae* en 24h por *P. persimilis* sin ningún efecto de acaricidas; además, se han hecho experimentos tomando en cuenta otros estadios como huevos, larvas y ninfas. Landeros *et al.*, (2001) mencionan un consumo total de 34.46 ninfas de *T. urticae*, tomando en cuenta que el tamaño de la ninfa es menor que el de un adulto, la cantidad de hembras adultas puede disminuir ya que estas tienen un volumen mayor.

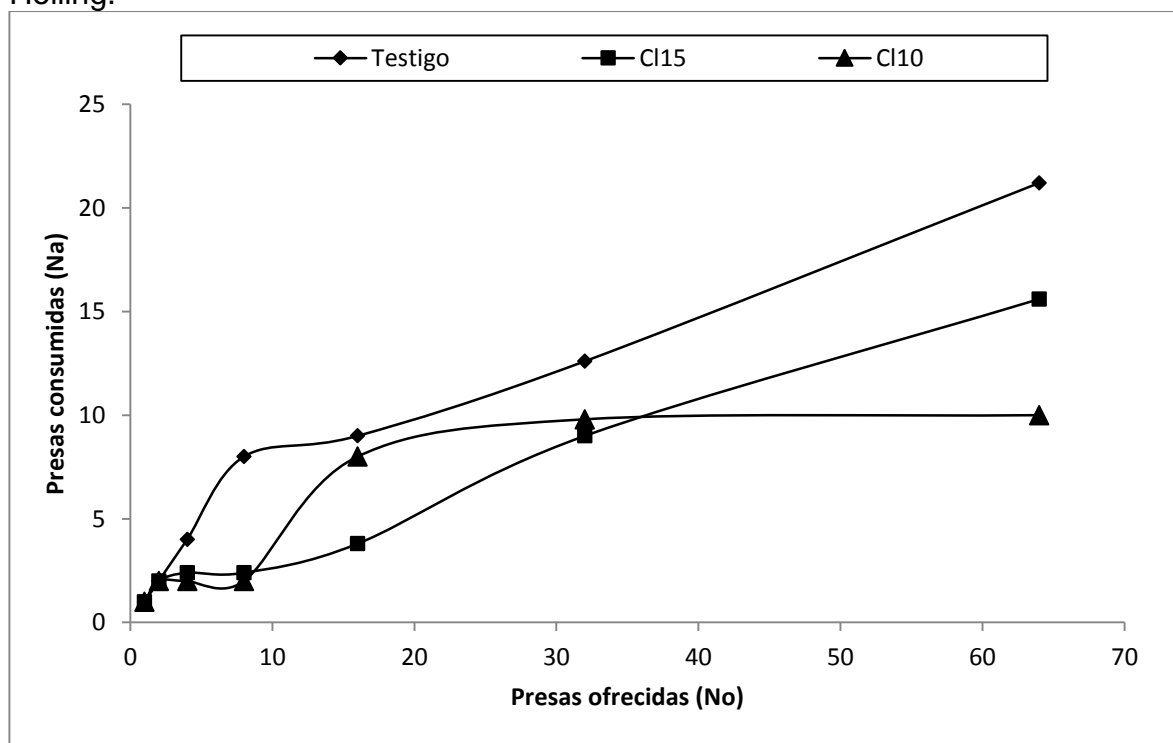
Existen muchos trabajos sobre la conducta alimenticia de *P. persimilis*, así como otras especies pertenecientes al grupo de los Phytoseiidos para el control de ácaros fitófagos y otros insectos de importancia económica. La

respuesta de depredación del testigo de *P. persimilis* se ajusta a una curva tipo II (Figura 4) por el modelo de Holling (1959) al igual que Skirvin & Felon (2003) y Seiedy *et al.*, (2012) obtuvieron el mismo tipo de respuesta funcional con el mismo depredador y presa; sin embargo, trabajos como los de Fang *et al.*, (2013) y Nwilene y Nachman (1996) obtuvieron un tipo de respuesta funcional Tipo III por el modelo de Holling (1959); con los depredadores *Neoseiulus cucumeris* Oudemans y *N. barkeri* Hughes (Phytoseiidae) para la depredación de huevos y ninfas de *Diaphorina citri* (Liviidae) e *Iphiseius degeneras* y *Neoseiulus teke* (Phytoseiidae) sobre *Mononychellus tanajoa* (Tetranychidae) respectivamente.

