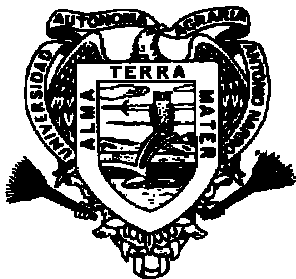


**RESPUESTA FUNCIONAL DE *Neoseiulus californicus*
(McGREGOR) SOBRE *Tetranychus urticae* (KOCH) (ACARI :
PHYTOSEIIDAE : TETRANYCHIDAE) SOBRE HOJA DE
MANZANO**

PEDRO AARON CERDA GARCIA

**TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OPTAR AL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
EN PARASITOLOGIA AGRICOLA**



Universidad Autónoma Agraria

Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila

Abril de 2008

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIRECCIÓN DE POSTGRADO

**RESPUESTA FUNCIONAL DE *Neoseiulus californicus* (McGREGOR) SOBRE
Tetranychus urticae (KOCH) (ACARI : PHYTOSEIIDAE : TETRANYCHIDAE)
SOBRE HOJA DE MANZANO**

TESIS

POR

PEDRO AARÓN CERDA GARCÍA

**ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE
ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL
GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA**

COMITÉ PARTICULAR:

Asesor principal

M.C. Víctor Manuel Sánchez Valdez

Asesor

Dr. Jerónimo Landeros Flores

Asesor

Dr. Mohammad H. Badii

Asesor

Dr. Ernesto Cerna Chávez

**Dr. Jerónimo Landeros Flores
Director de Postgrado**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Abril de 2008

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Francisco Javier Cerda Flores
Ma. del Rosario García Jaime

Que me han dado la vida y todo el apoyo para lograr la culminación de mis estudios.

A MI ESPOSA:

Liliana Gaytán Mendoza

Gracias Liliana, por haberme enseñado lo que es el amor a través de comprensión y respeto.

A MIS HIJOS:

Aarón David Cerda Gaytán
Angel Francisco Cerda Gaytán

Les doy las gracias por hacerme recordar lo hermosa que es la vida a través de los ojos de la inocencia.

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS

Que me brindaron su apoyo moral y grata compañía, en los momentos que me encontraba lejos de mi hogar.

A MIS COMPAÑEROS DE GENERACIÓN

De los cuales aprendí el valor de la amistad y el trabajo en equipo.

AGRADECIMIENTOS

AL CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA POR EL
APOYO BRINDADO PARA REALIZAR
MI TRABAJO DE TESIS

BAJO LA DIRECCION
DEL M.C. VICTOR MANUEL SANCHEZ VALDEZ.

AGRADECIMIENTOS

Al **M.C. Víctor Manuel Sánchez Valdez**, por su apreciable amistad, guía profesional y su valiosa asesoría de este trabajo.

Al **Dr. Jerónimo Landeros Flores**, por su valiosa amistad, ejemplo y motivación; y su gran participación en la elaboración de la presente investigación.

Al **Dr. Mohammad Badii**, de quien conocí el rigor científico y la pasión por el conocimiento, además de su invaluable asesoría en este trabajo.

Al **Dr. Ernesto Cerna Chávez**, primero por su invaluable amistad y por la asesoría en el presente trabajo.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por cobijarme en su seno durante la realización de mis estudios de postgrado.

Al **Personal del Departamento de Parasitología**, por brindar el apoyo necesario para formarme como profesionista.

COMPENDIO

Respuesta funcional de *Neoseiulus californicus* (McGregor) sobre *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari : Phytoseiidae : Tetranychidae) sobre hoja de manzano.

POR

Pedro Aarón Cerda García

MAESTRIA

PARASITOLOGIA AGRICOLA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, ABRIL 2008

M.C. Víctor Manuel Sánchez Valdez - Asesor-

Palabras clave: Respuesta funcional, *Neoseiulus californicus* (McGregor), *Tetranychus urticae* (Koch).

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el laboratorio del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” en Buenavista, Saltillo, México, en el periodo de mayo a septiembre del 1999 y el objetivo

fue evaluar la respuesta funcional de *Neoseiulus californicus* (McGregor) a huevos, larvas, ninfas y hembras adultas de *Tetranychus urticae* (Koch) en hojas de manzano.

La respuesta funcional de *N. californicus* a huevos, larvas, ninfas y hembras de *T. urticae* fue evaluada en la técnica de hoja-arena en densidades de 1, 2, 4, 8, 16, 32 y 64 para cada estadio con periodos de tiempo de 24 h. En todas las evaluaciones se utilizaron 15 repeticiones.

La respuesta funcional de *N. californicus* para los diferentes estadios de *T. urticae* fue determinada ajustando los datos a la ecuación de Holling $N_a = a' T_t N_o / (1 + a' T_h N_o)$ y los cálculos de a' y T_h fueron obtenidos de $N_a / N_o = a' T_t - a' T_h N_a$ donde N_a = número de presas atacadas, N_o = densidad inicial de la presa, a' = tasa instantánea de descubrimiento de presa, T_t = tiempo total de exposición depredador presa y T_h = tiempo de manipulación.

Al analizar los resultados se encontró que la respuesta funcional fue de Tipo II de acuerdo a Holling; la tasa instantánea de descubrimiento de la presa (a') fue 0.9352 para huevos, 0.9260 para larvas, 0.8320 para ninfas y 0.6786 para hembras mientras que el tiempo de manipulación (T_h) fue 0.0122, 0.0116, 0.0126 y 0.0532 para los mismos estadios respectivamente.

ABSTRACT

Functional response of *Neoseiulus californicus* (McGregor) on *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari : Phytoseiidae : Tetranychidae) on apple leaf

BY

Pedro Aarón Cerda García

MASTER OF SCIENCE

AGRICULTURAL PARASITOLOGY

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, APRIL 2008

M.C. Víctor Manuel Sánchez Valdez - Advisor-

Key words: Fuctional response, *Neoseiulus californicus* (McGregor), *Tetranychus urticae* (Koch).

This research work was carried in the laboratory of department of parasitology of “Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro” in Buenavista, Saltillo, México, from may to september 1999 and the objective was evaluate the functional response of

Neoseiulus californicus (McGregor) on eggs, larvae, nymphs and adult females of *Tetranychus urticae* (Koch) on apple leaf.

The functional response of *Neoseiulus californicus* to eggs, larvae, nymphs and females of *Tetranychus urticae* was evaluated on arena technique on densities of 1, 2, 4, 8, 16, 32 and 64 for each state of development with 24 h period. For all evaluations were replicated 15 times.

The functional response of *N. californicus* for the different developmental stages of *T. urticae* was determined by fitting the data to Holling's equation $N_a = a' T_t N_o / (1 + a' T_h N_o)$ and the calculations for a' and T_h were obtained by: $N_a / N_o = a' T_t - a' T_h N_a$, where N_a = number of prey individuals attacked, N_o = initial density of the prey, a' = instantaneous rate of discovery, T_t = total time of exposure (predator /prey) and T_h = handling time.

