

RESPUESTA FUNCIONAL Y PARAMETROS
POBLACIONALES DE *Phytoseiulus persimilis*
ATHIAS-HENRIOT SOBRE ARAÑITA DE
DOS PUNTOS *Tetranychus urticae* Koch
(ACARI: PHYTOSEIIDAE: TETRANYCHIDAE).

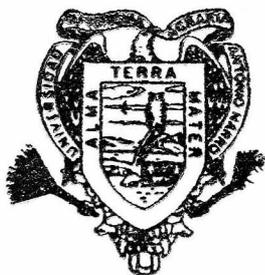
SERGIO RODRIGUEZ MARTINEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN PARASITOLOGIA AGRICOLA



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

SEPTIEMBRE DE 1999

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCION DE POSTGRADO

RESPUESTA FUNCIONAL Y PARAMETROS POBLACIONALES DE
Phytoseiulus persimilis ATHIAS-HENRIOT SOBRE ARAÑITA DE DOS
PUNTOS *Tetranychus urticae* KOCH (ACARI: PHYTOSEIIDAE:
TETRANYCHIDAE).

TESIS

POR

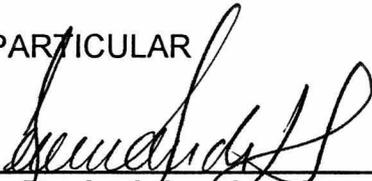
SERGIO RODRIGUEZ MARTINEZ

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

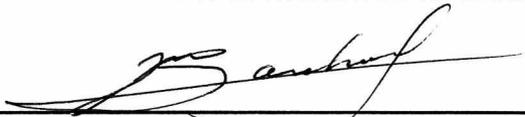
Asesor Principal:


Dr. Jerónimo Landeros Flores

Director externo:


Dr. Mohammad H. Badii Z.

Asesor:

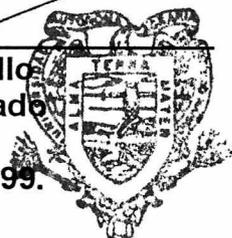

M.C. Victor M. Sánchez Valdés

Asesor:


M.C. Antonio Cárdenas Elizondo


Dr. Ramiro López Trujillo
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Septiembre de 1999.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", en especial al Departamento de Parasitología Agrícola por haber hecho realidad un deseo más de superación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por brindarme los recursos para lograr y llevar con buen fin mis estudios de Postgrado.

Al Dr. Jerónimo Landeros Flores por su colaboración en este trabajo y disponibilidad en mi formación como Maestro en Ciencias en Parasitología Agrícola, por su muy valiosa amistad dentro y fuera de las aulas.

Al Dr. Mohammad H. Baddi Z., Al M.C. Victor M. Sánchez Valdés y Al M.C. Antonio Cárdenas Elizondo, por su valiosa participación y apoyo brindado en la revisión bibliográfica del presente trabajo, así como por su amistad.

A todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron para la culminación de la investigación.

DEDICATORIA

Con respeto a mis padres: Miguel Rodríguez López (+) y Leobarda Martínez Jaimez .

A mis hermanos: Ignacio (+), Francisco, Ariel, Mirella, Esther, Misael, Emilio, Carmen (+), Guillermo, Daniel, Otoniel (+).

A mis sobrinos: (todos).

Con amor a mi esposa: María Martha Ríos Raya, que con su amor, cariño y comprensión me ha dado motivos para realizar mis propósitos y superar los momentos difíciles de mi carrera.

A mis suegros: Los señores Alfredo Ríos y Celia Raya.

A todos mis compañeros y amigos con los que conviví en la maestría.

COMPENDIO

RESPUESTA FUNCIONAL Y PARÁMETROS POBLACIONALES DE
Phytoseiulus persimilis ATHIAS – HENRIOT SOBRE ARAÑITA DE DOS
PUNTOS *Tetranychus urticae* KOCH (ACARI: PHYTOSEIIDAE:
TETRANYCHIDAE)

POR

SERGIO RODRÍGUEZ MARTÍNEZ

MAESTRÍA

PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. SEPTIEMBRE DE 1999

Dr. Jerónimo Landeros Flores – asesor –

Palabras clave: Respuesta funcional, parámetros poblacionales,
Phytoseiulus persimilis Athias – Henriot, *Tetranychus*
urticae Koch. araña de dos manchas.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en una cámara bioclimática del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" en Buenavista, Saltillo, México, en el periodo de agosto de 1998 a mayo de 1999, cuyos objetivos fueron: evaluar la respuesta funcional

de hembras grávidas de *Phytoseiulus persimilis* Athias – Henriot, en huevos, larvas, ninfas y adultos hembra de la arañita de dos manchas *Tetranychus urticae* Koch y determinar los parámetros poblacionales.

La respuesta funcional de hembras grávidas de la arañita depredadora, *P. persimilis*, sobre huevos, larvas, ninfas y adultos hembras de la arañita de dos puntos fue evaluada en discos de hojas de frijol pinto americano a periodos de tiempo de 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 24 horas a $28 \pm 2^\circ\text{C}$, 60 por ciento de humedad relativa a 24 horas continuas de luz fluorescente. Las densidades de presas ofrecidas fueron de 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 y 100 huevecillos y larvas; 1, 2, 4, 8, 16, 32 y 64 para ninfas y 1, 2, 4, 8 para hembras adultos de *T. urticae* por discos de hoja de frijol pinto americano. En todos los ensayos se utilizaron 15 repeticiones para cada densidad. Para el estudio de parámetros poblacionales, se estableció una cohorte de 37 hembras grávidas de *P. persimilis* teniendo como alimento todos los estados de desarrollo de *T. urticae*, y en base a los valores de supervivencia y reproducción se calcularon las estadísticas demográficas.

Al analizar los resultados, se encontró que la respuesta funcional de *P. persimilis* sobre los diferentes estados de desarrollo de *T. urticae*, indicó que el comportamiento del depredador fue del tipo II, llegando a la asintota por una línea curvilínea cuando las presas fueron huevos, larvas y ninfas. En cambio describe una línea recta para las hembras adulto de la arañita de dos

manchas. La tasa instantánea de descubrimiento (a') fue de 1.0175, 0.9785, 1.1068 y 1.0450, y el tiempo de manipulación, T_h fue de 0.00821, 0.00440, 0.01498 y 0.02288 para los estados de desarrollo de huevos, larvas, ninfas y adultos, respectivamente a las 24 horas.

Los estados de desarrollo más ampliamente atacados por el depredador fueron: huevos y larvas y en menor grado el de ninfas y adultos hembras de *T. urticae*, con promedios de depredación a las 24 horas de 52.3666, 63.0666, 32.666 y 6.9333 individuos respectivamente.

Los parámetros poblacionales para *P. persimilis* sobre *T. urticae* registrados en este estudio fueron: tasa reproductiva neta (R_0), 41.1081; tasa intrínseca de crecimiento (r_m), 0.4099; tasa finita de crecimiento (λ), 1.5068 y tiempo generacional (T_G), 9.0639.

ABSTRACT

FUNCTIONAL RESPONSE AND POPULATIONS PARAMETERS, OF
Phytoseiulus persimilis ATHIAS – HENRIOT ON TWO SPOTTED SPIDER
MITES *Tetranychus urticae* KOCH (ACARI: PHYTOSEIIDAE:
TETRANYCHIDAE).

BY

SERGIO RODRÍGUEZ MARTÍNEZ

MASTER IN SCIENCE

AGRICULTURAL

PARASITOLOGY

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. SEPTEMBER 1999.

Dr. JERONIMO LANDEROS FLORES – advisor – .

Key Words: Functional response, populations parameters, *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot. *Tetranychus urticae* Koch, two spotted spider mites.

This research work was carried in the laboratory of departament of parasitology of “Universidad Autonoma Agraria "Antonio Narro", in Buenavista, Saltillo, Coahuila; from august 1998 to may 1999. The objective was evaluate the functional response of *P. persimilis* females pregnant on eggs, larva, nymph and adult females of its prey, *T. urticae*.

The functional response of adult females of the predator smaller spider *P. persimilis*, on eggs, larvae, nymph and adult females of the smaller spider of two-spotted was evaluated in discs of American bean leaf at periods of time of 2, 4, 6, 8, 10, 12 and 24 hours at $28 \pm 2^\circ\text{C}$, 60 percent relative humidity to 24 continuous hours of fluorescent light. The prey density presented was of 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 and 100 little eggs and larvae, 1, 2, 4, 8, 16, 32, and 64 for nymph and 1, 2, 4 and 8 to adult females of *T. urticae* per discs of American bean leaf. In all the test they utilized 15 repetitions parameters will be a cohort of 37 adult females of *P. persimilis* taking as food all the states of development of *T. urticae*, and in base at the values of survival and reproduction was estimated the demographic statistic.

When the results were analyzed, found that the functional response of *P. persimilis* at the different states of development of *T. urticae*, showed that the predator's behaviour was the type II, reading to the asymptote for a curvaceous line.

When the prey was eggs, larvae and nymph. In change to describe a straight line for the adult female of the smaller spider with two stains. The instantaneous fee of discovery (a') was of 1.0175, 0.9785, 1.1068 y 1.0450 and the time of manipulate, T_h was of 0.00821, 0.00440, 0.01498 y 0.02288 for the states of development of eggs, larvae, nymph and adults respectively at the 24 hours.

The stages of development most enlargly attacked for predator was eggs, larvas, and a minor grade at nymph and adult females of *T. urticae* with average of predator at the 24 hours of 52.3666, 63.0666, 32.6666 and 6.9333 individual respectivly.

The populations parametrs for *P. persimilis* on *T. urticae* to registers in this studio was net reproductive rate (R_0) 41.108; intrinsic rate of increase (r_m), 0.4099, finite rate of increase (λ), 1.5068 and generation time (T_G), 9.0639.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Generalidades de <i>Tetranychus urticae</i> Koch	3
Distribución	3
Ubicación Taxonómica.....	4
Aspectos Biológicos y de Comportamiento	5
Huevo	5
Larva.....	6
Ninfa	6
Adulto.....	6
Mecanismos de Dispersión.....	8
Proporción de Sexo	9
Diapausa.....	10
Importancia del Control Biológico	10
Generalidades de Phytoseiidae.....	13
Importancia	13
Apareamiento y Proporción Sexual.....	15
Locomoción y Movimiento.....	16
Alimentación.....	18
Generalidades de <i>Phytoseiulus persimilis</i>	19
Importancia	20

Desarrollo Reproducción y Biología.....	20
Influencia de la Temperatura y Humedad Relativa.....	22
Hábitos Alimenticios.....	25
Dispersión y Búsqueda.....	25
Métodos de Liberación.....	27
Importancia de la Respuesta Funcional.....	28
Modelo de Transformación de Woolf.....	32
Modelo de Holling	32
MATERIALES Y METODOS.....	34
Obtención de <i>Tetranychus urticae</i>	34
Cría de <i>T. urticae</i> bajo condiciones de invernadero.....	35
Obtención de <i>Phytoseiulus persimilis</i>	35
Cría de <i>P. persimilis</i> Bajo Condiciones de Laboratorio.....	36
Procedimiento del Experimento.....	36
Obtención de parámetros poblacionales.....	38
Análisis de los Datos.....	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
CONCLUSIONES.....	60
RESUMEN.....	61
LITERATURA CITADA.....	66
APÉNDICE.....	74

INDICE DE CUADROS

CUADRO No		Página
3.1	Definición y Fórmulas para 10 Parámetros de Vida, según Birch, 1948.	42
4.1	Promedio de los diferentes estados de desarrollo de <i>T. urticae</i> depredados por <i>Phytoseiulus persimilis</i> sobre discos de hoja de frijol a diferentes densidades de la presa en periodos de 24 horas a $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$.	44
4.2	Análisis de varianza (ANVA) de los diferentes estados de desarrollo de <i>T. urticae</i> depredados por hembras de <i>P. persimilis</i> sobre discos de frijol pinto americano bajo diferentes densidades en un periodo de 24 horas a $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$.	46
4.3	Pruebas múltiples (Tukey) de los diferentes tratamientos (densidades) de los estados de desarrollo de <i>T. urticae</i> expuestos al depredador <i>P. persimilis</i> .	47
4.4	Respuesta funcional de <i>P. persimilis</i> con las diferentes etapas de desarrollo de <i>T. urticae</i> a 24 horas de exposición.	51
4.5	Parámetros de fecundidad, crecimiento poblacional y longevidad de <i>Phytoseiulus persimilis</i> sobre <i>Tetranychus urticae</i> a $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ U.A.A.N. Saltillo, Coahuila. 1999.	54

INDICE DE FIGURAS

Figura No		Página
2.1	Tipos de Respuesta Funcional, según Holling.	31
3.1	Técnica de la “Hoja Arena” Utilizado para los Estudios Biológicos y de Depredación de <i>Phytoseiulus persimilis</i> .	43
4.1	Respuesta Funcional de <i>Phytoseiulus persimilis</i> alimentados con huevos de <i>Tetranychus urticae</i> a las 24 horas.	49
4.2	Respuesta Funcional de <i>Phytoseiulus persimilis</i> alimentandose con larvas de <i>Tetranychus urticae</i> a las 24 horas.	49
4.3	Respuesta Funcional de <i>Phytoseiulus persimilis</i> alimentandose con ninfas de <i>Tetranychus urticae</i> a las 24 horas.	50
4.4	Respuesta Funcional de <i>Phytoseiulus persimilis</i> con adultos de <i>Tetranychus urticae</i> a las 24 horas.	50

INTRODUCCION

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 medidas de control pertinentes (Gould, 1987). Para su combate, una de las herramientas mas ampliamente utilizadas la constituye el control químico. Sin embargo, éste presenta desventajas tales como la destrucción de la fauna benéfica y la inducción de resistencia a los productos químicos utilizados al paso del tiempo (McMurtry *et al.*, 1970; Jeppson *et al.*, 1975).