Se ha observado que no solo los ácaros se ven afectados por la aplicación de dosis subletales o residuos de pesticidas (Cote *et al.*, 2002), por lo que otros organismos para el control biológico también han sufrido cambios en su comportamiento demográfico y respuesta funcional (Stark *et al.*, 2003; Talebi *et al.*, 2008; Sohrabi *et al.*, 2014). En este caso, los ácaros sometidos a las concentraciones subletales no mostraron un cambio en su respuesta funcional, ajustándose las dos curvas al modelo de Real (1977) como Tipo II por lo que se mantuvo la misma curva igual que en el trabajo de Hernández *et al.*, (2015) con el depredador *Chrysoperla carnea*, en los cuales la curva no se ve afecta por el efecto de Abamectina; sin embargo, se observa una disminución significativa entre en el consumo de presas ofrecidas en ambos trabajos, para *P. persimilis* decreció en un 25.71% y 52.38% en la CI₁₀ y CI₁₅ respectivamente, mientras que

la depredación de *C. carne* disminuye hasta en un 48%. Lo cual indica un efecto negativo de los pesticidas sobre los depredadores.

Figura 4. Respuesta funcional de hembras adultas de *Phytoseiulus persimilis* sobre hembras adultas de *Tetranychus urticae* a la exposición de dosis subletales de Abamectina comparada contra el testigo por el modelo de Holling.



La disminución en la alimentación se ve reflejada por la exposición de la película residual de la Abamectina, al entrar en contacto con el ácaro esta afecta la capacidad de los neurotransmisores GABA y Glutamato estimulando el flujo de iones de cloro en las células nerviosas. Estos iones que fluyen dentro del canal hacia una abertura resultan en la pérdida de la función celular e interrupción de los impulsos nerviosos por consecuencia, los ácaros se paralizan y se detiene la alimentación (Reddy, 2013); por lo que aumenta en el capacidad

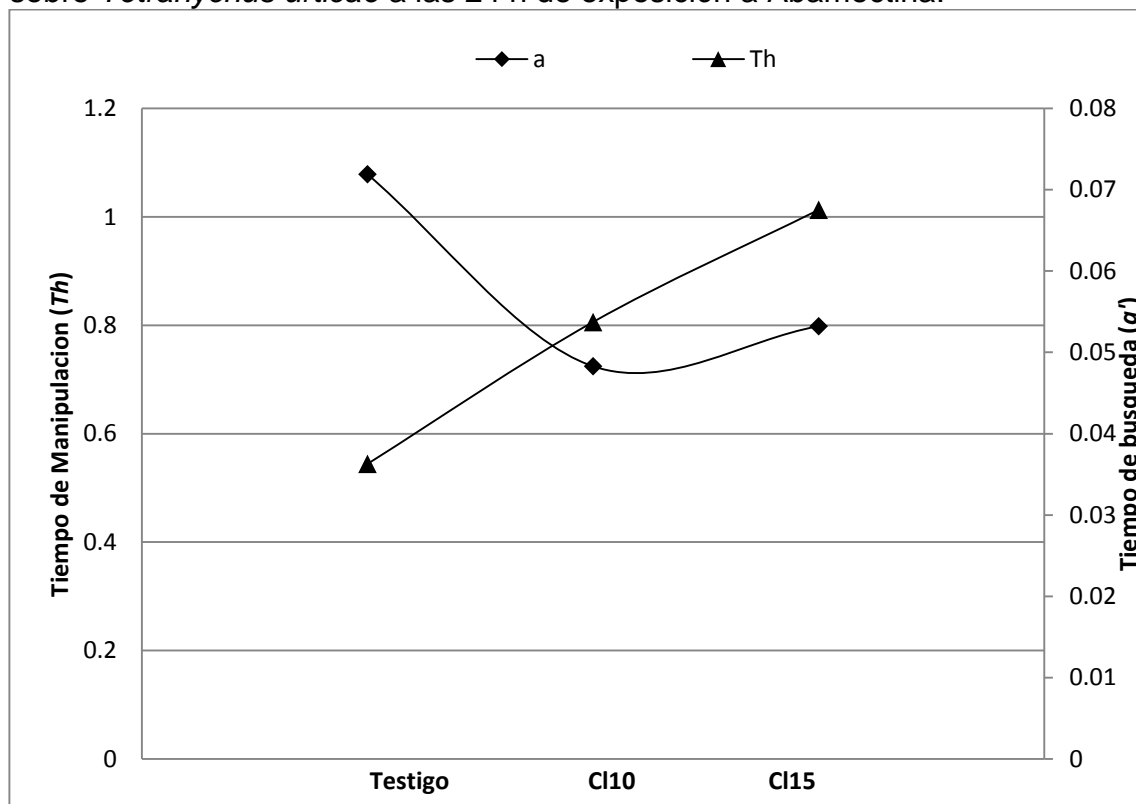
de manipulación (Th) y existe una disminución en el tiempo de búsqueda (a') del depredador expuesto a dosis subletales en comparación con el testigo, por una diferencia significativa (Tabla 1).