When the results were analyzed found that the functional response of was the type II according to Holling; the instantaneous rate of discovery (a') was 0.9352 for eggs, 0.9260 for larvae, 0.8320 for nymphs and 0.6786 adults, while handling time (T_h) was 0.0122, 0.0116, 0.0126 y 0.0532 for the same stages, respectively.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Generalidades de <i>Tetranychus urticae</i> (Koch).....	3
Importancia económica	3
Distribución	4
Posición taxonómica.....	4
Características morfológicas.....	5
Mecanismos de dispersión.....	6
Tiempo de desarrollo.....	7
Reproducción y crecimiento de la población	7
Requerimientos climáticos	8
Daños sobre el hospedero	8
Diapausa	9
Importancia del Control Biológico.....	10
Depredadores en el control biológico.....	11
Familia Phytoseiidae	11
Características morfológicas	13
Características biológicas	13
Hábitos alimenticios	15
Genero <i>Neoseiulus</i>	16
Ubicación taxonómica de <i>Neoseiulus californicus</i> (Krantz, 1978)	16
Descripción	17
Biología y hábitos	18
Importancia de la respuesta funcional	19

Modelo de transformación de Holling.....	22
ARTÍCULO CIENTÍFICO	23
CONCLUSIONES GENERALES	33
LITERATURA CITADA	34
APÉNDICE	40

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
CUADRO 1.1 Desarrollo de <i>Tetranychus urticae</i> sobre diferentes temperaturas de acuerdo a Malais y Ravensberg, 1992.	7

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 2.1 Curvas de respuesta funcional (Holling, 1959)	21

INTRODUCCIÓN

El llamado “ácaro de dos manchas”, *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae) está catalogado como una de las especies de ácaros que más problemas ocasiona a la agricultura en el mundo. Es capaz de atacar una amplia gama de plantas hospederas y con frecuencia, ocasionan la muerte de las plantas por secado de follaje. Su alto potencial reproductivo le permite incrementar la población rápidamente, de tal manera que en un corto tiempo puede rebasar el umbral económico si no se toman las medidas de control pertinentes (Gould, 1987).

Neoseiulus californicus (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) ha sido usado para el control biológico de arañas rojas en varios cultivos (McMurtry y Croft, 1997), por ejemplo contra *Tetranychus urticae* en hojas de fresa (Wysoki, 1985; Coop and Croft, 1995; Oatman *et al.*, 1977 y Vanderbruggen, 1998) contra *Panonychus ulmi* en hojas de manzano (Monetti y Fernandez, 1995; Monteiro, 1994), y contra *Oligonychus perseae* Tuttle, Baker y Abbatiello en hojas de aguacate (Hoddle, 1999; Kerguelen y Hoddle, 1999).

Algunas de las características para determinar la eficiencia de un depredador son una alta 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). Huffaker *et al.* (1974), mencionan que un depredador debe ser evaluado de acuerdo a su adaptabilidad hacia una heterogeneidad ambiental, capacidad de búsqueda, respuesta funcional y numérica, la sincronización espacio – temporal con la presa y especificidad. Solomon (1949) describe como cambia la tasa de consumo de un individuo así como la tasa reproductiva per cápita con respecto a la densidad de la presa. Holling (1959) identificó tres tipos básicos de respuesta funcional. Por lo que el objetivo del presente trabajo de investigación fue la determinación de la respuesta funcional de *Neoseiulus californicus* a *Tetranychus urticae* sobre hojas de manzano.

REVISION DE LITERATURA

Generalidades de *Tetranychus urticae* (Koch)

Importancia económica

La araña roja forma parte de la familia Tetranychidae, la cual contiene varias especies dañinas. La araña roja de los invernaderos también es llamada araña de dos manchas, es el ácaro de mayor importancia dentro de los cultivos de invernadero. Es una plaga muy severa en muchos cultivos del mundo (Malais y Ravensberg, 1992).

El ácaro de dos manchas, *Tetranychus urticae* (Koch), antiguamente formaba parte de un complejo de cerca de 59 sinónimos descritos para diferentes hospederas. (Pritchard y Baker citados por Jeppson *et al.* 1975), Los ácaros de este complejo de arañitas rojas se les reporta atacando a más de 150 especies de plantas cultivadas, por tal motivo es difícil conocer con exactitud las especies de plantas dañadas únicamente por *T. urticae*. Sin embargo, se sabe que esta especie es un serio problema en frutos deciduos, árboles de sombra y arbustos especialmente de climas templados (Jeppson *et al.*, 1975).

Distribución

La especie *T. urticae* se encuentra ampliamente distribuida en el mundo principalmente en zonas templadas (Milley y Conell citados por Cruz, 1984). Esta especie es muy conocida en árboles frutales deciduos en la región boreal de Estados Unidos de América y Europa (Tuttle y Baker, 1968). En México se le reporta ocasionando daño en las zonas freseras de Irapuato, Guanajuato y Zamora, Michoacán y en menor grado en Jalisco, México, Puebla y Querétaro (Teliz y Castro, 1973). En los estados de Puebla, Morelos, México y Guanajuato ocasiona pérdidas en cacahuete, fresa y papayo (Estébanes, 1989). Por su parte, Yañes (1989) menciona que en el estado de México *T. urticae* afecta la calidad de la flor de crisantemo y rosal al deformar sus pétalos.

Posición taxonómica

Segun Krantz (1978), esta especie se ubica taxonómicamente de la siguiente manera:

Clase	Arachnida
Subclase	Acari
Orden	Acariformes
Suborden	Prostigmata
Supercohort	Promatides

Cohort	Eleuthertengonin
Subcohort	Raphignate
Superfamilia	Tetranychoidae
Familia	Tetranychidae
Subfamilia	Tetranychinae
Tribu	Tetranichini
Genero	<i>Tetranychus</i>
Especie	<i>urticae</i>

Características morfológicas

Este ácaro pasa por los estados de desarrollo de huevo, larva, primer estado ninfal o protoninfa, segundo estado ninfal o deutoninfa y adulto. La mayoría de los huevecillos de araña roja se concentran en el envés de la hoja. Son redondos y tienen un diámetro alrededor de 0.14 mm. y son de un color transparente justo después de la oviposición (Malais y Ravensberg, 1992). Los mismos autores reportaron que las larvas tienen tres pares de patas y cuando estas emergen son incoloras, únicamente con sus ojos rojos. Después de alimentarse, su color cambia a verde ligero, amarillo o verde intenso. En este estado aparecen dos manchas sobre la parte media del dorso. En relación a las ninfas mencionan que, las protoninfas tienen cuatro pares de patas y son ligeramente más grandes que las larvas. Sus colores varían de verde ligero a intenso. Sus dos manchas son más grandes y claras que en la larva. Después de un periodo de alimentación la protoninfa cambia a deutoninfa. Esta ninfa es más grande, pero es similar en colores a la protoninfa.

La hembra adulta de *T. urticae* es de forma oval y redondeada en la parte posterior del abdomen. Los colores pueden variar desde naranja, amarillo ligero, verde ligero, verde intenso, café rojizo o hasta negro en ocasiones. El macho es más activo que la hembra. Su cuerpo es más pequeño y puntiagudo en la parte final del abdomen. Su coloración varía de naranja a amarillo ligero hasta amarillo intenso o café. A menudo el color de los ácaros adultos depende del cultivo en el cual ellos se presentan (Malais y Ravensberg, 1992).

Mecanismos de dispersión

Una de las características de los miembros de la subfamilia Tetranychinae a la que pertenece la especie *T. urticae* es la de producir una especie de hilo que utilizan en la construcción de telarañas cuya forma y característica va de acuerdo a cada especie en particular. En el caso del ácaro de dos manchas, una vez iniciada la invasión de las plantas empiezan a construir telarañas de forma muy irregular en la superficie de la hoja. Cuando la población crece considerablemente se presenta en la telaraña numerosos gránulos de excremento, huevecillos y desechos corporales de los individuos muertos, la telaraña se adhiere a la hoja de tal forma que en invasiones severas la envuelve completamente y no la deja desprenderse una vez que ésta ha muerto (Saito, 1985).

Tiempo de desarrollo

El tiempo de desarrollo de *T. urticae* depende de la temperatura, humedad relativa, el cultivo y la edad de la hoja. De estos factores la temperatura es la más importante. Malais y Ravensberg (1992), mencionan la variación del tiempo de desarrollo a diferentes temperaturas (Cuadro 1.1).