Actualmente existe la tendencia a utilizar en programas de manejo integrado de plagas herramientas que alteren lo menos posible el medio ambiente, siendo una de ellas el control biológico. En el caso de esta plaga existen varios enemigos naturales que se han utilizado para su combate, uno de los que mejores resultados ha ofrecido es la especie *Phytoseiulus*

persimilis Athias-Henriot. Un ácaro depredador que se ha reportado en varias partes del mundo como un importante instrumento de control del ácaro de dos manchas.

En México, se encuentran ya empresas que se dedican a la venta de éste importante enemigo natural, sin embargo poco se sabe que tan eficientes sean estas líneas genéticas es por ello que se considera importante evaluar los atributos biológicos de poblaciones de esta especie. Ante esta situación y basándonos en el hecho de que un depredador debe ser evaluado de acuerdo a su adaptabilidad a medios heterogéneos, capacidad de búsqueda, respuesta funcional, respuesta numérica, sincronización espacio-temporal con la presa y especificidad. Se consideró importante una investigación tendiente al conocimiento de *Phytoseiulus persimilis* como agente regulador de las poblaciones de *Tetranychus urticae*. Para esto se plantearon como objetivos fundamentales: determinar la eficiencia de la capacidad depredadora *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, sobre huevos, larvas, ninfas y adultos de *Tetranychus urticae* Koch, mediante la evaluación de su respuesta funcional y determinar la capacidad de crecimiento poblacional de *P. persimilis* sobre *T. urticae*.

REVISION DE LITERATURA

Generalidades de *Tetranychus urticae* Koch

“El ácaro de dos manchas, “arañita roja” o “ácaro del invernadero”, *Tetranychus urticae* Koch, antiguamente formaba parte de un complejo de cerca de 59 sinónimos descritos para diferentes hospederas. (Jeppson *et al.*, 1975), Los ácaros de éste 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 (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 cacahuate, 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.

Ubicación taxonómica

El ácaro de dos manchas según Krantz (1970) se ubica en los siguientes taxas:

Phyllum: Arthropoda

Subphyllum: Chelicerata

Clase: Arachnida

Subclase: Acarida

Orden: Acariformes

Suborden: Prostigmata

Supercohort: Promata

Cohort: Eleutherogonina

Superfamilia: Tetranychoidae

Familia: Tetranychidae

Subfamilia: Tetranychinae

Tribu: Tetranychini

Género: *Tetranychus*

Especie: *urticae*

Aspectos biológicos y de comportamiento

El primer paso importante para el conocimiento de la biología del grupo de las especies de arañas de dos manchas fue dado a principios de los años 20's cuando se encontró que el macho de estas especies tenía un número de cromosomas haploide y la hembra diploide. Actualmente se conoce que esta especie presenta tres pares de cromosomas y partenogénesis de tipo arrhenotokia (Helle y Pijjacker, 1985).

Huevo

Los huevecillos de *T. urticae* miden en promedio entre 110 y 150 μm . Son de color translúcido a opaco blanquecino y cambian a color café conforme se va desarrollando el embrión, la superficie del córion 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 (Crooker, 1985). El mismo autor estudió el ciclo de vida de estos ácaros en el laboratorio (además de algunas observaciones de campo) y describió varios estados de vida, características de alimentación y hábitos de apareamiento. Asimismo, observó los efectos de la temperatura sobre el periodo de incubación de los huevecillos, reportando que a 24°C el período de incubación fue de tres días, mientras que se necesitaban 21 días a una temperatura de 11°C.

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 rojo carmín. Conforme pasa el tiempo se tornan de color verde claro y las manchas dorsales de color gris se empiezan a volver aparentes (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 de forma de hoz. La deutoninfa es muy similar a la protoninfa de tal forma que resulta difícil diferenciarlas., es ligeramente mas oscura, de mayor tamaño y se les puede reconocer el sexo. (Jeppson *et al.*, 1975).

Adultos

Jeppson *et al.*, 1975 mencionan que el macho adulto es de coloración mas pálida y mas pequeño que la hembra posee un abdomen puntiagudo y el mismo número de setas. Las manchas dorsales son casi imperceptibles y de color gris. Se ha demostrado que el tiempo de desarrollo postembrionario está íntimamente asociado con la temperatura. Crooker (1985), observó que a 22.8°C el desarrollo del estado larval era un día, mientras que a 12.5°C tardaba 11 días. El estado de protoninfa según este último autor es de un día a 23.3°C y de 13 días a 9°C. La deutoninfa tardó un día en completar su desarrollo a 23.4°C y el tiempo de desarrollo se prolongó hasta 45 días cuándo éstas se

expusieron a 4.3°C. Además de la temperatura, la humedad está también muy relacionada con el desarrollo del ácaro de dos manchas. Boudreaux (1958) estudió el efecto de la humedad relativa en la ovipostura, eclosión y supervivencia de seis especies de arañas y encontró que bajo condiciones de baja humedad (0 a 35 por ciento H.R.) las hembras de *T. urticae* ponen mas huevecillos y viven más. El autor concluye que el fenómeno es debido a que las condiciones anteriores ocasionan que la hembra ingiera alimento en mayor cantidad de tal forma que se concentra mas en el cuerpo por la razón de que también hay mayor evaporación a través de la cutícula.

Todos los ácaros de la familia Tetranychidae pasan por las fases inmaduras de larva, protoninfa, deutoninfa y finalmente adulto. Los estados inmaduros se alimentan y entre cada uno de ellos hay periodos intermedios de quiescencia llamados protocrisálida, deutocrisálida y teliocrisálida, respectivamente. Durante los períodos de inactividad el ácaro se adhiere al substrato y forma una nueva cutícula (Crooker,1985). Al igual que muchos artrópodos el patrón de oviposición de los tetraníquidos comprende un periodo corto de preoviposición, un rápido pico de incremento pocos días después y por último un decremento paulatino. Aun cuando ésto puede variar dependiendo de la temperatura con un óptimo para el ácaro de dos manchas de 28-32°C en el cual se presenta un período de preoviposición de 0.5 días en promedio (Van de Vrie *et al.*,1972).

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. La forma y característica de la telaraña 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 (Saitó, 1985).

El patrón de comportamiento de las hembras cambia como respuesta al desarrollo de la tela en hojas recién invadidas. Durante el inicio de la invasión las hembras comen activamente y giran sobre el hilo que se ha formado. Una vez que se ha cubierto parte de la hoja con telaraña su actividad se reduce y se esconden bajo la telaraña en donde se alimentan y ovipositan. Esto ocurre después de seis a siete horas de la invasión (Saitó, 1985). La telaraña además de las funciones ya mencionadas sirve también para dar protección contra factores climáticos adversos, enemigos naturales, acaricidas y puede marcar una especie de territorialidad contra individuos fitoparásitos de otras especies (Gerson, 1985).

Los tetraníquidos han desarrollado algunos mecanismos que les ayudan a dispersarse y colonizar plantas ampliamente separadas y pueden servir también como mecanismos de escape de los enemigos naturales. Para Kennedy y Smitley (1985) este mecanismo es el movimiento de individuos a partir de colonias altamente pobladas, pudiendo ocurrir de las partes infestadas a las no infestadas en una misma planta o bien hacia plantas diferentes. Según (Kennedy y Smitley 1985), la dispersión entre plantas en algunas especies es el resultado de la tendencia de un grupo de hembras prereproductivas a emigrar de las hojas en las cuales ellas se desarrollaron. Una vez que han ovipositado, pocas hembras de *Tetranychus urticae* tiene la tendencia a colonizar hojas nuevas o al menos lo hacen en menor grado que las hembras que no han iniciado la oviposición.

Proporción de sexos

La proporción sexual según (Helle y Pijnacker 1985), depende esencialmente de la cantidad de esperma transferido a la hembra. Si durante el apareamiento se interrumpe la cópula se produce un número inferior de hijas. En tanto que si se completa habrá una descendencia mayor de ellas, pudiendo considerarse como normal una producción de tres hembras por cada macho. Mencionan a su vez que en caso de que las hembras no hayan sido fecundadas se producirán machos por partenogénesis.

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 él mismo, 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 40 años, la eficacia de los agentes de control biológico 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 rebrotes de especies anteriormente sometidas por el control biológico natural. (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 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.

Dicho simplemente, la depredación es el consumo de un organismo (la presa) por parte de otro organismo (el depredador), estando la presa viva cuando el depredador la ataca por primera vez (De Bach, 1968). El mismo autor señala que los ejemplos más espectaculares 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 ellos 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 abajo 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 (De Bach, 1968).

Según McMurtry (1982), las características que determinan la eficiencia de un depredador, (concretamente un Phytoseiidae de hábitos especializados) son: a) Alto poder de dispersión; Algunas especies de Phytoseiidae se dispersan entre los cultivos con las corrientes de aire, y otras muestran alta movilidad bajo condiciones de invernadero. Sin embargo este factor está muy relacionado con algunas condiciones climáticas como la temperatura. b) Distribución respecto a la presa, este aspecto debe mirarse con cuidado, pues la distribución del depredador puede cambiar con la hora del día o con las condiciones climáticas; y algunas especies son atraídas por la telaraña que forman algunos tetránquidos. c) Alto potencial reproductivo; Especies como *P. persimilis* presentan mayor potencial reproductivo que otras especies de Phytoseiidae, a causa principalmente de su alta fecundidad y del tiempo de desarrollo tan corto que tienen si lo comparamos con el de su presa, *T. urticae*. Así, varias generaciones del depredador pueden ser producidas con una generación de la presa. Es importante anotar que el depredador especializado requiere abundante cantidad de presa para sobrevivir y reproducirse. d) Voracidad; De acuerdo con Sabelis (1981), una hembra grávida de *P. persimilis* tiene alta capacidad de depredación: consume por día de 14 a 23 huevos de *T. urticae*. e) Alto grado de especificidad de la presa; Este carácter indica una

buena adaptación biofisiológica al hospedero, y una dependencia aparente directa de los cambios de población de la presa. f) Características morfológicas y agrupamientos taxonómicos; Según McMurtry (1982), las tres especies consideradas más efectivas (*Phytoseiulus persimilis*, *Typhlodromus occidentalis* y *Amblyseius fallacis*), como depredadores específicos de Tetranychidae, presentan una seta larga en posición media del escudo dorsal (alguna de las setas dorsales D o J-j), similar a las de la serie de setas laterales L o S del escudo dorsal. La posesión de estas setas indica probablemente convergencia, y sugiere que la predación especializada de ácaros tetraníquidos evolucionó independientemente en varios grupos de Phytoseiidae.

Generalidades de Phytoseiidae

Importancia

Durante los últimos años, el interés del papel de los miembros de la familia Phytoseiidae como depredadores de ácaros tetraníquidos se ha generalizado. Muchos de los fitoseidos son ahora usados como agentes de control biológico en algunos ecosistemas agrícolas y otros 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 Phytoseiidae son de vida libre, terrestres y se encuentran en el follaje, corteza y humus en todas partes del mundo y han captado la atención debido a su capacidad depredadora, su utilidad para estudios experimentales de depredación y 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 anterior indica que deben soportar una variedad amplia de cambios en los factores ambientales; (2) Capacidad de búsqueda, en ésta 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; y (6) Especificidad, característica que debe considerarse en base a 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).

Dentro de las especies depredadoras que mayor éxito han alcanzado en programas de control biológico de arañas se incluye a: *Phytoseiulus persimilis* en cultivos de invernadero; *Typhlodromus occidentalis* en cultivos de hoja caduca tal como el manzano, nogal, y uvas en el occidente del Norte de

América; y *Neoseiulus fallacis* sobre frutales de hoja caduca en el este oriental del Norte de América (McMutry, 1982).