Los valores obtenidos de cada parámetro son: disminución en el tiempo de búsqueda de 1.078 a 0.725 y 0.798 y un aumento en el tiempo de manipulación de 0.232 a .054 y 0.698 del testigo, Cl_{15} y Cl_{10} respectivamente. Para cada parámetro (tiempo de manipulación y tiempo de manipulación respectivamente) Hoque *et al.*, 2010 obtuvieron los valores de 2.907 y 0.005 del depredador *P. persimilis* sobre hembras adultas de *T. urticae* y Jafari *et al.*, (2012) con una 0.824 y 0.064 a una temperatura de 25°C con el depredador *N. barkeri*; todos los bioensayos concuerdan con Hassell (2000) mencionando que a tiempos de manipulación largos conducen a bajas tasa de ataque y viceversa, aun con el efecto de la aplicación de dosis subletales.

Sin embargo, es notable que los parámetros de *N. barkeri* son casi similares a los obtenidos a la Cl_{15} en este trabajo. Aunque existe pocos trabajos sobre efectos subletales en la respuesta funcional de ácaros depredadores se han hecho experimentos con otros insectos de control biológico como avispas parasitoides (Rezaei *et al.*, 2014) en donde el Pirimicarb presenta menos efectos nocivos para el control del pulgón en la mostaza. Sin embargo, Seiedy *et al.*, (2012) hicieron la aplicación de un hongo entomopatógeno (*Beauveria bassiana*) sobre *P. persimilis* para ver el comportamiento de la respuesta funcional en donde el tiempo de manipulación aumento después de la aplicación de este

hongo; por lo que no todas los efectos pueden ser negativos para los organismo de control biológico.

Figura 5. Tiempo de búsqueda y manipulación de *Phytoseiulus persimilis* sobre *Tetranychus urticae* a las 24 h de exposición a Abamectina.



Como resultado (Figura 5) en el comportamiento biológico; el ácaro depredador no expuesto a los efectos de la Abamectina tiende a perseguir, dominar, consumir y prepararse para la siguiente búsqueda de la presa más rápido por lo que tienen un radio de ataque mayor; mientras que los ácaros expuestos a las concentraciones subletales tardaran más desde que persiguen hasta que se preparan para la siguiente búsqueda de la presa disminuyendo su radio de ataque.

CONCLUSIÓN

El comportamiento de la respuesta funcional no se ve afectada en ninguno de los casos; aunque se observó una disminución en la capacidad de depredación en individuos tratados con Abamectina

ANEXO

Cuadro 3. Consumo de hembras adultas *Tetranychus urticae* por hembras adultas de *Phytoseiulus persimilis* a diferentes densidades de presa a las 24 hrs

TESTIGO					
Presas ofrecidas (Na)	Consumo (No)				
	R1	R2	R3	R4	R5
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2
4	4	4	4	4	4
8	8	8	8	8	8
16	8	8	10	9	10
32	16	12	13	10	12
64	24	18	22	19	23
CL₁₀					
	R1	R2	R3	R4	R5
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2
4	1	3	4	3	1
8	2	3	1	3	3
16	6	4	4	2	3
32	6	10	12	8	9
64	17	14	14	18	15
CL₁₅					
	R1	R2	R3	R4	R5
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2
4	1	3	2	2	2
8	2	3	1	1	3
16	9	8	6	11	6
32	9	9	10	11	10
64	8	7	12	10	13