Cuadro 1.1. Desarrollo de *Tetranychus urticae* sobre diferentes temperaturas de acuerdo a Malais y Ravensberg, 1992.**

Temperatura	Huevo	Larva	Protoninfa	Deutoninfa	Huevo Adulto	Huevo Huevo
15° C	14.3	6.7	5.3	6.6	32.9	36.4
20° C	6.7	2.8	2.3	3.1	14.9	16.6
25° C	2.8	1.3	1.2	1.4	6.7	7.3

** Datos en días.

Reproducción y crecimiento de la población

Una población de araña roja consiste de cerca de un 75 por ciento de hembras y un 25 por ciento de machos (3 : 1), una vez fertilizada la hembra esta empieza a ovipositar en un periodo de 0.5 a 3 días, dependiendo de la temperatura. El número de huevecillos que ella oviposita depende de la temperatura, el cultivo, la humedad, la nutrición de la planta y la cantidad de exposiciones a pesticidas. Bajo condiciones

favorables, una hembra puede poner más de 100 huevecillos. Una población de ácaros puede desarrollarse rápidamente en invernaderos en temperaturas de verano (Malais y Ravensberg, 1992).

Requerimientos climáticos

La araña roja es una gran plaga en áreas agrícolas donde las condiciones son favorables para su desarrollo (Jeppson *et al.*, 1975 y Van der Geest, 1985; citado por Giménez *et al.*, 1994). Esta es sensible a la temperatura y a la humedad y se reproduce rápidamente bajo condiciones relativamente calientes y secas, condiciones que favorecen una reproducción rápida dando como resultado un gran daño a los cultivos (Preece y Read, 1993).

Daños sobre el hospedero

Los daños los causan las formas móviles al alimentarse. Estos clavan los estiletes y absorber los jugos celulares. Al vaciar las células, el tejido afectado adquiere una coloración amarillenta que se torna marrón con el paso del tiempo.

En las hojas las poblaciones se sitúan en el envés. Los daños se manifiestan en el haz por la aparición de zonas enrojecidas o amarillentas en áreas lisas (hojas formadas) o abombadas (hojas en formación). Cuando las densidades son elevadas las hojas más viejas llegan a desecarse. Las partes tiernas ven reducido su crecimiento, cubriendo la

planta al final de telarañas sobre las que caminan los adultos. Estas telas sedosas tejidas por las hembras, protegen de sus potenciales enemigos a los huevecillos, larvas, ninfas y fases inmóviles (Nuez, 1995).

Malais y Ravensberg (1992), reportan como uno de los principales daños la destrucción de la clorofila, con lo cual se disminuye el crecimiento de la planta es disminuido. En cultivos como tomate y cucurbitáceas se presentan pérdidas, cuando un 30 por ciento del área foliar es dañada. Introducen sustancias hacia el interior de la planta, las cuales son probablemente tóxicas, sin embargo poco se sabe de esto y se forman manchas sobre las hojas, además de que la telaraña daña la apariencia del cultivo. Esto último es especialmente un problema en cultivos ornamentales.

Diapausa

El fenómeno de diapausa en el ácaro de dos manchas ha sido estudiado por un buen número de acarólogos (Van de Vrie *et al*, 1972; Veerman, 1985). Así por ejemplo, Veerman (1977) comenta que se ha demostrado ampliamente la importancia del fotoperíodo en la inducción de la diapausa en arañitas rojas. De acuerdo con el mismo Veerman, Bondarenko fue en 1950 el primero en reportar que *T. urticae* entraba en diapausa bajo la inducción de días cortos, de modo que bajo un régimen de cuatro horas luz por día indujeron la diapausa en la totalidad de los individuos de una colonia del ácaro de dos manchas. Bajo un régimen de 15 horas luz no existe diapausa.

Importancia del Control Biológico

Hace unos cuarenta años, la eficacia de los agentes de control biológicos se basaba principalmente en creencias e hipótesis, y no en hechos científicos; su importancia era, por ello, relativa. Actualmente hay pocas dudas sobre el papel clave que desempeñan los enemigos naturales en el control de plagas. Irónicamente, este interés deriva del uso amplio de insecticidas que ocasionó rebotes de especies anteriormente sometidas al control biológico natural. Los agroquímicos se han convertido en un instrumento experimental muy útil para demostrar el valor de los enemigos naturales. El control biológico no solamente ha generado en credibilidad sino que ha mejorado su metodología. La biosistemática, el transporte aéreo, y muchas tecnologías y técnicas nuevas han sido elementos clave en la maduración de este control como ciencia (Andrews, 1989).

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 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.

Depredadores en el control biológico

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. Este tipo de depredador generalista, aunque sea incapaz de hacer un control natural que mantenga la plaga por debajo del nivel económico de daño, puede 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).

Familia Phytoseiidae

Durante los últimos años, el interés del papel de los fitoseidos como depredadores de ácaros tetránquidos se ha generalizado. Muchos de los fitoseidos son ahora usados como agentes de control biológico en algunos ecosistemas agrícolas y otros son factores

importantes en sistemas de manejo integrado de plagas (Sabelis, 1985). Sin embargo, el uso actual de programas de control biológico se confina en Estados Unidos de América para ácaros de huertos y en Inglaterra y Holanda para ácaros de invernaderos (McMurtry, 1982).

Los fitoseidos son de vida libre, terrestres y se encuentran en el follaje, corteza y humus en todas partes del mundo. Los fitoseidos han captado la atención debido a su capacidad depredadora, su utilidad para estudios experimentales de depredación y debido al interés en su sistemática y taxonomía (Sabelis, 1985). Su eficiencia depredadora puede evaluarse con base en seis características; (1) adaptabilidad a medios heterogéneos, lo cual indica que deben soportar una variedad amplia de cambios en los factores ambientales; (2) capacidad de búsqueda, donde se incluye la movilidad, relativa al área en la que se desplazan en un tiempo definido; (3) aumento en el poder de reproducción cuando disponen de mayor cantidad de la presa (respuesta numérica); (4) poder de consumo en función de la densidad de presa (respuesta funcional), es decir, que la cantidad de presas consumidas aumente al aumentar la densidad de las mismas, siempre y cuando no hayan llegado al nivel de saciedad; por lo tanto, pueda esperarse un aumento en la reproducción del depredador con tendencia a su máxima capacidad; (5) sincronización espacio-temporal con la presa; (6) especificidad, característica que debe considerarse con base en la abundancia de la presa; es decir, que cuando la densidad de la presa sea alta el depredador la prefiera como fuente de alimento y cuando sea baja el depredador sobreviva a base de la utilización de otras fuentes de alimento (Huffaker *et.al.*, 1974).

Características morfológicas

La familia Phytoseiidae está compuesta por ácaros pequeños de 270 a 500 micras de longitud. Su cuerpo o idiosoma está constituido por una sola placa dorsal sobre la cual se encuentran menos de 24 pares de setas; ventralmente están provistos de tres placas. Estas estructuras son de importancia taxonómica (Muma y Denmark, 1970).

Los mismos investigadores reportan que en su parte anterior, es decir en el gnatosoma, los apéndices peribucales o quelíceros son muy notorios, están constituidos por un dígito fijo y otro móvil provisto de dientes; en los machos hay un espermodáctilo para la transferencia de esperma a la espermateca de las hembras. Los palpos son del tipo raptorial, así como el primer par de patas y son utilizados para la manipulación del alimento y su transporte al área bucal. En general, las patas son largas y los movimientos son más rápidos que los de sus presas.