Apareamiento y Proporción Sexual

El Phytoseiidae macho es atraído por la feromona sexual que libera la hembra (Rock *et al.*, 1976; Hoy y Smilanick, 1979). Estas sustancias no identificadas, indudablemente tienen un papel importante en el comportamiento del apareamiento. En el proceso de apareamiento, el macho primero atrapa a la hembra por el dorso o la espalda (a excepción de las especies de *Phytoseiulus*) y entonces se mueve o se coloca en forma ventral quedando el macho debajo (Amano y Chant, 1978a), entonces el macho secreta un espermatozoido de su genital abierto y lo transfiere mediante sus queliceros, este órgano coloca el espermatozoido dentro del poro genital el cual se encuentra entre la coxa III y IV de la hembra. El tiempo de la copula es aproximadamente 2-8 horas y varía entre las especies (Overmeer *et al.*, 1984) los mismos autores mencionan que la inseminación ocurre por cualquiera de los poros coxales uno a cada lado del cuerpo (Schulten *et al.*, 1978). Algunas especies aparentemente requieren de apareamientos múltiples para completar la oviposición, tal es el caso de *Amblyseius andersoni* y *Phytoseiulus degenerans*; mientras que *Phytoseiulus persimilis* requiere solo de un apareamiento (Amano y Chant, 1978b; Eveleigh y Chant, 1982).

Locomoción y Movimiento

La velocidad de caminar y alcance lateral de los fitoseidos hembras están asociadas con la búsqueda de la presa; el incremento de la velocidad al desplazarse (como cuando son molestados) ocasiona una disminución de movimientos laterales (Sabelis, 1981).

En el caso de *Amblyseius largoensis* a periodos de 24 horas de inanición se estimula a movimientos de una búsqueda rápida pero después de 48 horas de inanición en promedio la tasa de movimiento disminuye aproximadamente 50 por ciento (McMutry, 1982; Blommers *et al.*, 1977). En medios con ambientes de humedad alta *P. persimilis* no decae como la de su presa, *T. urticae*, ya que continúan con un movimiento rápido, sin embargo tanto el depredador como su presa son mas activos en ambientes secos. (Mori y Chant, 1966).

Otro factor importante a considerar es la textura de la superficie de las hojas, en algunos casos como *Typhlodromus mangiferus* tiene mas problemas en hojas muy velludas o pilosas (Rasmy *et al.*, 1984).

La telaraña de los tetraníquidos juega un papel muy importante en la locomoción, búsqueda y comportamiento de los Phytoseiidae. La interacción es influenciada por el grado de telaraña en la habilidad del depredador para moverse dentro de la masa de telaraña. *Euseius hibbisci* se abstiene de

penetrar en la telaraña de *Oligonychus spp*; *Amblyseius limonicus* le impide menos y *Neuseius bibens* no es afectada (Overmeer y Van Zon, 1984).

Otra característica importante de los fitoseidos es su mecanismo de orientación que utilizan para encontrar a sus presas. Por ejemplo *Amblyseius aberrans* prefiere plantas cuya superficie superior sea adecuada (Daftari., 1979), mientras que *A. potentillae* prefiere superficies pubescentes del follaje independientemente del lado de estas (Overmeer y Van Zon, 1984).

Algunos fitoseidos son atraídos por la telaraña de los Tetranychidos, principalmente *N. fallacis*, *P. persimilis*, *T. occidentalis* (Huffaker et al., 1969; McMurtry et al., 1970; Takafuji y Chant, 1976). En la especie *P. persimilis* este comportamiento es el resultado de la percepción de señales del substrato de la presa, aparentemente esta señal es captada por la seta de ambos pedipalpos y del tarso de las patas I (Jackson y Ford, 1973).

Muchos tipos de comidas están disponibles para los Phytoseiidae en los distintos hábitos de las plantas, estos son explotados en diferentes grados de variabilidad. Al parecer el género *Phytoseiulus spp* se ha hecho más especializado a vivir sobre arañas y dentro de ellas parece ser que están más asociadas con especies de *Tetranychus*, Ashihara et al., (1978) demostraron que el desarrollo y reproducción de *P. persimilis* y *P. longipes*, respectivamente, eran más rápidas sobre especies de *Tetranychus*. Los

mismos autores mencionan que *P. persimilis* puede poner huevos cuando come solo un huevo de *T. urticae* diariamente.

Alimentación

Los órganos de ingestión de alimento de los Phytoseiidae 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. (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.

En los fitoseidos hay por lo menos dos divertículos o ciegos gástricos, los cuales proporcionan una cavidad adicional con más superficie para que la digestión se lleve a cabo. Estos ciegos son extensiones de los ventrículos, y cuando se llenan con material alimenticio se puede a veces ver a través del idiosoma translúcido, una estructura en forma de H. (Chant, 1985). El mismo investigador señala que 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 Tetranychidae son su presa preferida, pero hay algunas especializaciones o preferencias.

Generalidades de *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot

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

Phyllum	Arthropoda.
Subphyllum	Chelicerata.
Clase	Acarida.
Orden	Parasitiformes.
Suborden	Gamasida.
Supercohort	Monogynaspides.
Cohort	Gamasina.
Superfamilia	Phytoseioidea.
Familia	Phytoseiidae.
Género	<i>Phytoseiulus</i> .
Especie	<i>persimilis</i> .

Importancia

Este depredador se introdujo aparentemente en forma accidental en pimienta de Alemania en 1958 (Dosse, 1958). De Alemania se envió posteriormente a otras partes del mundo, incluyendo a California (McMurtry *et al.*, 1978) y Florida (Hamlen, 1980). Según Kennett y Caltagirone (1968), hay dos sinónimos para *P. persimilis*: *Phytoseiulus riegeli* Dosse y *Phytoseiulus tardi* (Lombardini).

Durante los inicios de los 60's se condujeron investigaciones sobre esta especie en Gran Bretaña, Holanda Canadá y los Estados Unidos. Desde entonces estos estudios iniciales demostraron la habilidad de este depredador para controlar la arañita de dos puntos. Se ha tenido éxito en muchas plantas, incluyendo pepino, tomate (French *et al.*, 1976), hiedra ornamental, rosal (Simmonds, 1972; Boys y Burbutis, 1972), fresa (Laing y Huffaker, 1969). También en fresa se condujeron estudios bajo condiciones de invernadero o en cámaras de crecimiento y se obtuvieron evidencias de que *P. persimilis* puede ser un enemigo natural dentro de plantaciones de este cultivo (McMurtry *et al.*, 1978).

Desarrollo, Reproducción y Biología

La fase de desarrollo de *P. persimilis* es similar a la de arañita de dos puntos, es decir, pasa por los estados de huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y

adulto (Laing, 1968; Sabelis, 1981). Los huevos son ovales y son puestos cerca de la comida. Son naranja claro y traslúcidos cuando están recién depositados, pero conforme pasa el tiempo se van oscureciendo. Los huevos del depredador pueden ser distinguidos de los de la presa por el color o bien por la forma.

La larva es hexapoda, al parecer no se alimenta y permanece inactiva al menos que sea perturbada. La primera comida es efectuada por la protoninfa, de hecho inmediatamente después de que la larva tira el exoesqueleto para convertirse en protoninfa y empieza a buscar comida. Se alimenta y continúa buscando, con periodos intermitentes de inactividad, es de suponerse que es debido a la saciedad. La deutoninfa come en todo su tiempo de vida y esta más tarde muda, y dando lugar al adulto.

El apareamiento generalmente ocurre pocas horas después de que mudó la deutoninfa y se convirtió en adulto. En el caso de *P. persimilis* aunque un solo apareamiento puede completar la oviposición, la proporción sexual es aproximadamente cuatro hembras por macho (Laing, 1968). Una vez que la hembra ha sido apareada puede poner huevecillos durante todo el periodo de su vida.

Laing (1968) estudió las tablas de vida y desarrollo de *P. persimilis* y *T. urticae*. Esta investigación se realizó en cámaras de crecimiento bajo temperaturas que fluctuaron entre los 18–35°C. Se registró el tiempo utilizado

en cada fase de desarrollo así como aspectos relacionados con su reproducción y biología. Bajo estas condiciones experimentales, Laing determinó que *P. persimilis* podría desarrollarse de huevo a adulto en promedio de 7.45 días y reporta que representa la mitad del tiempo de que se requiere para el desarrollo de la arañita de dos puntos bajo condiciones similares. En este estudio, la tasa intrínseca de crecimiento (r_m) para el depredador fue mas alta que la de la presa 0.219 y 0.143 respectivamente. Dados estos resultados, no es sorprendente que *P. persimilis* sea uno de los enemigos naturales más efectivos de las arañas de dos puntos. De hecho en un tiempo puede ser tan efectivo, que con frecuencia erradican la presa en invernaderos.

Influencia de la Temperatura y Humedad Relativa

Se ha demostrado que la temperatura influye en el consumo de la presa, tiempo generacional, oviposición y longevidad de *P. persimilis* (Sabelis, 1981; Takafuji y Chant, 1976). El número de deutoninfas comidas por la fase mas voraz (la hembra joven ovipositando) generalmente crece cuando las temperaturas se incrementan (Force, 1967). El mismo autor menciona que a una humedad relativa de 75 por ciento., el promedio de consumo de deutoninfas de arañita de dos puntos por una sola hembra del depredador fue de 8.8 a 17°C mientras que de 13.5 a 26°C. Pruszyński, (1976) también demostró que el consumo de la presa aumenta conforme disminuye la humedad relativa y aumenta la temperatura.

La tasa en que *P. persimilis* se desarrolla está en función de la temperatura y se describe por una línea recta por encima del rango de temperaturas entre 15 y 30°C (Sabelis, 1981); en donde a medida que las temperaturas aumentan el tiempo necesitado para desarrollarse disminuye. De cualquier modo los tiempos de desarrollo en la literatura son bastante variables y son tal vez dependientes sobre la característica estudiada, por citar un ejemplo se reporta una máxima reproducción de 75 huevos a 26°C; con un rango óptimo de reproducción 17-28°C (McClanahan, 1968; Sabelis, 1981). Los mismos investigadores reportan que a temperaturas constantes fuera de este rango, las hembras ovipositan pocos huevos.

La tasa de oviposición, como se mencionó anteriormente depende de la edad de la hembra. El efecto de la temperatura por lo general en la interacción depredador-presa fue estudiado por Force (1967). Este autor usó temperaturas constantes de 15, 20, 25, y 30°C y obtuvo mejor control de arañita de dos puntos a 20°C. A 30°C, *P. persimilis* fue incapaz de efectuar un control adecuado mientras que a 15 y 25°C, la presa fue controlada pero no tan drásticamente como a 20°C.

El tiempo de desarrollo puede también ser afectado por la humedad relativa, investigaciones conducidas por Begljarow, (1967); y Stenseth, (1979). registraron un ligero incremento en el tiempo de desarrollo del depredador cuando se aumentó la humedad de 40 al 70 por ciento. Pralavorio y Almaguel-Rojas (1980) reportaron además que a humedades relativas a bajo del 70 por

ciento se observó una reducción significativa en la habilidad de los depredadores inmaduros al mudar de una fase a otra.

La humedad también ejerce una influencia en la supervivencia de los huevecillos del depredador. A temperaturas de 21°C y 27°C y 40 por ciento de humedad relativa, se registra una eclosión de 7.5 por ciento de los huevos mientras que a 80 por ciento de humedad relativa la eclosión fue de 99.7 por ciento a 21°C (Stenseth, 1979). Otra investigación desarrollada por Beglow (1967) demostró que cuando se obtuvieron huevos a una humedad relativa del 50 por ciento, estos parecieron arrugarse a temperaturas entre 13 y 37°C; mientras a 60 por ciento de humedad relativa la incubación fue exitosa.

La búsqueda, comportamiento y actividad de *P. persimilis* también varía en respuesta a la humedad relativa. Mori y Chant (1966a, 1966b) investigaron la influencia de este factor en el comportamiento y actividad de este depredador y concluyeron que era un factor importante que limita el número de presas consumidas por el depredador. En estos estudios, la actividad del depredador y el número de presas consumidas por el depredador aumentó cuando la humedad relativa disminuye de 100 por ciento a 33 por ciento, esta situación combinada con la evidencia de que *P. persimilis* es capaz de detectar olores (kairomonas) provenientes de las arañas en plantas infestadas, incrementará la oportunidad del depredador de descubrir y consumir la araña de dos puntos.

Hábitos Alimenticios

Todas las etapas de desarrollo de la arañita de dos puntos sirven de alimento a la hembra adulta de *P. persimilis*. La etapa larval del depredador no se alimenta, pero la protoninfa y deutoninfa podría alimentarse de huevecillos, larvas y protoninfas de arañita de dos puntos (Takafuji y Chant, 1976). El número de cada estado comido, depende de la densidad de la presa y el depredador así como la temperatura, humedad, la etapa de alimentación del depredador y que etapa de la presa están disponibles (Ashihara *et al.*, 1978, Chant 1961). Ashihara *et al.*, (1978) reportó que este depredador se alimentó, reprodujo y completó su desarrollo sólo de arañitas de la subfamilia Tetranychinae y al igual que Chant (1961) observó a *P. persimilis* comiendo a trips jóvenes, llegando *P. persimilis* a practicar el canibalismo en ausencia de su presa (Dosse, 1958; Laing, 1968).