LITERARITA CITADA

- ASOCOLFLORES. 1993. Control biológico de la arañita roja. 36: 9-13.
- Badii M. H., Hernandez O. E., Flores A. E., Landeros J. 2004. Prey stage preference and response of *Euseius hibisci* to *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) Universidad Autónoma de Nuevo Leon. San Nicolas, N.L.
- Casey C., J. Newman, K. Robb, S. Tjosvold, J. MacDonald and P. Parrella. 2007. IPM program successful in California greenhouse cut roses. California Agr. 61(2), 71-78.
- Corrales M. J. L. y Solis A. J. F. 1989. Trips (Thysanoptera) asociados a los cultivos del clavel (*Dianthus cariophyllus*), crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ram.) y rosal (*Rosa* sp.) en el Municipio de Villa Guerrero, Estado de México. XXIV Congreso Nacional de Entomología, Oaxtepec, Mor.
- Cote K.W., Lewis E.E. and Schultz P.B. 2002. Compatibility of acaricide residues with *Phytoseiulus persimilis* and their effects on *Tetranychus urticae*. Hortscience, 37: 906-909.
- Crooker A. 1985. Embryonic and Juvenile Development. En, Helle W. y W. M. Sabelis Edits. : Spider Mites Their Biology, Natural Enemies and Control. Vol. 1. Elsevier Sci. Publ. Co. pp 149 – 160.
- De Bach P. 1968. Control biológico de insectos plagas y malas hierbas. Compañía Editorial Continental, México.

- De Vis R. y Schrevens, E. 1995. Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de rosa en tres tipos de invernadero con diferente grado de control sobre la temperatura y la humedad relativa. Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales.
- Everson P. 1979. The functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae) to various densities of *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). *Canadian Entomologist* 111, 7-10.
- Fan Y. & Pettitt, F. 1994. Functional response of *Neoseiulus barkeri* Hughes on twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology* 18, 613-621.
- Fournier D., P. Millot and M. Pralavorio. 1985. Rearing and mass production of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Volume 38, Issue 1, pages 97–100.
- García, M. F. 2005. Resistencia de *Tetranychus urticae* y *Panonychus citri* a acaricidas en el cultivo de los cítricos. España. *Phytoma España* 173:71-79.
- Gilstrap F. E. & Friese D. D. 1985. The predatory potential of *Phytoseiulus persimilis*, *Amblyseius californicus* and *Metaseiulus occidentalis* (Acarina: Phytoseiidae). *International Journal of Acarology* 11, 3:163-168.
- Gotoh, T., Nozawa, M. & Yamaguchi, K. 2004. Prey consumption and functional response of three acarophagous species to eggs of two-spotted spider mite in the laboratory. *Applied Entomology and Zoology* 39, 97-105.
- Hassell M. P. 2000. *The spatial and temporal dynamics of host-parasitoid interactions*. Oxford University Press. Oxford.
- Helle W. and Sabelis M. 1985. *World Crop Pests. Spider Mites. Their biology, natural enemies and control*. 1B: 132 p.

- Hernández A., González A., Chacón J. C., Landeros J., Cerna E., Flores M. and Aguirre L. A. 2014. Abamectin Effect on *Chrysoperla carnea* (Stephens) Functional Response. *Southwestern Entomologist*, 39(2):261-270.
- Hussey N. W. & Scopes W. J. 1985. Dispersal of the glasshouse red spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari:Tetranychidae). *Entomol. Exp. & Appl.* 6-207-214.
- Holling C.S. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Canadian Entomologist (Ottawa)*. 91: 385–398.
- Holling, C. S. 1961. Principles of insect predation. *Annu. Rev. Entomol.* 6: pp. 163-182.
- IRAC. 2009. IRAC Susceptibility Test Method 004. Version 3. <http://www.iraconline.org/>
- Jafari, S., Fathipour, Y., Faraji, F. & Bagheri, M. 2010. Demographic response to constant temperatures in *Neoseiulus barkeri* (Phytoseiidae) fed on *Tetranychus urticae* (Tetranychidae). *Systematic and Applied Acarology* 15, 83-99.
- Jafari S., Fathipour Y. and Faraji F. 2012. The influence of temperature on the functional response and prey consumption of *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Entomological Society of Iran*. 31(2), 39-52
- Jeppson, L. R., Keifer H. H., and Baker E. W. 1975. *Mites Injurious to Economic Plants*. University of California Press. pp 614.
- Krantz, G. W. 1970. *A manual of acarology*. O.S.U. Book Stores, Corvallis, OR.
- Krantz G. W. 1978. *A Manual of acarology*. Segunda edition. Oregon State University Book Store Inc.
- Kostiainen T. and Hoy M. A. 1996. *The Phytoseiidae as Biological Control Agents of Pest Mites and Insects: A Bibliography [1960-1994]*. Univ. Florida, Inst. Food and Agric. Sci. Monograph 17, 360 pp.