Características biológicas

En el desarrollo de los Phytoseiidae hay cinco estados biológicos: huevo, larva, protoninfa, deutoninfa, y adulto. A diferencia de los Tetranychidae, no se observan estados quiescentes, los huevos son colocados por lo regular, en el envés de las hojas; cuando están frescos son translúcidos y brillantes, y con el desarrollo se tornan opacos. Algunos

presentan sustancias pegajosas que los adhieren al sustrato, el estado larval es hexápodo; algunas especies no requieren alimentación para desarrollarse hasta protoninfa e incluso hasta deutoninfa. Los estados ninfales se mueven rápidamente cuando son excitados o cuando están buscando alimento; su apariencia es brillante y casi transparentes (Muma y Denmark, 1970).

Los adultos pueden variar de color (blanco, rojo, ámbar o café) lo que depende, en muchos casos, del color de la presa ingerida. Al aumentar en edad, el cuerpo de las hembras se agranda mucho más que el de los machos y adquiere forma de pera; así pueden ser vistas sin ayuda de lupa en el campo. El apareamiento puede ocurrir inmediatamente después de la emergencia del adulto, y es requisito para que ocurra la oviposición, excepto en aquellas especies que presentan telitoquia.

Generalmente, el período de desarrollo de huevo a adulto de muchas especies de Phytoseiidae varía de cuatro a siete días, a una temperatura de 25°C. Esta característica hace que se les considere candidatos importantes para el control biológico de Tetranychidae puesto que, mientras transcurre una generación (huevo a adulto) de la presa, se pueden desarrollar dos de Phytoseiidae. La fecundidad varía considerablemente desde 0.1 a 4 huevos por hembra por día, en las diferentes especies, y es afectada por factores abióticos como el tipo de alimento, el sustrato, etc. (Muma y Denmark, 1970).

Hábitos alimenticios

Los órganos de ingestión de alimento de los fitoseidos están localizados en el gnatosoma; aquí se encuentran las glándulas salivales que están muy desarrolladas; se cree que producen una saliva rica en enzimas que es inyectada en la presa para facilitar la predigestión y remover luego cómodamente el contenido de la presa (Starovir, 1973, citado por Chant, 1985). El mismo autor considera que el éxito de succionar este contenido dependería de la desintegración de los tejidos y ésta sería imposible sin la inyección apropiada de enzimas en la presa.

La cavidad bucal, dentro de la cual sobresale la boca, se abre internamente en una faringe provista de fuertes músculos que se dilatan y contraen, actuando como bomba de succión para remover el contenido del cuerpo de la presa, presenta por lo menos dos divertículos o ciegos gástricos, los cuales proporcionan una cavidad adicional con más superficies para que la digestión se lleve a cabo. Estos ciegos son extensiones de los ventrículos, y cuando se llenan con material alimenticio se puede ver a través del idiosoma translúcido, una estructura en forma de H (Starovir, 1973, citado por Chant, 1985).

Los fitoseidos, por lo regular, succionan a sus presas hasta dejarlas totalmente secas, y parece que están adaptados para ingerir grandes volúmenes de alimento de una sola vez, y a intervalos irregulares según el momento en que se capture la presa. En los fitoseidos especialistas predominan los hábitos alimenticios de depredadores o carnívoros,

aunque algunas especies complementan su dieta con materiales de origen vegetal, como el polen o las secreciones de las plantas. En general, los ácaros tetraníquidos son su presa preferida, pero hay algunas especializaciones o preferencias (Starovir, 1973, citado por Chant, 1985).

Género *Neoseiulus* sp.

Este género está ampliamente distribuido por todo el mundo (Muma y Denmark, 1970), encontrándolo en forma natural sobre muchos cultivos como son: avellano (Villalonga y García, 1998), fresa (González *et al.*, 1998), manzana (Costa *et al.*, 1994), maíz (Iraola *et al.*, 1997), uva (Nicotina, 1997), pera y durazno (Iraola *et al.*, 1994), frijol (Ferreira y Carmona, 1994), caña de azúcar (Ramírez *et al.*, 1998), entre otros.

Además también se reporta sobre malezas: *Potentilla reptans* L., *Rumex* spp., *Trifolium pratense* L., *Convolvulus arvensis* L., *Bromus madrilensis* L. y *Rubus* sp. (Costa *et al.*, 1994).

Ubicación taxonómica de *Neoseiulus californicus* (Krantz, 1978).

Phyllum Arthropoda.

Subphyllum Chelicerata.

Clase Acarida.

Orden Parasitiformes.
Suborden Gamasida.
Supercohort Monogynaspides.
Cohort Gamasina.
Superfamilia Phytoseioidea.
Familia Phytoseiidae.
Género *Neoseiulus*
Especie *californicus*

Descripción

Las hembras de este género se distinguen por los cuatro pares de setas dorsales, tres pares de setas medias de las cuales M4 es alargada, parecida a un látigo e indistintamente plumosa, ocho pares de setas laterales, algunas alargada, parecidas a látigo; dos pares de setas sublaterales sobre la membrana interescutal; tres pares de setas esternales; tres pares de setas preanal ventrianal (Muma y Denmark, 1970).

Los machos son más pequeños que las hembras; pero por todo lo demás es similar. Los adultos tienen forma de pera. Son translúcidos y solo hasta que se alimentan toman la coloración de su presa. Los huevos son en forma de pera y transparentes. Las larvas son transparentes y es difícil observarlas a simple vista (Kain y Nyrop, 1995).

Biología y hábitos

Las hembras representan el 66–75 por ciento de la población adulta. Estas hembras ovipositan de 1 – 5 huevecillos por día durante su vida adulta, la cual dura de 1-81 días (con un promedio de 41 días) a 26.6°C. La más alta producción de huevecillos es registrada con una gran disponibilidad de alimento. A 21°C, la duración del ciclo es más largo 24 a 80 días (en promedio 62). El período de oviposición hasta la emergencia del adulto es de 7.3 y 3.3 días a 21°C y 32°C, respectivamente. El ciclo completo generalmente toma de siete a nueve días (Kain y Nyrop, 1995).

Los mismos autores reportan que *Neoseiulus* se alimenta sobre una variedad de especies de ácaros, pero también exhibe comportamiento caníbal. Este es capaz de alimentarse sobre todos los estados de vida de su presa. Este prefiere a las arañas rojas como alimento, pero en ausencia de éstas también puede alimentarse de otros ácaros. Croft *et al.*, (1997); citado por Pratt *et al.*, (1997), menciona que *N. californicus* puede sobrevivir y reproducirse bien sobre trips y polen de maíz.

Castagnoli y Simoni (1994), en un estudio realizado con *Neoseiulus californicus*, sobre los efectos de diferentes constantes de humedad y temperatura sobre los huevecillos y larvas de esta especie, concluye que este depredador se adapta muy bien a climas con temperaturas y humedad relativa ligeramente altas. Agrega que la eclosión de los

huevecillos fue significativamente más prolongados cuando la humedad relativa fue decreciendo.

En estudios realizados para conocer los movimientos de *N. californicus* y *N. fallacis*, tanto dentro como entre plantas, la conclusión es que *N. californicus* tiene un mayor movimiento de dispersión que *N. fallacis* dentro de la planta, pero *N. fallacis* se movió más rápido y a distancias más grandes entre plantas. Estas diferencias concluyen que *N. californicus* tiene características de dispersión más parecidas a las de un depredador generalista (Pratt *et al*, 1997).

Neoseiulus sp. usa dos patrones de búsqueda, según investigaciones en Nebraska. Cuando la plaga es abundante usa un patrón de caminar al azar, permitiéndoles utilizar mas ácaros. Cuando la presa es escasa, los depredadores caminan a lo largo del borde de la hoja incrementando el cambio de movimiento a una hoja nueva. Por otra parte, trabajos realizados en Massachusetts han demostrado que *Neoseiulus sp.* usa signos químicos de la seda de su presa y excrementos para encontrarla, y además usan sus propias marcas de feromonas para marcar previamente áreas buscadas (Kain y Nyrop, 1995).