Dispersión y Búsqueda

McMurtry, 1982 reporta al comparar *P. persimilis* con otros cinco ácaros depredadores, con un mejor porcentaje de fuerza de dispersión, y esta distribución y la de estas presas estuvieron altamente correlacionadas. La habilidad de *P. persimilis* a dispersarse y encontrar nuevas colonias de presas depende de las características físicas del medio ambiente, distribución y densidad de la presa, densidad del depredador, y la duración de infestación o la cantidad de telaraña de la arañita presente (Takafuji 1977). El mismo

investigador reporta que una característica importante medioambiental es la densidad de las plantas dentro del invernadero. Por ejemplo, cuando las plantas infestadas son de hojas lo suficientemente densas y están en contacto, el depredador puede dispersarse fácilmente. Cuando las plantas tienen poca continuidad física, la habilidad del depredador a dispersarse se puede reducir por aproximadamente un 20 por ciento. La densidad de ambos depredador y presa jugarían una parte en que el porcentaje en que el depredador abandonaría las plantas infestadas y buscaría nuevas fuentes de comida.

La hembra joven del depredador incrementa su tasa en que ellos salen o se marchan de una colonia cuando su densidad se incrementa y la de la presa disminuye (Sabelis, 1981; Eveleigh y Chant, 1982). Cuando la densidad de la presa es baja en relación al número del depredador presente, el depredador adulto empieza a dispersarse y buscar nuevas fuentes de comida. En cambio las ninfas de *P. persimilis* es más baja su capacidad y tendencia a dispersarse en comparación a los adultos y como resultado, ellos permanecen detrás de cualquier tipo de comida antes de que ellos empiecen a dispersarse (Takafuji, 1977). Estas características de comportamiento puede ser un factor que contribuye a la extinción de la presa. También, la eliminación o extinción de la presa en invernaderos es un hecho posible porque *P. persimilis* tiene un potencial de dispersión mayor que su presa. (Nachman, 1981). En casos donde pocos o ninguno de los daños se pueden tolerar por arañas, tal como en plantas ornamentales, esta es una situación deseable. Porque algunos daños pueden ser tolerados en cultivos como pepino y tomate, esto sería deseable

tener una interacción estable entre el depredador y la presa por encima de un periodo extendido de tiempo.

La telaraña producida por la arañita de dos puntos ayuda al depredador a encontrar a su presa, cuando el depredador se pone en contacto con la telaraña intensifica su búsqueda en un área inmediata. La telaraña parece actuar como un interruptor para la dispersión del depredador. En un estudio, las hembras podían encontrar sus presas dos veces más rápido cuando la telaraña estaba presente comparado cuando la telaraña estaba ausente (Schmidt, 1976). El mismo autor también reportó que los huevecillos de arañita tiene un efecto similar, pero en menor grado. Las kairomonas son olores químicos que pueden ser responsables para esta búsqueda de comportamiento no aleatoria.

Métodos de Liberación

La fase más crítica en la implementación de cualquier programa de control biológico es la fase de liberación (French *et al.*, 1976; Gould, 1970; Stenseth, 1980). Señala que también es importante el momento adecuado para liberar la arañita depredadora ya que muchas veces se a fracasado al intentar controlar biológicamente al descubrir las infestaciones de arañitas naturales demasiado tarde.

Se han desarrollado métodos para aumentar la probabilidad de liberación con buen éxito para controlar a *T. urticae* con *P. persimilis*. Existe un

método conocido como “la plaga es primero” este consiste en que para el caso de espacios cerrados como invernaderos se trata de liberar uniformemente al ácaro plaga y una vez que se establece se libera su depredador. El objetivo de lo anterior es estabilizar la población de éste último de tal forma que cuando llegan las poblaciones naturales de araña roja ya se encuentre el enemigo natural disponible, otro sistema consiste en liberar al mismo tiempo el ácaro fitoparásito y su depredador (Markkula y Tiittanen, 1976; Ravensberg *et al.*, 1983). Esto se recomienda por que hay ocasiones en que ocurre daño en los periodos de tiempo en que aparecen las poblaciones del ácaro plaga.

En climas semejantes a Florida la influencia de la masa de arañitas como resultado de terminación de diapausa es muy rara, en este caso las arañitas ocurren en todo el año y empiezan como una pequeña isla dentro del cultivo por eso, las técnicas de liberación son diseñadas para liberar depredadores cuando las infestaciones naturales se encuentran primero y son mejor las condiciones uniformes (French *et al.*, 1976). Suficientes números de depredadores son liberados para crear una deseable proporción de depredador presa, por ejemplo 1:10 en pepino (Markkula y Tiittanen 1976) o 1:6–1:25 en plantas ornamentales (Hamlen y Lindquist 1981).

Importancia de la 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 en una publicación posterior (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 No.2.1A. 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 2.1B 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 lineal de la tasa de consumo. Por lo tanto, en conjunto, una respuesta de tipo III es de tipo sigmoïdal o en forma de "S", Figura 2.1C. 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.

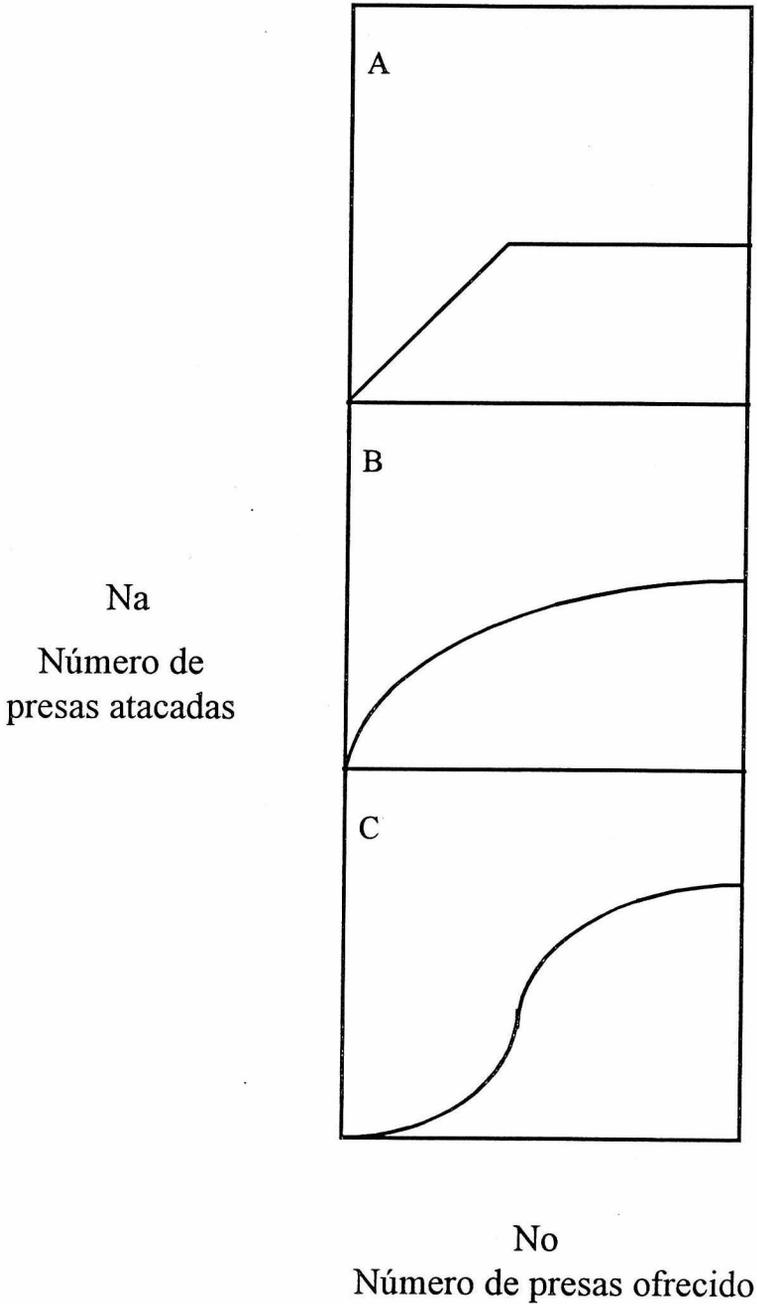


Figura 2.1. Curvas de respuesta funcional (Holling, 1959)

A) Tipo I, lineal. B) Tipo II, asintótica.

C) Tipo III, sigmoideal.

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).

Modelo de Transformación de Woolf

El modelo de la transformación de Woolf (Fan y Pettit, 1994) predice el número de presas muertas (N_a) en función de la densidad de presas ofrecidas (N_o), limitado por el tiempo de manipulación, que incluye el tiempo gastado por el depredador después de que ha capturado su presa, hasta que inicia la búsqueda de la próxima presa. El número máximo de presas atacadas bajo condiciones experimentales se estima:

$$N_o/N_a = 1 / a' + T_h N_o$$

Donde:

N_a = no. de presas muertas.

N_o = no. de presas ofrecido.

a' = tasa instantánea de descubrimiento de presa.

T_h = tiempo de manipulación.

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.

$$Na/No = a' (T_t - T_h Na)$$

$$Na/No = a' T_t - a' T_h Na$$

$$Na = (a' T_t No) / (1 + a' T_h No)$$

Donde:

Na = no. de presas muertas.

No = no. de presas ofrecido.

a' = tasa instantánea de descubrimiento de presa.

T_t = tiempo total de exposición depredador-presa.

T_h = tiempo de manipulación.

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se realizó en el Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" (U.A.A.A.N), en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Durante el período comprendido entre agosto de 1998 y mayo de 1999. Las especies utilizadas para los estudios biológicos y de depredación correspondientes, fueron *Tetranychus urticae* Koch como presa y *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, como depredador (Acari: Tetranychidae: Phytoseiidae).

Obtención de *Tetranychus urticae*

Los especímenes que se utilizaron en el estudio, fueron colectados en cultivos de rosal establecidos bajo condiciones de invernadero localizados en el Cañón de la Carbonera Municipio de Arteaga, Coahuila. Los cuales presentaban altas poblaciones de *T. urticae*. Se obtuvieron aproximadamente 20,000 adultos que se capturaron mediante la recolección de hojas infestadas, posteriormente fueron transportados a la Universidad. De esta población se tomaron muestras de ella y se depositaron en alcohol al 70 por ciento, posteriormente se montaron en portaobjetos para la corroboración taxonómica.

Cría de *Tetranychus urticae* bajo condiciones de invernadero

Con el propósito de contar periódicamente con plantas para iniciar y mantener las colonias de *T. urticae*, se realizaron siembras escalonadas de frijol pinto americano, bajo condiciones de invernadero $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$ y 12 horas de luz. Las siembras se realizaron en macetas, con capacidad aproximada de tres kilogramos de tierra; en éstas se colocaron 10 semillas de frijol a una profundidad de 1 cm. Se mantuvo una humedad adecuada de la tierra a base de riegos frecuentes y se conservó libre de malezas mediante deshierbes manuales, el criterio por el cual se utilizaron plantas de frijol en la cría de la presa, se fundamentó en la necesidad de trabajar con plantas de desarrollo rápido, característica propia de la variedad de frijol empleada.

Obtención de *Phytoseiulus persimilis*

Los ácaros utilizados como progenitores, se obtuvieron de la empresa productora de organismos benéficos Berrymex, S. A. de C.V. (Localizada en Jocotepec, Jalisco). Para el presente estudio se adquirieron 4 botellas cuyo contenido era de aproximadamente 4,000 ácaros c/u, los cuales fueron mantenidos a temperaturas controladas $18\text{-}25^{\circ}\text{C}$ antes de su empleo en la investigación.

Cría de *Phytoseiulus persimilis* bajo condiciones de laboratorio

La cría de los individuos de *P. persimilis* que se utilizó para realizar los estudios de respuesta funcional y parámetros poblacionales, se llevó a cabo dentro de una cámara bioclimática BIOTRONETTE ® MARK III, a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 4$ y con una humedad relativa de 60 a 65 por ciento y con un régimen de luz de 24 horas. Cada semana se introducían plantas nuevas de frijol infestado con *T. urticae* y se traslapaban las plantulas con la finalidad de que los fitoseidos se trasladaran a las plantulas nuevas y a los 2-3 días se retiraba las plantas viejas.

Procedimiento del experimento.