- Kouhjani Gorji, M., Kamali, K., Fathipour, Y. & Ranjbar Aghdam, H. 2009. The effect of temperature on the functional response of *Phytoseius plumifer* (Acari: Phytoseiidae) on two-spotted spider mite. *Acarina* 17, 231-237.
- Landeros J., Guevara L., Badii M. H., Flores A. E. and Pámanes A. 2004. Effect of different densities of the two spotted spider mite *Tetranychus urticae* on CO₂ assimilation, transpiration, and stomatal behaviour in rose leaves. *Holanda. Exp. and Applied Acarology* 32(3): 187-198.
- Malais, M. and Ravensberg W.J. 2006. Conocer y reconocer la biología de las plagas de invernadero y sus enemigos naturales. Editoria Koppert Biological systems, Países Bajos. 21-38p.
- Marchionatto J. 1991. Enfermedades de las Plantas florales. Ediciones Librería del Colegio, Buenos Aires. Pg. 77-86.
- McMurtry J.A. 1982. The use of phytoseiids for biological control: Progress and future prospects. In: M.A. Hoy (Editor), *Recent Advances in Knowledge of the Phytoseiidae*. Calif. Univ. Publ. No. 3284; pp. 23-39.
- McMurtry J.A. and Croft B. A. 1997. Life-styles of Phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annu Rev Entomol.* 42:291-321.
- Mesa N. 2000. Uso de ácaros Phytoseiidae para el control de ácaros Tetranychidae. I Curso Taller Internacional. Control Biológico Componente Fundamental del MIP en una Agricultura Sostenible, Corpoica. Bogotá. 172-178p
- Moraes, G. J. de. 2002. Controle biológico de ácaros fitófagos com ácaros predadores, p. 225–237. In: J. R. Parra, P. S. M. Botelho, B. S. Corrêa-Ferreira & J. M. S. Bento (eds.), *Controle biológico no Brasil: Parasitóides e predadores*. Barueri, Editora Manole Ltda., xxiii+609 p.
- Moraes G.J. de, McMurtry J.A., Denmark H.A. and Campos C.B. 2004. A revised catalog of the mite family Phytoseiidae. *Zootaxa*, 434: pp. 494.

- Nour El-Deen M. E. M. and Abdallah A. A. M. 2013. Effect of Different Compounds against *Tetranychus urticae* Koch and its Predatory mite *Phytoseiulus persimilis* A.H. Under Laboratory Conditions. Journal of Applied Sciences Research, 9(6): 3965-3973
- Nwilene F. E. and Nachman G. 1996. Functional responses of *Iphiseius degenerans* and *Neoseiulus teke* (Acari: Phytoseiidae) to changes in the density of the cassava green mite, *Mononychellus tanajoa* (Acari: Tetranychidae) Experimental & Applied Acarology, Volume 20, Issue 5, pp 259-271.
- Pirone P. P. 1978. Diseases and Pest of Ornamental Plants. 5th. Edition. John Wiley and Sons. U.S.A. 566 p.
- Real L.A. 1977. The kinetics of functional response. Amer. Naturalist, 111: 298-300.
- Reddy P. P. 2013. Recent advances in crop protection: Evermectins, pp 13-24
- Reséndiz G. B. 1991. Ácaros asociados a Ornamentales en Villa Guerrero, México. Floricultura Intensiva. No. 5:15.
- Rezaei N., Kocheyli F., Mossadegh M. S., Jahromi K. T. and Kavousi A. 2014. Effect of sublethal doses of thiamethoxam and pirimicarb on functional response of *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoid of *Lipaphis erysimi* (Hemiptera: Aphididae). J. Crop Prot. 3 (4):467-477
- Rodríguez M.; Sánchez M.; Navarro M. y Aparicio V. 2003. Los fitoseidos, depredadores efectivos de araña roja. Horticultura. Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros internacionales. 21 (4): 41-43.
- Romero C. S. 1996. Plagas y enfermedades de ornamentales. Universidad Autónoma Chapingo. pp 244.
- SAGARPA-SIAP. 2013. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>