Importancia de la Respuesta Funcional

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).

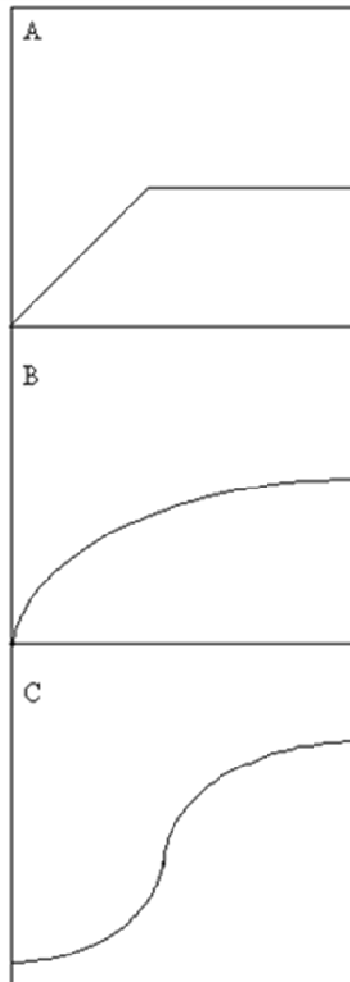
Holling (1961) reporta que los componentes de la respuesta funcional son: la tasa de éxito en la búsqueda, tiempo de exposición, tiempo de manipuleo, hambre, aprendizaje del depredador, inhibición por la presa, explotación, interferencia entre depredadores, facilidad social y el aprendizaje de la presa a evitar ser depredada.

Holling (1959) define tres tipos de curvas (Figura 2.1) para la respuesta funcional:

- I). 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.
- II). En este tipo la meseta de la curva es alcanzada en forma curvilínea, y se encuentra en organismos invertebrados (*Notonecta spp.* sobre larvas de culícidos).
- III). Aquí, la respuesta está representada por una curva sigmoidea; se representa en vertebrados (aves).

El objetivo final de un estudio de depredación es comprender y definir los factores y mecanismos responsables de la estabilidad del sistema depredador- presa (Badii y McMurtry, 1990).

Na
Número de
Presas atacadas



No
Número de presas
ofrecido

Figura 2.1 Curvas de respuesta funcional (Holling, 1959)
A) Tipo I, lineal. B) Tipo II, asintótica.
C) Tipo III, sigmoidal

Modelo de transformación de Holling

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

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

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

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

Donde:

N_a = no. de presas muertas.

N_o = no. de presas ofrecido.

a' = tasa instantánea de descubrimiento de presa.

T_t = tiempo total de exposición depredador-presa.

T_h = tiempo de manipulación.

FUNCTIONAL RESPONSE OF *NEOSEIULUS CALIFORNICUS* MCGREGOR ON
TETRANYCHUS URTICAE KOCH ON APPLE LEAFS

J. Landeros³, P. Cerda³, M.H.Badii⁴ V. Sánchez³, E.Cerna³ and L.P. Guevara³

ABSTRACT

The functional response of *Neoseiulus californicus* (McGregor), a phytoseiid predator to eggs, larvae, nymphs and females of *Tetranychus urticae* Koch were investigated. The predation trials were conducted on apple leaves over a period of 24 h at 27±2°C and 60% RH. The functional response was Type II according to Holling's (1959) model. The rate of instantaneous discovery (a') was 0.9352 for eggs, 0.9260 for larvae, 0.8320 for nymphs and 0.6786 for females adults while handling time (T_h) was 0.0122, 0.0116, 0.0126 and 0.0532 for the same stages, respectively.

¹Acari: Phytoseiidae

² Acari: Tetranychidae

³ Departamento de Parasitología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. C.P. 23315, Buenavista, Saltillo, Coahuila; México, janflo@uaaan.mx

⁴ Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. C.P. 66450. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

INTRODUCTION

Some of the characteristics to estimate the efficiency of a predator are: a) high dispersion ability, b) distribution in respect to the prey, c) high reproduction potential, d) voraciousness, e) high degree of specificity to the prey, f) morphological characteristics and g) taxonomic groupings, (McMurtry 1982) . According to Huffaker *et al* (1971) a predator must be evaluated according to its adaptability to environmental heterogeneity, searching capacity, functional and numerical response, Spatio-temporal synchronization with the prey and specificity. Solomon (1949) described how the consumption rate of individual consumer changes with respect to resource density, and also how the per-capita reproductive rate changes with resource density. Holling (1959) identified three basic types of functional response.

Neoseiulus californicus (McGregor) has been used for biological control of spider mite in various field crops (McMurtry and Croft, 1997). How a biological control agent against *Tetranychus urticae* in strawberries (Wysoki, 1985; Coop and Croft, 1995, Oatman et al , 1977 and Vanderbruggen, 1998), on apple against *Panonychus ulmi* (Monetti and Fernandez, 1995; Monteiro, 1994). On avocado against *Oligonychus perseae* Tuttle, Baker and Abbatiello. (Hoddle 1999; Kerguelen and Hoddle 1999), The objective of the present study was to determine the functional response of *Neoseiulus californicus* on *Tertranychus urticae* on apple leaves.

MATERIALS AND METHODS

Colonies of *T. urticae* were maintained by infesting bean plants reared under greenhouse conditions 25 ± 5 °C. Predator mites used as breeding stock were obtained from the commercial product Spical® (Koppert, S.A. México) and maintained on bean plants infested with two-spotted mites.

The functional response was determined in a bioclimatic chamber and following Ahmadi's modified mite predation arena technique (Ahmadi, 1983) consisting of apple leaves at a temperature of 27 ± 2 °C, 60 % R.H. during a 12 hr photophase. The experimental unit used in these trials consisted of apple leaves covered with a filter papers with a central orifice, located on a water-saturated cotton base and placed in a petri dish.

To measure predation on eggs of *T. urticae* by *N. californicus*, 2-15 females of the two spotted mite were placed on an apple leaf one day before the beginning of the trial. Just before the initiation of the test, adult females of *T. urticae* were removed and only the deposited eggs were left on the apple leaf. Egg numbers per leaf were adjusted to densities of 1, 2, 4, 8, 16, 32 or 64. To measure *N. californicus* predation response on *T. urticae* larvae, nymphs and adults the same procedure as previously described was used, except that once the females were removed, the eggs were left to hatch and molt into larval, nymphal and/or adult stages as required. One mated female predator (two-day postmaturation) was placed at each prey density. Furthermore, each prey density was

replicated 15 times. Predation was recorded at the end of a 24-h. period. The functional response for the different developmental stages of *T. urticae* was determined by fitting the data to the Holling equation (Holling 1959): $N_a = a' T_t N_o / (1 + a' T_h N_o)$, and the calculations for a' and T_h were obtained by: $N_a / N_o = a' T_t - a' T_h N_a$, where N_a = number of prey individuals attacked, N_o = initial density of the prey, a' = instantaneous rate of discovery, T_t = total time of exposure (predator/prey) and T_h = handling time.

RESULTS AND DISCUSSION

The number of eggs, larvae, nymphs and adults killed by *N. californicus* are indicated in Table 1 at a density of 64 prey. The highest number of prey killed was an initial prey larval density of 64 per arena with a mean number of 20.33 larvae followed by nymphs (14.53) and eggs (13.93). The maximum mean predation rate on prey adult (2.93) was obtained at an initial density of 16 prey individuals. The results of predation of *Neoseiulus californicus* on *T. urticae* in this investigation were higher than those reported by Castagnoli et al (2001) who mentioned that a mated female of *N. californicus* consumed 9.04 and 11.41 eggs daily after one and five days of exposition. Their results were also higher in the case of nymphs, where they reported an average consumption of protonymphs at 25°C of 6.97 and 6.48 on the first and fifth day, respectively.