Todo el proceso de respuesta funcional y parámetros poblacionales se realizó en una cámara bioclimática del departamento de Parasitología de la U.A.A.N. El trabajo se realizó siguiendo la técnica de la hoja arena descrita por Ahmadi, (1983), realizándose en pequeñas hojas arena, a una temperatura de $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 60 por ciento de HR, durante 24 horas continuas de luz fluorescente. Los discos de hoja de frijol de 3.5 cm de diámetro hechos con sacabocados. Estos discos se mantenían sobre el haz colocándolos en un papel absorbente, el cual estaba sobre una base de vidrio de 5x5 cm; sobre el disco de hoja infestada se colocaba un acrílico de 5x5 cm perforado de un diámetro de 2.7 cm y una altura de 0.5 cm. Para evitar el escape de los ácaros se

tapaba con un pequeño cuadro de acetato pinchado para permitir la oxigenación. Todos estos componentes se sujetaban mediante una banda de caucho y se colocaban en una caja petri provista de una almohadilla de algodón saturada de agua (Figura 3.1)

Para medir la depredación de huevecillos de *T. Urticae* por *P. persimilis*, se colocaron en discos de frijol (hoja arena) los cuales se infestaron de 2-20 hembras adultas de la arañita de dos puntos un día anterior del inicio del experimento. Inmediatamente antes de la prueba, se removían las hembras de *T. urticae* de tal forma que quedaban únicamente los huevecillos de esta, y enseguida se ajustaron a las densidades de 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 y 100 para cada densidad se realizaron 15 repeticiones. Las hembras gravidas de *P. persimilis* fueron introducidas con la ayuda de un pincel fino dentro de cada disco de hoja. Una vez que se instaló el depredador dentro de la cámara de observación se registró la depredación a las 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 24 horas.

Para la obtención de los datos de larva y ninfa se desarrolló la misma metodología que para el estado de huevo, con la diferencia que una vez que se removían las hembras adultas se dejaba que los huevecillos eclosionaran y que pasaran al estado de larva (experimento con larva) y así sucesivamente para ninfas, ajustando a las densidades de 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 100 y 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 para larvas y ninfas respectivamente.

Para medir la depredación de hembras adultas de *T. urticae* las arañitas de dos puntos fueron transferidas desde la colonia fuente con la ayuda de un pincel fino sobre las hojas disco proporcionando 15 repeticiones para cada densidad de 1, 2, 4 y 8 arañitas por unidad experimental. Las hembras adultas de *P. persimilis* fueron introducidas a cada hoja disco y el número de arañitas presentes en los discos fueron contabilizadas a las 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 24 horas más tarde. Conforme se tomaban las lecturas se retiraban los huevecillos que estaban ovipositando las hembras de *T. urticae* hasta las 12 horas para no interferir en la depredación sobre las hembras de la arañita de dos puntos.

Obtención de Parámetros Poblacionales

Una vez que se realizó esta fase del experimento, se procedió a la segunda etapa, la cual consistió en la obtención de los parámetros poblacionales. Para ello, primeramente se seleccionaron 150 hembras grávidas de *P. persimilis* de la población madre y se colocaron 15 hembras por disco de hoja de frijol infestado con *T. urticae* por un espacio de tiempo de 5 horas. Enseguida, se removieron las hembras adultas del depredador y los huevecillos que ovipositaron se dejaron que llegaran al estado adulto, lo anterior con la finalidad de utilizar individuos de la misma edad.

Una vez que los individuos que resultaron de las oviposiciones llegaron a su estado adulto, se procedió a la segunda fase del experimento es decir, se

dejaron un día con la finalidad de que se aparearan y al siguiente día las hembras ya fecundadas fueron colocadas por separado en las cámaras de observación. El cohort inicial del experimento es de 55 hembras de tal forma que cada una de ellas correspondió a una unidad experimental.

A partir de ese momento se llevó un registro diario de cada hembra progenitora en relación a su supervivencia y progenie. El registro de datos se desarrolló solamente en las unidades experimentales en que las hembras madre murieron por causa natural.

Análisis de los datos

Los datos de depredación (Respuesta funcional) se analizaron mediante el análisis de varianza (ANVA) utilizando para dicho análisis en el número de presas depredadas en cada densidad ofrecida y en cada prueba, los datos fueron transformados a logaritmo ($x + 1$).

Además de lo anterior se recurrió a un ajuste de los valores del número de presas depredadas observadas entre los estimados (Holling), bajo una prueba de concordancia X^2 5 por ciento (Zar, 1974). El análisis de varianza (ANVA) y la regresión lineal fueron realizados usando el modelo general lineal (MGL), procesando los datos en SAS (SAS Institute Inc; 1985). Para hacer todas las comparaciones múltiples que son posibles con los diferentes

tratamientos se utilizó la prueba de medias Tukey, para todo el análisis estadístico se analizó al nivel de significancia al 5 por ciento.

Para simular la respuesta funcional se utilizó el modelo "aleatorio depredador" transformación de Woolf (Fan y Petitt, 1994) y Holling (1959). Usando por ello el conteo de las presas depredadas. Se tomaron los resultados totales, de tal forma que la media correspondió a el número de presas muertas (N_a); enseguida, por medio de una regresión lineal, se determinó los valores de a y β , donde los valores del eje y corresponden a las diferentes densidades de población de la presa y los valores del eje x son los cocientes de la relación N_o/N_a (Modelo de transformación de Woolf) y N_a/N_o (Modelo de Holling). Estos valores fueron sustituidos en: $a = 1/a'$ y $\beta = Th$, para obtener los parámetros de a' (tasa instantánea de descubrimiento de presa) y Th (tiempo de manipuleo) para el modelo de la transformada de Woolf; y en: $a = a'$ y $-\beta = a' Th$, para estimar la a' y Th del modelo de Holling.

Al obtener los parámetros de a' y Th , se estimó el número de presas muertas con los modelos para respuesta funcional de transformación de Woolf (Fan y Petitt, 1994):

$$N_a = a' N_o / (1 + a' Th N_o)$$

donde a' y Th se obtienen de:

$$N_o / N_a = 1 / a' + Th N_o$$

y Holling (1959):

$$Na = a' Tt No / (1 + a' Th No)$$

donde a' y Th se estiman :

$$Na / No = a' Tt - a' Th Na$$

Donde:

Na = número de presas muertas.

No = número de presas ofrecido.

a' = tasa instantánea de descubrimiento de presa.

Tt = tiempo total de exposición depredador/presa.

Th = tiempo de manipulación.

En relación al análisis de los parámetros poblacionales se recurrió a modelos matemáticos consignados por Birch (1948), en los cuales se presentan en el Cuadro 3.1.

Formulas para calcular parámetros de vida.

Cuadro 3.1. Definición y fórmula para 10 parámetros de vida, según Birch, 1948.

Símbolo	Definición	Fórmula
X	Edad	
n_x	Número de individuos vivos al inicio de x	
l_x	proporción de ind. vivos en cada x	n_x/n (inicial)
m_x	Promedio hijas/madre/x	
TRB	Tasa reproductiva bruta: total de hembras nacidas / por madre a través de todas las x	$\sum m_x$
R_0	Tasa reproductiva neta	$\sum l_x m_x$
r_c	Aproximación a tasa intrínseca de crecimiento	$\ln (R_0 / T_c)$
r_m	Tasa intrínseca de crecimiento	$\sum e^{-r_m x} l_x m_x = 1 (1)$
λ	Tasa finita de crecimiento	$e^{r_m t}$
T_c	Tiempo de duración del cohorte	$(\sum l_x m_x X) / (\sum l_x m_x)$
T_G	Tiempo de generación (una generación)	$\ln R_0 / r_m$
t_2	Tiempo de aplicación	$\ln 2 / r_m$

(1) proceso iterativo hasta igualar los dos lados de la ecuación.

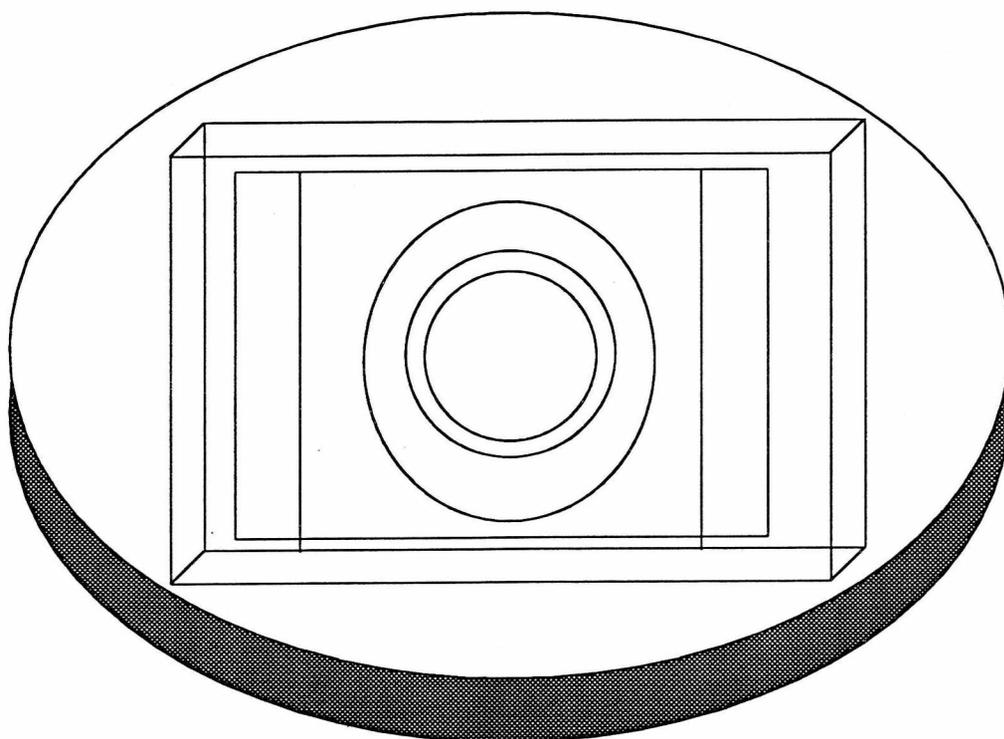


Figura 3.1 Técnica de la "hoja-arena" utilizado para los estudios biológicos y de depredación de *Phytoseiulus pesimilis* Caja petri (A), Algodón (B), Base de vidrio (5x5cm) (C), Papel absorbente (D), Hoja de frijol (E) Acrílico perforado (5x5cm) (F), Acetato pinchado (G), Bandas de caucho (H).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los estudios de depredación así como del incremento poblacional de *P. persimilis* teniendo como presa a los diferentes estados de desarrollo de *T. urticae*, permiten establecer las bases generales para evaluar el potencial de este ácaro como agente de control de la arañita de dos manchas.

Cuadro 4.1. Promedios de los diferentes estados de desarrollo de *T. urticae* muertos por *P. persimilis* sobre discos de hoja de frijol a diferentes densidades de la presa en periodos de 24 horas a $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

No	HUEVOS		LARVAS		NINFAS		ADULTOS	
	PROM.	RANGO	PROM.	RANGO	PROM.	RANGO	PROM.	RANGO
1	1.0000	1 - 1	1.0000	1 - 1	0.9333	0 - 1	1.0000	1 - 1
2	2.0000	2 - 2	2.0000	2 - 2	2.0000	2 - 2	2.0000	2 - 2
4	4.0000	4 - 4	3.3333	2 - 4	4.0000	4 - 4	3.9333	3 - 4
8	6.7333	4 - 8	7.4666	6 - 8	7.4666	6 - 8	6.9333	4 - 8
16	14.5333	9 - 16	15.2666	14 - 16	14.2000	6 - 16		
32	28.3333	15 - 32	27.7333	20 - 32	26.2000	18 - 32		
64	45.1333	23 - 62	57.2666	52 - 64	32.6666	17 - 58		
100	52.3666	33 - 73	63.0666	40 - 85				

Como se puede observar, tanto huevos como larvas son ampliamente atacados por este depredador, y en menor grado el estado de ninfa. En el caso de adultos hembra de la araña de dos puntos poco aportan estos datos ya que como se observa en las últimas dos densidades mayores ofrecidas fue casi total, de tal forma que para poder determinar con exactitud su punto de saciedad, hubiera sido recomendable haber utilizado otras densidades más grandes. Estos resultados sin embargo indican que *P. persimilis* pudiera tener mayor capacidad para consumir más de ocho hembras adultas de *T. urticae*. Los resultados del Cuadro 4.1 indican que las larvas fueron mas atacadas que los huevos y que al menos en las densidades menores la mortalidad fue casi total en todos los casos, mientras que en las tres últimas densidades (32, 64 y 100) se observó un decremento en la velocidad de depredación (No de presas atacadas/No de presas disponibles). Es decir conforme se aumentó la densidad, bajó la depredación. Lo anterior indica que el depredador a reducido su nivel de consumo y que se acerca a su punto de saciedad.