- SAGARPA-SIAP. 2014. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>
- SAS Institute. 2002. The SAS System for Windows, Release 9.0. SAS Institute, Cary, NC.
- Shirdel D. 2003. Species diversity of Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) in East Azarbaijan, Iran and comparison of preying efficiencies of two species on *Tetranychus urticae* Koch. Ph. D. Thesis. Department of Agricultural Entomology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, 192 pp.
- 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). *Journal of Insect Behavior*, 25: 543–553.
- Sohrabi F., Shishehbor P., Saber M., Mosaddegh M.S. 2014. Effects of buprofezin and imidacloprid on the functional response of *Eretmocerus mundus* Mercet. *Plant Protect. Sci.*, 50: 145–150.
- Sato, M. E.; Silva da, M.; Raga, A. and Souza De, M. F. 2005. Abamectin resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae): selection, cross-resistance and stability of resistance. *Brasil. Neotropical Entomol.* 34(6):991-998.
- Sepulveda, F. & Carrillo, R. 2008. Functional response of the predatory mite *Chiliseiulus camposi* (Acarina: Phytoseiidae) on densities of its prey, *Panonychus ulmi* (Acarina: Tetranychidae). *Revista de Biología Tropical* 56, 1255-1260.
- Skirvin and Williams. 1999. Differential effects of plant species on a mite pest (*Tetranychus urticae*) and its predator (*Phytoseiulus persimilis*): Implications for biological control. *Exp. Appl.* 23: 497-512

- Skirvin D. & Felon J. S. 2003. The effect of temperature on the functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*. 31, 37-49.
- Solomon M. E. 1949. The natural control of animal populations. *J. Anim. Ecol.* 18, 1—35
- Stark J. D., Banks J. E. and Acheampong S. 2003. Estimating susceptibility of biological control agents to pesticides: influence of life history strategies and population structure. *Biological Control*. Volume 29, Issue 3, March 2004, Pages 392–398
- Talebi K., Kavousi A. & Sabahi Q. 2008. Impacts of pesticides on arthropod biological control agents. *Pest Technology*, (2), 87-97.
- Takematsu A. P.; Filho N. S.; De Souza Filho M. F. y Sato M. E. 1994. Sensibilidade de *Tetranychus urticae* (Koch) proveniente de roseira (*Rosa* sp.) de Holambra-SP a alguns acaricidas. *Brasil. Rev. Agric.* (Piracicaba) 69(2):129-137.
- Triplehorn Ch. A. and Johnson.F. N. 2005. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. Seventh Edition. The Ohio State University.
- Urigerson and Smiley, R. 1990. Acarine Biocontrol Agents. Ed. Chapman and Hall. 83-84p, 133-144p.
- Van Lenteren J. C. and Woets J. 1988. Biological and Integrated Pest control in Greenhouses *Annual Review of Entomology* Vol. 33: 239-269.
- Van Lewwen T. and Tirry L. 2007. Esterase-mediated resistance in a multiresistant strain of the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*. UK. *Pest Management Science* 63(2):150-156.
- Van Pottelberge S.; Van Leewen T.; Nauen R. and Tirry, L. 2009. Resistance mechanisms to mitochondrial electron transport inhibitors in a field-collected strain of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). UK. *Bulletin Entomol. Res.* 99(1):23-31.

- Villegas-Elizalde S. E., Rodríguez-Maciel, J. C., Anaya-Rosales S., Sánchez-Arroyo H., Hernández-Morales J., & Bujanos-Muñiz, R. I. 2010. Resistencia a Acaricidas en *Tetranychus urticae* (Koch) asociada al cultivo de fresa en Zamora, Michoacán, México. *Agrociencia*, 44(1), 75-81.
- Velasco H. Y Pacheco F. 1968. Biología, morfología y evaluación tóxica de acaricidas en la araña roja de la fresa *Tetranychus telarius* L. *Agrociencia*, 3(1): 43-53.
- Zemek R. and Nachman G. 1998. Interactions in a tritrophic Acarine Predator-Prey Metapopulation System: effects of *Tetranychus urticae* on the dispersal rates of *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Tetranychidae, Phytoseiidae). *Experimental & Applied Acarology*. 22: 259- 278.
- Zhang, Y., Zhang, Z-Q., Lin, J. & Ji, J. 2000. Potential of *Amblyseius cucumeris* (Acari:Phytoseiidae) as biological agent against *Schizotetranychus nanjingensis* (Acari: Tetranychidae) in Fujian, China. *Systematic and Applied Acarology, Special Publication 4*, 109-124.
- Zhang Z. 2003. Mites of Greenhouses Identification, Biology and Control. CABI Publishing. 54- 57, 171-181p