Cuellar et al (2001) studied the consumption and oviposition traits of six phytoseiid species feeding on eggs of *Mononychellus tanajoa*, reporting a maximum egg predation rate of 40 for *N. californicus* at an initial density of 200 eggs.

Castagnoli and Simoni (1999) reported a maximum egg predation rate of *T. urticae* of 17 for a strain of *N. californicus* reared in the laboratory on *Tetranychus urticae* and another strain collected in strawberry fields, at an initial egg density of 80 per 5 cm²; in contrast with approximately 12 and 14 for strains reared on *Dermatophagoides farinae* and *Quercus spp.* pollen as food respectively. These authors recorded on protonymphs, the maximum predation rate at the highest prey density (30 *T. urticae* protonymph) for strains reared on pollen and *T. urticae* (approximately 9.90 protonymphs consumed).

TABLE 1. Mean Observed Number \pm Standard Deviation of *Tetranychus urticae* Eggs, Larvae, Nymphs and Adults Killed by a Single Mated Female of the Predaceous Mite *Neoseiulus californicus* on Apple Plant Leaf over a 24-h Period at 27 \pm 2°C.

Prey Density	Mean Number ^a							
	Eggs		Larvae		Nymphs		Females	
	No \pm SD	Na ^b	No \pm SD	Na	No \pm SD	Na	No \pm SD	Na
1	0.866 \pm 0.34 e	0.9247	1.000 \pm 0.00 f	0.9161	0.800 \pm 0.40 f	0.8233	0.733 \pm 0.44 c	0.6549
2	1.866 \pm 0.50 d	1.8287	1.733 \pm 0.44 e	1.8130	1.867 \pm 0.34 e	1.6298	1.400 \pm 0.611 bc	1.2658
4	3.267 \pm 1.12 c	3.5776	3.600 \pm 0.61 d	3.5514	3.066 \pm 1.06 d	3.1940	1.600 \pm 1.14 bc	2.3719
8	7.000 \pm 1.71 b	6.8558	6.533 \pm 2.85 c	6.8217	6.133 \pm 1.78 c	6.1410	2.060 \pm 0.92 ab	4.2123
16	14.867 \pm 1.96 a	12.6533	12.00 \pm 2.85 b	12.6430	9.930 \pm 1.88 b	11.3999	2.930 \pm 1.18 a	6.8822
32	14.667 \pm 2.52 a	21.9225	18.4 \pm 4.01 a	22.4052	12.130 \pm 2.60 ab	19.9362		
64	13.933 \pm 3.68 a	34.5929	20.33 \pm 4.88 a	35.1201	14.530 \pm 3.26 a	31.8674		
á	0.9352		0.9260		0.8320		0.6786	
Th	0.0122		0.0116		0.0126		0.0532	

^a Means in each column followed by different letters are significantly different (Tukey's multiple range test, p \leq 0.05).

^b Successful attacks.

They concluded that the functional and numerical responses of *N. californicus* were influenced by the type of the diet used for rearing predators.

As Table 2 indicates, there was a significant difference among the numbers of prey consumed per predator for each prey stage (ANOVA, $p \leq 0.05$). Using Tukey's Multiple Range Test, we found that for each prey stage, with the exception of the last three highest densities on eggs and the last two highest densities on other stages, there were significant differences among the prey numbers consumed by the females predator (Table 1). With respect to this point, Sabelis (1985), reported that multiple factors influence the plateau level of functional response curve.

TABLE 2. Analisis of Variance (ANOVA) for Different Developmental Stages of *T. urticae* Preyed on by Females of *N. californicuss* on Apple Plant Leaf at 27 ± 2 °C (* = Significant Difference, $p \leq 0.05$)

Prey Stage	Source of variation	Mean Squared	F. obs.	p
Egg	Density	11.8587	179.28	0.0001*
	Error	0.0661		
Larvae	Density	12.9721	274.0806	0.0001*
	Error	0.0472		
Nymph	Density	10.1720	161.77	0.0001*
	Error	0.0628		
Females	Density	1.355667	9.3749	0.0001*
	Error	0.144606		

The functional response was of type II according to Holling's (1959) model. The values of the instantaneous rate of discovery (a) were 0.9352, 0.9260, 0.8320 and 0.6786 for eggs, larvae, nymphs and adults respectively. And the values of handling time of the predator (T_h) were 0.0122, 0.0116, 0.0126 and 0.0532 for eggs, larvae, nymphs and adults, respectively. Cédola et al (2001) reported a mean consumption of 4.11 and 4.00 for protonymphs and deutonymphs of *N. californicus* on a density of 64 eggs of *T. urticae* in leaves of tomato hybrid "Parador" and a mean of 4.33 adults of *T. urticae* eaten by adults of *N. californicus*, with very similar results for the "Fortaleza" hybrid. They also registered a predator handling time (T_h) of 5.24 on both hybrids and an attack rate (a) of 0.032 and 0.034 on the hybrid "Parador" and "Fortaleza", respectively

Laing and Osborn (1974) reported a type II functional response for *Amblyseius chilensis* (= *N. californicus*) feeding on males of *Tetranychus urticae*. Similar type II functional response curve for this predaceous mite species was found by Friese and Gilstrap (1982) on the eggs of *Tetranychus cinnabarinus*.

LITERATURE CITED

Ahmadi, A. 1983. Demographic toxicology as a method for studying the dicofol-two spotted spider mite (Acari:Tetranychidae) system. J. Econ. Entomol. 76:239-242.

- Castagnoli, M. and S. Simoni, 1999. Effect of long-term feeding history on functional and numerical responses of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). Exp. Appl. Acarol. 23(3): 217-234.
- Castagnoli M, S. Simoni and G. Nachman . 2001. Short-term changes in consumption and oviposition rates of *Neoseiulus californicus* strains (acari: Phytoseiidae) after a diet shift. Exp. Appl. Acarol. 25(12): 969-83
- Coop, L.B. and B. A. Croft 1995. *Neoseiulus fallacis*: dispersal and biological control of *Tetranychus urticae* following minimal inoculations into a strawberry field. Exp. Appl. Acarol. 19: 31-43.
- Cédola, C., Sánchez, N. and Liljesthröm, G. 2001. Effect of the leaf hairness in functional and numerical response of *Neoseiulus californicus* McGregor (Acari: Phytoseiidae) in tomato. Exp. & appl. Acarology, 25 (10-11):819-831.
- Cuellar M. E., P. A. Calatayud , E. L. Melo, L. Smith, and A. C. Bellotti, 2001. Consumption and Oviposition rates of six Phytoseiid species feeding on eggs of the cassava green mite *Mononychellus tanajoa* (Acari: Tetranychidae) Fla. Entomol. 84(4): 602-608.
- Friese, D.D. and F. E. Gilstrap, 1982. Influence of prey availability on reproduction and prey consumption of *Phytoseiulus persimilis*, *Ambliseius californicus* and *Metaseiulus occidentalis* (Acari:Phytoseiidae). Int. J. Acarol. 8 (2) :85-89.