Los resultados de depredación de *P. persimilis* sobre *T. urticae* en esta investigación son mayores a los reportados a Sabelis (1981) quien reporta que una hembra grávida de *P. persimilis* consume por día de 14 a 23 huevos de *T. urticae* aunque no reporta bajo que condiciones se presentan estos resultados. Por otro lado para el caso de las ninfas también se reportan resultados diferentes, Force (1967) registra un promedio de consumo de deutoninfas de 8.8 a 17°C mientras que a 26°C reporta un promedio de presa consumido de 13.5.

Para determinar si las cifras registradas en este trabajo son estadísticamente diferentes, la información se sometió al análisis de varianza y pruebas de Tukey para cada uno de los estados de desarrollo correspondientes. Estos datos se registran en los Cuadros 4.2 y 4.3.

Cuadro 4.2. Análisis de varianza (ANVA) de los diferentes estados de desarrollo de *T. urticae* depredados por hembras de *P. persimilis* sobre discos de frijol pinto americano bajo diferentes densidades en un periodo de 24 horas a $28 \pm 2^\circ\text{C}$.

Presa	Fuente de variación	gl	SC	CM	F calculada	P
Huevo	Densidad	7	162.2842	23.1830	789.4200	0.0001**
	Error	112	3.2891	0.0293		
	Total	119	195.5730			
				R ² =0.98	CV=7.10	
Larva	Densidad	7	185.1443	26.4490	1210.450	0.0001**
	Error	112	2.4470	0.0218		
	Total	119	187.5910			
				R ² =0.98	CV=6.00	
Ninfa	Densidad	6	104.9414	17.4902		
	Error	98	3.2315	0.0329	530.40	0.0001**
	Total	104	108.1730			
				R ² =0.97	CV=8.50	
Adulto	Densidad	3	15.3766	5.1255	486.64	0.0001**
	Error	56	0.6285	0.0112		
	Total	59	16.0052			
				R ² =0.96	CV=7.81	

Cuadro 4.3. Pruebas de rango múltiple (Tukey) de los diferentes tratamientos (densidades) de los estados de desarrollo de *T. urticae* expuestos al depredador *P. persimilis*.

No	Huevo		Larva		Ninfa		Adulto	
	Media	Tukey	Media	Tukey	Media	Tukey	Media	Tukey
1	0.6931	G	0.6931	G	0.6469	F	0.6931	D
2	1.0986	F	1.0986	F	1.0986	E	1.0986	C
4	1.6094	E	1.4434	E	1.6094	D	1.5945	B
8	2.0277	D	2.1323	D	2.1323	C	2.0361	A
16	2.7281	C	2.7879	C	2.6962	B		
32	3.3617	B	3.3487	B	3.2881	A		
64	3.7951	A	4.0626	A	3.4716	A		
100	3.9717	A	4.1217	A				

Como se puede observar en el Cuadro 4.2 los análisis de varianza de los cuatro estados de desarrollo revelan diferencia altamente significativa entre los tratamientos en estudio lo cual indica diferencia en el promedio de presas atacadas. Estos resultados resultan lógicos ya que efectivamente a mayor densidad mayor será el número de presas atacadas, sin embargo estas cifras de ataque obviamente no son infinitas, es decir, tendrá que haber un momento en el cual aunque se aumente la densidad de la presa disponible ya no habrá mas aumento de presas atacadas, es por ello que se recurrió a las pruebas de

rango múltiple de Tukey. Para determinar con dicha prueba que tratamientos fueron iguales o diferentes y saber mediante esta prueba en que densidades ha llegado a la saciedad, Cuadro 4.3, como se puede observar, de acuerdo a esta prueba con los datos tomados a las 24 horas se nota que con la única excepción del estudio basado en hembras, en los tratamientos de los estados inmaduros sus últimas dos densidades mayores fueron estadísticamente iguales lo cual significa que el depredador a llegado a la saciedad. En el caso de las hembras de *T. urticae* no fue posible determinar hasta que densidad se pudiera alcanzar la saciedad por este depredador ya que la densidad mayor que se utilizo casi fue consumida en su totalidad, es por ello que ninguno de los tratamientos fueron iguales.

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación se puede señalar que el comportamiento de depredación se ajustó al tipo II de Holling para los casos de huevo, larva y ninfa (Figura 4.1, 4.2 y 4.3). Sin embargo esta tendencia no alcanza a observarse para hembras adultas de *T. urticae* (Figura 4.4) ya que como se dijo anteriormente, para que hubiera podido expresarse con mayor claridad hubiera sido necesario desarrollar otros tratamientos con mayores densidades a las que se utilizaron. Con los datos en los tratamientos registrados únicamente se registró una línea mas o menos recta.

En relación a los datos de tasa instantánea de descubrimiento (a') así como del tiempo de manipulación (T_h) observados en este estudio bajo un tiempo de exposición de 24 horas los resultados se registran en el Cuadro 4.4.

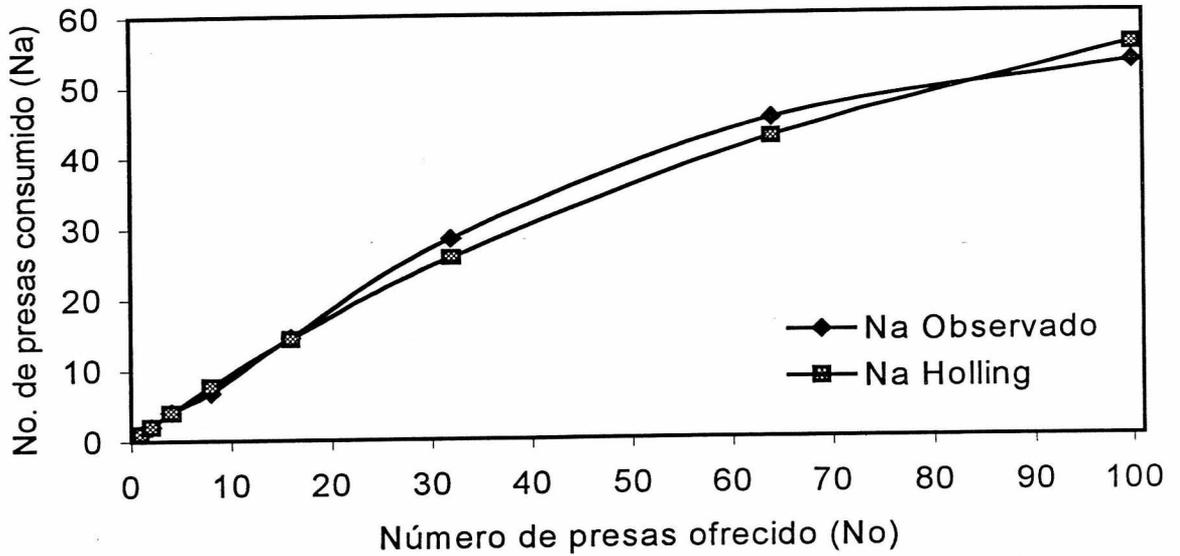


Figura 4.1. Respuesta funcional de *P. persimilis* con huevos de *T. urticae* a las 24 horas.

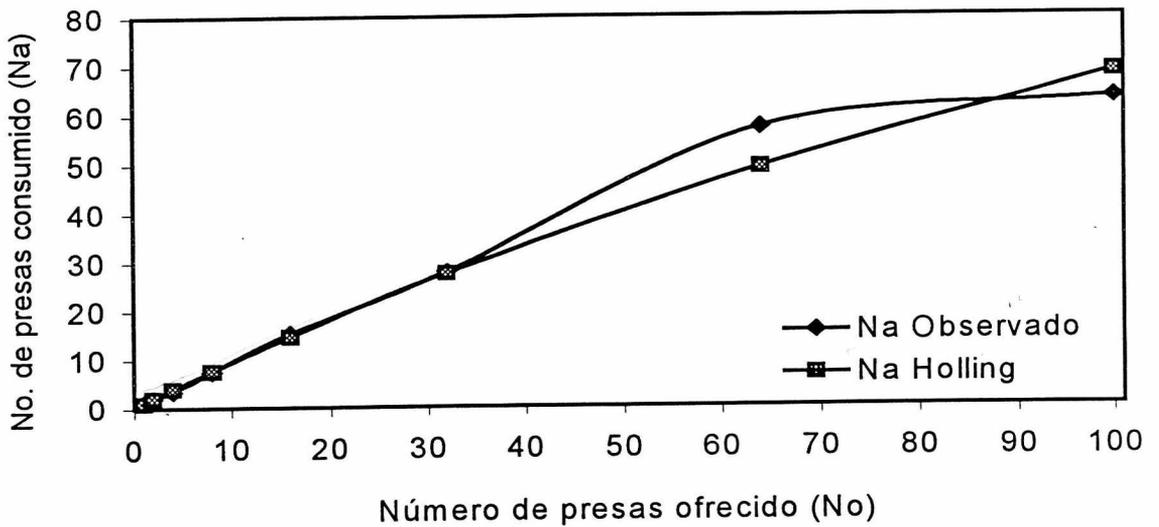


Figura 4.2. Respuesta funcional de *P. persimilis* con larvas de *T. urticae* a las 24 horas.

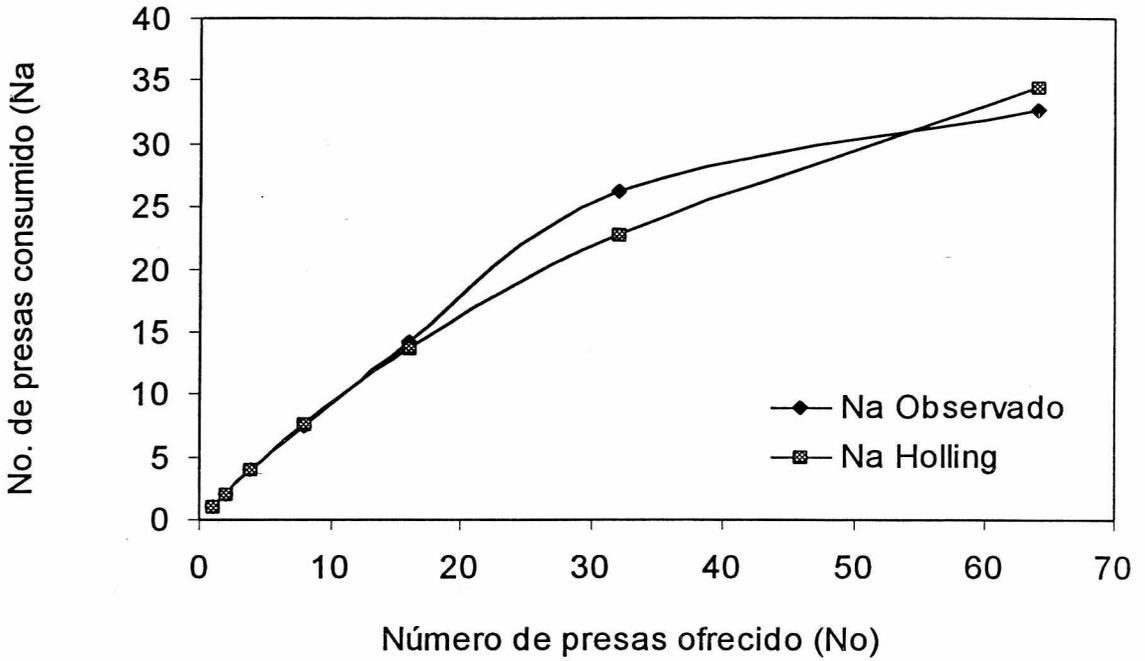


Figura 4.3. Respuesta funcional de *P. persimilis* con ninfas de *T. urticae* a las 24 horas.

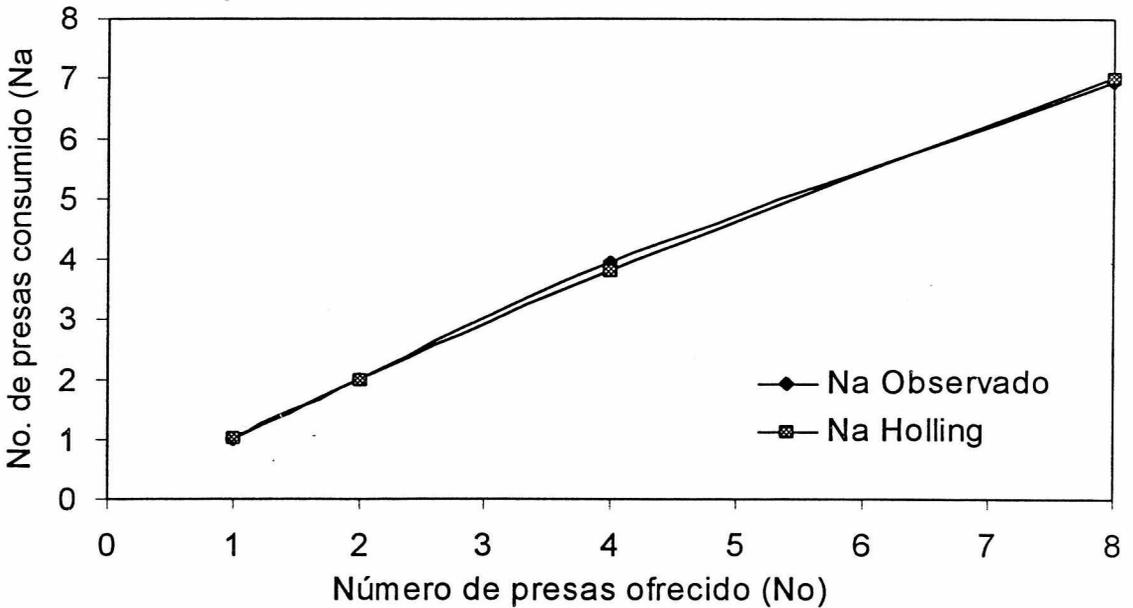


Figura 4.4. Respuesta funcional de *P. persimilis* con hembras adulto de *T. urticae* a las 24 horas.