- Hoddle, M. S. 1999. Using *Neoseiulus californicus* for perseae mite control. California Avocado Society. Yearbook 83: 127-139.
- Holling, C. S. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. Can. Entomol. 91:385-398.
- Huffaker, C. B., P. S. Messenger and P. de Bach. 1971. The natural enemy component in natural control and the theory of biological control. In C. B. Huffaker (Editor) Biological Control. Plenum Publishing. New York. 511 pp.
- Kerguelen V. and M. S. Hoddle 1999 Biological control of *Oligonychus perseae* (Acari: Tetranychidae) on avocado : II Evaluating the efficacy of *Galendromus helveolus* and *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) Internat. J. Acarol. 25: 221-229
- Laing, J. E. and J. A. L. Osborn 1974. The effect of prey density on the functional and numerical response of three species of predatory mites. Entomophaga 19: 267-277.
- McMurtry, J. A. 1982. The use of phytoseiids for biological control: Progress and future prospects. P 92. In M. A Hoy [ed.] Recent advances in knowledge of the Phytoseiidae. Agricultural Sciences Publications. University of California, Berkely, C. A.

- McMurtry, J. A. and B. A. Croft 1997. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control . Annual Revue of entomology, 42, 292-321.
- Monetti, L.N. and N. A. Fernandez 1995 Seasonal population dynamics of the European red mite (*Panonychus ulmi*) and its predator *Neoseiulus californicus* in a sprayed apple orchard in Argentina (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae). *Acarologia* 36:325-331.
- Monteiro, L. B. 1994. Manejo Integrado de *Panonychus ulmi* em macieira: primeiras experiências com a introdução de *Neosiulus californicus*. *Rev. Bras. Frut.* 16:46-53
- Oatman , E. R., J. A. McMurtry , F. E. Gilstrap and V. Voth. 1977. Effect of releases of *Amblyseius californicus* on the two spotted spider mite on strawberry in Southern California. *J. Econ. Entomol.* 70: 638-640.
- Sabelis, M. W. 1985. Predation on Spider Mites, pp 103-129.in W. Helle and M. W. Sabelis (eds). *Spider Mites, Their Biology, Natural Enemies and Control*. World Crop Pests Vol. 1B Elsevier, Amsterdam 458pp.
- Solomon, M. E. 1949. The natural control of animal populations. *Journal of Animal Ecology* 18: 1-35.

Vanderbruggen D. 1998. Strawberries . Results of integrated pest control in Strawberries. Proeftuinnieuws : 19, 42-43.

Wysocki, M. 1985. Outdoor crops. In: World Crop Pests. Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Control, Vol. 1B, W. Helle and M.W. Sabelis (eds), Elsevier, Amsterdam, pp.375-384.

CONCLUSIONES GENERALES

En base a las condiciones donde se desarrollo el presente trabajo de investigación podemos concluir que *Neoseiulus californicus* (McGregor) tiene características depredatorias que lo muestran como un potencial agente de control biológico, ya que presento altos consumos de *Tetranychus urticae* (Koch) en hojas de manzano.

Los datos de depredación obtenidos de esta investigación fueron ajustados al modelo de Holling (1959) resultando en una respuesta funcional del Tipo II.

En relación a la tasa instantánea de descubrimiento (a') *N. californicus* presentó valores de 0.9352, 0.9260, 0.8320 y 0.6786 para huevos, larvas, ninfas y adultos de *T. urticae* respectivamente; por lo que podemos mencionar que es más eficiente con estadios inmóviles y juveniles disminuyendo esta capacidad conforme la presa es más grande y móvil.

Por otro lado, para el tiempo de manipulación (T_h) *N. californicus* mostró valores muy similares para huevo, larva y ninfas de *T. urticae* con 0.0122, 0.0116 y 0.0126 respectivamente; mientras que para adultos (0.0532) este valor aumento 4 veces respecto con los estadios mencionados, por lo que podemos mencionar que *N. californicus* es más eficiente con estadios inmaduros de *T. urticae*.

LITERATURA CITADA

- Andrews, K. 1989. "Introducción a los conceptos de manejo integrado de plagas".
En: Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura; estado actual
y futuro. Andrews, K & Quezada, J.R. (ed). Pag. 4 – 20.
- Badii, M. H. y J. A. McMurtry. 1990. Field Experiments of Predation: Dispersion,
Regulation and Population Changes. Publ. Biológicas, F.C.B./U.A. N. L. 4:43-48.
- Castagnoli M. y Simoni S. 1994. The effect of different constant humidities on
eggs and larvae of *Amblyseius californicus* (McGregor) (Acari :
Phytoseiidae). Florence, Italy. Redia. Vol. 77:2, 349-359.
- Chant, D. A. 1985. "Systematics and taxonomic". En: Spider mites: Their biology,
natural enemies and control. Helle, W. & Sabellis, M.W. (ed). Elsevier Science
Pub. Leiden. Holanda. Pag. 17 – 19.
- Coop, L.B. y B.A. Croft. 1995. *Neoseiulus fallacis* : dispersal and biological control of
Tetranychus urticae following minimal inoculations into a strawberry field. Exp.
Appl. Acarol. 19:31-43.
- Costa C. J., Santamaria A., Ferragut F. y García M. F. 1994. Poblaciones de
ácaros en la cubierta vegetal de los huertos de manzano. España. Boletín de
Sanidad Vegetal. Vol. 20 (2): 335-339.
- Cruz, M. P. 1984. Acaros fitófagos de los principales cultivos de México. En Vera G. J.,
E. Prado y A. Lagunes (Editores) Chapingo, México. pp 251-259.

- DeBach P. 1968. Control biológico de insectos plaga y malas hierbas. Compañía Editorial. Continental. México.
- Estébanes, M. L. 1989. Acaros en frutales del Estado de Morelos. Instituto de Biología de la UNAM y Dirección General de Sanidad y Protección Forestal SARH, México, D.F.360 pp.
- Ferreira M. A., y Carmona M. M. 1994. Acarofauna of *Phaseolus sp.* in Portugal. Boletín de Sanidad Vegetal. Vol 20:1, 111-118.
- Giménez F.R.M., W. A. Erb, B.L. Bishop y J.C. Scheerens. 1994. Host – pest relationships between the twospotted spider mite (Acari : Tetranychidae) and strawberry cultivars with differing levels of resistance. Journal of Economic Entomology. 87 (1): 168 – 175.
- González Z.J.E., García M .T., Saques J., Masiello L. O. y Ribes A. 1998. Binomial and sequential sampling programs for *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae) and *A. californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) on strawberry. Spain. Boletín de Sanidad Vegetal. V. 19(4): 559-586.
- Gould, H. J. 1987. Protected crops. En, Burn A.J., T. H. Croaker y P. C. Jepson, Edits.: Integrated Pest Management. Academic Press Co. P.p. 404-405.
- Hoddle, M. S. 1999. Using *Neoseiulus californicus* for persea mite control. California Avocado Society. Yearbook 83: 127-139.
- Holling, C. S. 1959. Some characteristics of simple types of depredation and parasitism. Can.Ent. 91:385-398.
- Holling, C.S. 1961. Principles of insect predation Ann. Rev. Entomol. 6:163-182.

- Huffaker, C. B., P. S. Messenger y P. De Bach. 1974. The natural enemy component in natural control and the theory of biological control, Chapter 2, in Biological control. Plenum Publishing, New York. 16-26 pags.
- Iraola V. M., Biurrun R., Moraza M. L. y Esparaza M. J. 1994. Predators of the family Phytoseiidae on red spider mite *Panonychus ulmi* (Koch) in orchards in Navarra. Spain. Boletín de Sanidad Vegetal. Vol. 20: 3, 687-694.
- Iraola V. M., Moraza M. L., Biurrun R. y Ferragut F. 1997. Fitoseiidos (Acari: Phytoseiidae) en maíz y en vegetación de ribazo en Navarra. Densidades y composición de especies. España. Boletín de Sanidad Vegetal. Vol. 23(2):209-220.
- Jeppson, L. R., H. H. Keifer, y E. W. Baker. 1975. Mites Injurious to Economic Plants. University of California Press. 614 pp.
- Kain D. and Nyrop j. 1995. Predatory mites. Insect identification fact sheet. No. 23. www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/predators/
- Kerguelen V. y M. S. Hoddle. 1999. Biological control of *Oligonychus perseae* (Acari: Tetranychidae) on avocado: II Evaluating the efficacy of *Galendrous helveolus* and *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). Internat. J. Acarol. 25:221-229.
- Krantz G. W.. 1978. A manual of acarology. Segunda edición. Oregon State University. Book Store Inc.
- Malais M. y Ravensberg W. J.. 1992. Knowing and Recognizing. First edition. Koppert B. V., Berkel en Rodenrijs. The Netherlands.