Cuadro 4.4. Respuesta funcional de *P. persimilis* con las diferentes etapas de desarrollo de *T. urticae* a las 24 horas.

PRESA	TASA INSTANTÁNEA DE DESCUBRIMIENTO (A')	TIEMPO DE MANIPULACIÓN (T _H)
Huevo	1.0175	0.0082
Larva	0.9785	0.0044
Ninfa	1.1068	0.0149
Adulto	1.0450	0.0228

Como se observa en este Cuadro 4.4, los valores relativos a la tasa instantánea de descubrimiento (a') fueron de 1.0175, 0.9785, 1.1068 y 1.0450 para huevo, larva, ninfa y adulto respectivamente. Estos datos resultan altos a los propuestos por otros investigadores por ejemplo, estudios similares de Everson (1979) consignó que *P. persimilis* sobre *T. urticae* presentó una tasa instantánea de descubrimiento de 0.194 mientras que en este estudio el que registró menor tasa instantánea de descubrimiento fue el de depredación en el estado de larva con 0.9785, lo anterior representa una diferencia mayor de 5.0438 veces.

En lo que se refiere al tiempo de manipulación (T_h) es decir, el tiempo que tarda el depredador en buscar a su presa, manipularla y digerirla. En el Cuadro 4.4, se presentan los resultados de (T_h) para los diferentes estados de desarrollo, como se puede observar, el tiempo de manipulación fue de 0.0082,

0.0044, 0.0149 y 0.0228 para huevo, larva, ninfa y adulto respectivamente. Los datos anteriores en términos de tiempo corresponden a 12, 7, 22 y 33 minutos, es decir el depredador toma estos tiempos desde que encuentra a su presa la digiere y esta listo para encontrar a otra.

Estudios similares a esta investigación con otras especies de fitoseidos sobre *T. urticae* revelan de la misma forma una tasa instantánea de descubrimiento menor al reportado en esta investigación.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se determinó que el tipo de respuesta funcional de *P. persimilis* sobre *T. urticae* fue de tipo II, además en el Cuadro 4.1 se puede observar que los valores mayores de presas consumidas corresponden cuando *P. persimilis* se alimentó de larvas, huevecillos, ninfas y adultos 63.06, 55.41, 32.60 y 6.93, respectivamente, a las densidades más altas a las 24 horas. Esto se afirma al considerar el valor de la tasa instantánea de descubrimiento (a') y tiempo de manipulación (T_h). Para cada uno de los estados de desarrollo (Cuadro 4.4).

En relación a los datos observados sobre la depredación cada dos horas, se presentan los resultados de a' y T_h de este registro en los Cuadros A. 32 al A. 35. Como se puede mencionar, el objetivo de tomar datos cada dos horas era el observar si la alimentación de este depredador en un día presenta picos de mayor consumo. Sin embargo en los datos tomados no se observó

ninguna tendencia sobre mayor actividad alimenticia en alguna determinada hora del día en todos los estados de desarrollo.

Al realizar las pruebas de bondad de ajuste X^2 ($p \leq 0.05$), entre los valores observados experimentalmente y los teóricos esperados con la aplicación del modelo de Holling, mostraron significancia ya que la X^2 calculada para huevos, larvas, ninfas y adultos fue de 0.671935, 0.409869, 0.6519 y 0.005162, respectivamente, los cuales fueron menores que X^2 tabla 14.067 (huevos, larvas), 12.5916 (ninfas), 7.8147 (adultos). Los valores observados experimentales se ajustaron a los teóricos esperados por lo que las diferencias o desviaciones no son significativas; es decir, hay concordancia.

Una vez que se conoció la eficiencia de éste depredador en el consumo de los diferentes estados de desarrollo de la arañita de dos manchas. Se decidió continuar con las investigaciones de este depredador en torno a la capacidad de incremento de su población (parámetros de vida), de tal forma que al conocerse la preferencia de este depredador para el estado de larva y ante la imposibilidad de manejo de otros estados de desarrollo principalmente el adulto hembra se decidió realizar el estudio con los cuatro estados de desarrollo de *T. urticae*.

Crecimiento, fecundidad y longevidad

En relación a los datos de crecimiento fecundidad y longevidad de *P. persimilis* al alimentarse de todas los estados de desarrollo de la araña de dos manchas y teniendo como sustrato discos de frijol se registran los resultados en el Cuadro 4.5. Como ya se mencionó en la metodología estos datos se obtuvieron en base a tablas de supervivencia y fecundidad presentes en el cuadro A. 36.

Cuadro 4.5 Parámetros de fecundidad, crecimiento poblacional y longevidad de *Phytoseiulus persimilis* sobre *Tetranychus urticae* a $28 \pm 2^\circ\text{C}$. U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila. 1999.

Parámetro	Símbolo	Valor estimado
Tasa reproductiva bruta	(TRB)	42.5880
Tasa reproductiva neta	(R ₀)	41.1081
Aproximación a tasa intrínseca de crecimiento	(r _c)	0.4400
Tasa intrínseca de crecimiento	(r _m)	0.4099
Tasa finita de crecimiento	(λ)	1.5068
Tiempo de duración de la cohorte	(T _c)	8.4082
Tiempo generacional	(T _G)	9.0639
Tiempo de duplicación	(t ₂)	1.6906

Tasa reproductiva bruta.- este parámetro (TRB) indica el número de hembras producidas por madre a través de todas las edades. En este estudio fue de 42.58 esto significa que una hembra en promedio produjo 42.5880 hijas con capacidad reproductiva. Este resultado por si solo no indica gran cosa, pero si lo comparamos con valores registrados por algunos investigadores para la arañita de dos manchas nos damos cuenta que este valor es relativamente significativo por ejemplo Ahmadi (1983) obtuvo para *T. urticae* una TRB de 22.19 en discos de hoja de algodón por su parte Maggi y Leight (1983) en el mismo sustrato reportaron un TRB de 91.26.

Aunque hubiera sido recomendable realizar una investigación sobre parámetros poblacionales de la arañita roja en las mismas condiciones en que se desarrolló el experimento para así poder tener un juicio mas fidedigno sobre el impacto que pudiese tener el depredador sobre una población de *T. urticae*, de todos modos los estudios ya mencionados reflejan un desarrollo proporcionado entre las dos especies.

Tasa Neta de Reproducción.- La tasa neta de reproducción, conocida usualmente como tasa de reemplazo, y que se simboliza por R_0 , refleja el número promedio de progenie hembra que es capaz de reproducir cada hembra de la población durante toda su vida.

En el Cuadro A. 43 en la sumatoria $\sum_{i=1}^n l_i m_i$ se observa el valor de 41.1081, el cual indica que cada hembra de la población es reemplazada por 41.1081 hembras (en promedio) en el lapso de una generación.

De lo anterior se hace evidente que cuando el valor R_0 sea exactamente igual a uno, entonces la población se reemplazaría a sí misma de manera precisa de generación en generación; por otra parte cuando R_0 sea mayor que uno la población estará en un estado de crecimiento, mientras que cuando R_0 sea menor que uno la población estará decreciendo.

Si comparamos este resultado con el TRB nos damos cuenta que son muy similares, lo anterior indica cierto grado de similitud reproductiva entre las hembras madres que comprendieron el cohort de este estudio.

En relación a este parámetro poblacional para *P. persimilsi* Takafuji y Chant (1976) reportan una R_0 de 63.2 lo cual es considerablemente mayor que el encontrado en esta investigación. De todos modos el resultado de esta investigación es un buen registro si lo comparamos con el R_0 reportado por la arañita *T. urticae* ya que por ejemplo Landeros (1995), reporta una R_0 de este fitoparásito de 26.7125.

Aproximación a tasa intrínseca de crecimiento.- este parámetro (r_c) se define como el valor que se acerca a la tasa intrínseca de crecimiento, es un dato que se emplea principalmente para iniciar el modelo matemático con el

cual se obtiene la r_m (tasa intrínseca de crecimiento) el cual es considerado por la mayoría de los investigadores como el parámetro poblacional mas importante que nos indica el crecimiento poblacional de una especie. En este estudio la r_c obtenida en esta investigación fue de 0.4400.

Tasa intrínseca de crecimiento.- La r_m , es decir, la tasa a la que crece la población por unidad de tiempo, para *P. persimilis* es de 0.4099. Evidentemente, las poblaciones aumentarán de tamaño si $r_m > 0$ y disminuyen si la $r_m < 0$, pero este dato por si solo no indica gran cosa, pero es importante realizar comparaciones con poblaciones de arañas de tal forma que mientras mas se acerca a la r_m de *T. urticae* o bien mientras mas grande sea este parámetro resulte más efectivo como depredador. Estudios realizados con *T. urticae* reflejan mucha variabilidad. Por ejemplo Landeros (1995) reporta una r_m de 0.2114 en discos de hoja de frijol; Trichilo y Leigh, 1985 utilizando la línea S-5 de algodón como hospedero reporta una r_m de 0.2810. por su parte Laing y Huffaker (1969) reportan en fresa 0.1430 de r_m . En todos los casos si se compara el dato encontrado en este estudio resultó mucho mayor a los reportados por los investigadores ya mencionados. Resultados inferiores para este depredador son reportados por Takafuji y Chant (1976) quienes reportan una r_m de 0.317. En el caso de este estudio indica que la población de *P. persimilis* crecerá a una tasa mayor que *T. urticae*.

Los valores de r_m de *P. persimilis* encontrados en este estudio, son considerablemente más altos si se comparan con los obtenidos para otros fitoseidos tales como: *Thyphlodromus occidentalis*, *Amblyseius longispinosus* (Koloduchka, 1983) y *Amblyseius cucumeris* (Nicholls, 1994) cuyos valores son: 0.241, 0.273 y 0.125, respectivamente.

Tiempo generacional.- El tiempo generacional (T_G) de una población, como su nombre lo indica, representa el tiempo promedio entre dos generaciones sucesivas; evaluando, por ejemplo, una población de ácaros el tiempo generacional, esto puede hacerse desde huevo a huevo. En este estudio *P. persimilis* registró un T_G de 9.0639 dicho de otra forma existe un tiempo promedio de 9.0639 días entre el nacimiento de una madre y el nacimiento de sus hijas.

Tasa Finita de Multiplicación.- este parámetro (λ), como su nombre lo dice, a diferencia de r_m , es una tasa finita de crecimiento poblacional y no instantánea, y se interpreta como el número de individuos que se agrega a la población por individuo y por unidad de tiempo. Para *P. persimilis* en este estudio resultó ser de 1.5068, muy similar para este mismo depredador que el reportado por Takafuji y Chant ya que ellos encontraron una en una investigación similar un 1.373.

Tiempo de duración de la cohorte.- Este valor es computado como la duración media del tiempo que transcurre entre el nacimiento de uno de sus propios descendientes. Este valor es sólo aproximadamente igual al verdadero tiempo generacional, ya que no toma en consideración en hecho de algunos descendientes pueden desarrollarse y reproducirse durante la vida reproductiva del progenitor, siendo de 8.4082.

Tiempo de Duplicación.- es el tiempo necesario para que la población se duplique, el cual en este estudio se obtuvo con un tiempo de duplicación de 1.6906, lo anterior indica que en un tiempo muy corto la población puede duplicarse.

CONCLUSIONES

La respuesta funcional de *Phytoseiulus persimilis* sobre los tres primeros estados de desarrollo de *T. urticae* fue de tipo II ; teniendo un alto porcentaje de depredación para huevos y larvas y en menor grado para ninfas y hembras adultas de arañita de dos manchas, 52.3666, 63.0666, 32.6666 y 6.9333 respectivamente a las 24 horas. Llegando a la saciedad en las tres primeras etapas de desarrollo.