- McMurtry, J. A. 1982. The use of Phytoseiids for biological control: progress and future prospects. In recent advances in Knowledge of Phytoseiidae, M. Hoy (ed.). Berkeley, Univ. Calif. Special Publ. pp. 23-48.
- McMurtry, J. A. y B. A. Croft. 1997. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Ann. Rev. Entomol.*, 42, 292-321.
- Monetti, L.N. y N.A. Fernandez. 1995. Seasonal population dynamics of the European red mite (*Panonychus ulmi*) and its predator *Neoseiulus californicus* in a sprayed apple orchard in Argentina (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae). *Acarologia* 36: 325-331.
- Monteiro, L. B. 1994. Manejo Integrado de *Panonychus ulmi* em macieira: primeiras experiencias com a introdução de *Neoseiulus californicus*. *Rev. Bras. Frut.* 16:46-53.
- Muma, M. H. and Denmark, H. 1970. "Artropods of Florida and neighboring land areas; Phytoseiidae of Florida". Florida Department of Agriculture and Consumer Services. Vol. 6. Pag. 150.
- Nicotina M. 1997. Phytoseiid mites found in the vineyards of the Lazio region, Italy. *Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria "Filippo Silvestri"*. Vol. 52: 117-130.
- Nuez F. 1995. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. España.
- Oatman, E. R., J. A. McMurtry, F. E. Gilstrap y V. Voth. 1977. Effect of releases of *Amblyseius californicus* on the two spotted spider mite on strawberry in Southern California. *J. Econ. Entomol.* 70: 638-640.

- Pratt P. D., Monetti L. N. y Croft B. A. 1997. With-in and between plant dispersal and distribution of *Neoseiulus californicus* and *N. fallacis* (Acari : Phytoseiidae) in bean and apple plant systems. Department of entomology. Oregon State University.
- Preece J. E. y Read P. 1993. The biology of horticulture. John Wiley and soon. U.S.A. Pag. 414.
- Ramírez L. A., Ramos L., Chico R., Rodriguez H. 1998. *Amblyseius californicus* (Acari: Phytoseiidae): new report for Cuba. San Jose de las Lajas, Havana, Cuba. Revista de Protección Vegetal. Vol. 3:1, 53-57.
- Sabelis, M.W. 1985. Development. spider mites. Their biology, natural enemies and control. vol 1B. W. Helle and M.W. Sabelis. Eds. Elsevier Science Publishers. B.W., Amsterdam. pp. 43-53.
- Saito, Y. 1985. Life types of spider mites. En Helle W. y M. W. Sabelis (Editores). Spider mites their biology, natural enemies and control. Vol. 1A. Elvesier Science Publishing Company. 253-264. pp.
- Solomon, M.E. 1949. The natural control of animal populations. J. Anim. Ecol. 18:1-35.
- Teliz, O.D. y F. J. Castro. 1973. El cultivo de la fresa en México. Folleto de Divulgación no. 48. INIA-CIAB. MÉXICO.
- Tuttle, D. M. y E. W. Baker. 1968. Spider Mites of Southwestern United States and a revision of the family Tetranychidae. The University arizona Press. 129 pp.
- Vanderbruggen, D. 1998. Strawberries. Results of integrated pest control in strawberries. Proeftuinnieuws: 19, 42-43.

- Van de Vrie, J.A. McMurtry y C.B. Huffaker. 1972. Biology, ecology, and pest status and host-plants relations of tetranychids: Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: A Review. *Hilgardia*. 41(13):343-432.
- Veerman, A. 1977. Aspects of the induction and termination of diapause in a laboratory strain of the mite *Tetranychus urticae*. *J. Insects Physiology*. 23:703-711.
- Veerman, A. 1985. Diapause in tetranychid mites: Characteristics and occurrence. pp. 279-310. En Helle W. y M. W. Sabelis. (Editores) Spider mites biology., natural enemies and control. Vol. 1A. Elsevier Science Publishing Company.
- Villaronga P. y Garcia M. F. 1998. The tetranychid mites and their natural enemies of hazelnut cultivation in Catalonia. Spain. *Boletín de Sanidad Vegetal*. 14: 1, 39-44.
- Yañes, A. G. 1989. Respuesta de 6 variedades de crisantemo (*Crisanthemum morifolium* Ramat) al ataque de araña roja (*Tetranychus urticae* Koch). Depto de Parasitología Agrícola UACH. Chapingo, México.
- Wysoki, M. 1985. Outdoor crops. En: World Crop Pests. Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Control, Vol. 1B, W. Helle and M. W. Sabelis (eds), Elsevier, Amsterdam pp. 375-384.

APÉNDICE

Cuadro A1. Presas muertas por *Neoseiulus californicus* sobre huevecillos de *Tetranychus urticae* sobre hojas de manzano a 24 horas.

No/Densidad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	13
2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	28
4	4	4	4	3	2	2	4	1	4	1	4	4	4	4	4	49
8	8	8	5	3	5	8	8	8	4	8	8	8	8	8	8	105
16	15	16	14	16	15	16	14	15	8	16	16	15	16	16	15	223
32	15	17	15	14	15	16	14	10	12	17	18	19	10	14	14	220
64	14	16	12	7	13	19	11	16	14	8	19	15	19	16	10	209

Cuadro A2. Presas muertas por *Neoseiulus californicus* sobre larvas de *Tetranychus urticae* sobre hojas de manzano a 24 horas.

No/Densidad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	26
4	4	4	3	2	4	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	54
8	8	8	8	8	4	6	5	5	7	4	8	8	3	8	8	98
16	7	13	15	15	14	8	13	14	15	14	11	6	11	11	13	180
32	22	19	22	15	22	11	23	13	23	18	13	22	14	20	19	276
64	23	18	21	24	25	25	22	24	11	14	26	24	12	15	21	305

Cuadro A3. Presas muertas por *Neoseiulus californicus* sobre ninfas de *Tetranychus urticae* sobre hojas de manzano a 24 horas.

No/Densidad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	12
2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	28
4	1	2	2	2	2	4	3	4	4	4	2	4	4	4	4	46
8	7	3	6	7	5	8	6	5	7	8	7	5	8	8	2	92
16	9	10	12	14	10	10	10	6	12	9	10	11	10	9	7	149
32	12	6	13	13	11	13	11	14	8	14	15	11	13	11	17	182
64	14	17	11	16	15	15	17	16	14	18	10	9	17	20	9	218

Cuadro A4. Presas muertas por *Neoseiulus californicus* sobre adultos de *Tetranychus urticae* sobre hojas de manzano a 24 horas.

No/Densidad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	11
2	0	1	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	2	1	2	21
4	2	2	0	1	0	1	4	3	3	0	2	2	2	1	1	23
8	2	2	3	2	4	3	1	2	2	1	3	2	2	2	0	31
16	4	1	4	1	2	3	5	2	4	2	2	3	4	4	3	44
32	2	4	3	1	4	4	4	3	2	2	3	1	1	2	1	37
64	0	4	1	2	4	2	4	3	2	1	0	4	2	2	2	33