Los índices demográficos Tasa reproductiva bruta (TRB), Tasa reproductiva neta (Ro), Aproximación a tasa intrínseca de crecimiento (rc), Tasa intrínseca de crecimiento (r_m), Tasa finita de crecimiento (λ), Tiempo de duración de la cohorte (Tc), Tiempo generacional (T_G) y Tiempo de duplicación (t_2), de *Phytoseiulus persimilis* a $28 \pm 2^\circ\text{C}$ fueron 42.5880, 41.1081, 0.4400, 0.4099, 1.5068, 8.4082, 9.0639, 1.6906 respectivamente.

RESUMEN

Esta investigación se realizó con el fin de generar en México datos de depredación y parámetros poblacionales de *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, que restan a futuro establecer un manejo integrado sobre la arañita de dos manchas *Tetranychus urticae* Koch; ácaro que puede causar pérdidas totales en los cultivos de rosal y fresa en las áreas donde se producen.

Los ácaros constituyen el principal problema al que se enfrentan los productores de hortalizas y floricultores en el mundo. Varios aspectos relacionados con su biología, como su alto potencial reproductivo, mecanismos de dispersión y los mecanismos para causar daños determinan su severidad como plaga tanto en campo como en invernadero. El ácaro de dos manchas *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), es la plaga más importante en cultivos hortícolas y florícolas de importancia económica. Los daños en la planta ocurren principalmente sobre los tejidos tiernos de las hojas, flores, yemas terminales, ocasionando clorosis y defoliación cuando la infestación es severa; además, la telaraña favorece la acumulación de polvo, lo que dificulta su control químico. Además de que el abuso de acaricidas ha originado ciertos niveles de resistencia, por lo que este tipo de control se ha vuelto ineficiente. Las plantas casi siempre sobreviven al ataque, pero el daño sobre las hojas,

retardan el crecimiento e incide desfavorablemente sobre el rendimiento final del cultivo, puesto que las estructuras afectadas aunque prosiguen su desarrollo, crecen deformes y demeritan la calidad final del producto objeto de comercialización.

Como una alternativa a los pesticidas, el control biológico de *T. urticae* ha recibido una especial atención en los cultivos de fresa y plantas ornamentales. Los estudios sobre la evaluación de sus agentes de control, destacan a *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot como un elemento fundamental para ser incorporados en los programas de manejo integrado de esta especie. El conocimiento de los atributos biológicos de *P. persimilis*, así como de los aspectos demográficos del mismo y los efectos en la sobrevivencia de la población de su presa, son los aspectos más importantes para establecer un programa efectivo de control biológico de la plaga de interés. Dado que la respuesta funcional por si sola no es suficiente para indicar una alta eficiencia, los parámetros demográficos del depredador permiten observar su potencial reproductivo y su capacidad de control.

Considerando lo anterior, la presente investigación tuvo por objetivo principal determinar la eficiencia de la capacidad depredadora de *P. persimilis* sobre *T. urticae* mediante la evaluación de su respuesta funcional y finalmente determinar el desarrollo, supervivencia y reproducción de *P. persimilis*.

Los trabajos de investigación se llevaron a cabo durante los meses de agosto de 1998 a mayo de 1999. Primeramente se realizaron experimentos para determinar la técnica adecuada de depredación y así poder determinar el criterio de manejo del material biológico. La siguiente fase de la investigación consistió en realizar los estudios de respuesta funcional y las tasas de desarrollo, supervivencia y reproducción.

Todo el proceso de respuesta funcional y parámetros poblacionales se realizó en una cámara bioclimática del Departamento de Parasitología de la U.A.A.N. El trabajo se realizó siguiendo la técnica de la hoja-arena en discos de frijol a una temperatura de $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 60 por ciento de humedad relativa durante 24 horas continuas de luz fluorescente.

Para medir la depredación de huevos, larvas, ninfas y adultos de *T. urticae* se trabajó con 15 repeticiones para cada una de las densidades ofrecidas 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 100, para huevos y larvas, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 (ninfas) y 1, 2, 4, 8 para hembras adulto de la arañita de dos manchas, registrando la depredación a las 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 24 horas.

Los datos de depredación primeramente se transformaron al logaritmo de $(x+1)$ y enseguida se analizaron mediante un análisis completamente al azar, posteriormente se realizó una prueba de rango múltiple. Además de lo anterior se recurrió al modelo de transformación de Woolf

(Fan y Petitt, 1994) y Holling (1959). Por último se hicieron ajustes de los valores del número de presas muertas observadas entre los estimados, bajo una prueba de concordancia χ^2 , todo el análisis estadístico se analizó con el uso del programa de computadora (SAS, 1985) al nivel de significancia al 5 por ciento.

En relación al análisis de los parámetros poblacionales se recurrió a los modelos matemáticos propuestos por Birch (1948). Para esta fase del experimento se contó con un cohorte inicial de 55 hembras con un día de edad y recién apareada y se les tomaron registros de supervivencia y fecundidad, hasta que la última hembra del cohorte murió.

La respuesta funcional de *P. persimilis* sobre los diferentes estadios de desarrollo de *T. urticae* indicó que el comportamiento del depredador correspondió al tipo II, llegando a la asíntota por una línea curvilínea, en el caso de huevo, larva y ninfa y tirando una línea mas o menos recta para adultos hembras de *T. urticae*. Con la ecuación de Holling (1959), se determinaron los valores de la tasa instantánea de descubrimiento, $a' = 1.0175, 0.9785, 1.1068$ y 1.0450 , y para el tiempo de manipulación, $T_h = 0.00821, 0.00440, 0.01498$ y 0.02288 , para cuando las presas fueron huevos, larvas, ninfas y adultos, respectivamente a las 24 horas.

Los estados de desarrollo de *T. urticae* mas atacados por el depredador fueron huevos y larvas y en menor grado ninfas y adultos hembras, con promedio de mortalidad de 52.36, 63.0666, 32.6666 y 6.9333 respectivamente a las 24 horas, aunque en el caso de los adultos hembra se considera puede aumentar la mortalidad ya que los depredadores no llegan a la saciedad.

El valor reproductivo indicó que la mayor reproducción se concentró en los primeros días de vida adulta, desde la primera ovipostura hasta el quinceavo día. Los valores de los parámetro demográficos de *P. persimilis* obtenidos fueron tasa reproductiva bruta (TRB) = 42.5880, tasa reproductiva neta (R_0) = 41.1081, aproximación a tasa intrínseca de crecimiento (r_c) = 0.4400, tasa intrínseca de crecimiento (r_m) = 0.4099, Tasa finita de crecimiento (λ) = 1.5068, tiempo de duración de la cohorte (T_c) = 8.4082, tiempo generacional (T_G) = 9.0639 y tiempo de duplicación (t_2) = 1.6906.

LITERATURA CITADA

- Ahmadi, A. 1983. Demographic toxicology as a method for studying the dicofolthospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) system. Jour. Econ. Entomol. 76:239-242 pp.
- Amano, H., and D. A. Chant. 1978a. Mating behavior and reproductive mechanisms of two species of predacious mites, *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot and *Amblyseius andersoni* Chant (Acarina: Phytoseiidae). *Acarologia* 20:196-213. pp.
- Amano, H., and D.A. Chant. 1978b. Some factors affecting reproduction and sex ratios in two species of predacious mites, *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot and *Amblyseius andersoni* (Chant) (Acarina:Phytoseiidae). *Can. J. Zool.* 56:1593-1607. pp.
- Andrews, K. 1989. "Introducción a los conceptos del manejo integrado de plagas."
En: Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura; estado actual y futuro . Andrews, K & Quezada, J.R. (ed). p. 4-20.
- Ashihara, W., T. Hamamura, and N. Shinkaji. 1978. Feeding reproduction, and development of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acarina:Phytoseiidae) on various food substances. *Bull. Fruit Tree Res. Stn. Ser. E* 1978. 2:91- 98.
- 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. pp.
- Begljarov, G. A. 1967. Ergebnisse der Untersuchungen und der Anwendung von *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot als biologische Bekämpfungsmittel gegen Spinnmilben in der Sowjetunion. *Nachrichtenblatt des Pflanzenschutzdienstes.* 21(47):197-200. pp.
- Birch, L. C. 1948. The Intrinsic Rate of Natural Increase of an Insect Population. *J. Anim. Ecol.* 17:15-26.pp.

- Blommers. L., P. Lobbes. P. Vink. 1977. Studies on the response of *Amblyseius bibens* (Acarina: Phytoseiidae) to conditions of prey scarcity. *Entomophaga* 22:247-258. pp.
- Boudreaux, H. B. 1958. The effect of relative humidity on egg-laying, hatching, and survival in various Spider mites. *Jour. Insect. Physiol.* 2: 65-72. pp.
- Boys, F.E., and P.P. Burbutis. 1972. Influence of *Phytoseiulus persimilis* on populations of *Tetranychus turkestanii* at the economic threshold on roses. *J. Econ. Entomol.* 65:114-117. pp.
- Chant, D. A. 1961. An experiment in biological control of *Tetranychus telarius* (L.) (Acarina:Tetranychidae) in a greenhouse using the predacious mite *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Phytoseiidae). *Can. Entomol.* 93:437-43. pp.
- Chant, D.A. 1985. "Systematics and taxanomy." En: Spider mites: Their biology, natural enemies and control . Helle, W. & Sabellis, M.W. (ed.). Elsevier Science Pub. Leiden, Holanda. p. 17-19.
- Crooker A. 1985. Embryonic and Juvenile Development. pp. 149-160. En Helle W. y W. M. Sabelis (Editores) Spider Mites Their Biology, Natural Enemies and Control. Vol. 1A. Elsevier Science Publishing Company.
- 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.
- Daftari, A. 1979. Studies on feeding, reproduction and development of *Amblydeius aberrans* (Acarina: Phytoseiidae) on various food substances. *Z. Ang. Entomol.* 88:449-453. pp.
- De bach, P.1968. Control biológico de insectos plagas y malas hierbas . Compañía Editorial Continental, México. 949 pp.
- Dosse, G. 1958. Uber einige neue Raubmilbenarten (Acarina:Phytoseiidae). *Pflanzenschutzber-Berichte* 21:44-61. pp.
- Estebanez, 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.
- Eveleigh, E.S., and D.A. Chant. 1982. Experimental studies on acarine predator-prey interactions: the effects of predator density on immature survival, adult fecundity and emigratin rates, and the numerical response to prey density (Acarina:Phytoseiidae). *Ibid.* 60:630-638. pp.

- Everson, P. 1979. The functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae) To various densities of *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). Can. Ent. 111:7-10.
- Fan, Y.Q. y Pettitt, F. L. 1994. Parameter estimation of functional response. Environ. Entomol. 23(4): 785-794. pp.
- Force, D.C. 1967. Effect of temperature on biological control of twospotted spider mites by *Phytoseiulus persimilis*. J. Econ. Entomol. 60:1308-11. pp.
- French, N., W.J. Parr, H.J. Gould, J.J. Williams, and S.P. Simmonds. 1976. Development of biological methods for the control of *Tetranychus urticae* on tomatoes using *Phytoseiulus persimilis*. Ann. Appl. Biol. 83:177-89. pp.
- Gerson U. 1985. Webbing. En Helle y Sabelis (Editores) Spider Mites Their Biology, Natural Enemies and Control. Vol. 1A. Elsevier Science Publishing Company. pp. 223-230.
- Gould, H.J. 1970. Preliminary studies of an integrated control programme for cucumber pests and an evaluation of methods of introducing *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot for the control of *Tetranychus urticae* Koch. Ann. Appl. Biol. 66:505-13. pp
- Gould, H. J. 1987. Protected crops. En, Burn A. J., T. H. Croaker y P. C. Jepson, Edits. : Integrated Pest Management. Academic. Press Co. pp.404-405.
- Hamlen, R.A. 1980. Report of *Phytoseiulus persimilis* management of *Tetranychus urticae* on greenhouse grown dieffenbachia. Bull. SROP/WPRS 1980 III/3: 65-74.
- Hamlen, R.A. and R.K. Lindquist. 1981. Comparison of two *Phytoseiulus* species as predators of twospotted spider mites on greenhouse ornamentals. Environ. Entomol. 10:524-527.
- Helle W. y L. P. Pijnacker. 1985 Partenogenesis, chromosomas y sex. pp. 129-138. En Helle y Sabelis (Editores) Spider Mites Their Biology, Natural Enemies and Control. Vol. 1A. Elsevier Science Publishing Company.
- Holling, C.S. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. Can. Ent. 91:385-398.
- Holling, C.S. 1961. Principles of insect predation Ann. Rev. Entomol. 6:163-182. pp.

- Hoy, M.A., and J. M. Smilanick. 1979. sex pheromone produced by immature and adult females of the predatory mite, *Metaseiulus occidentalis*, (Acarina: Phytoseiidae). Entomol. Exp. Appl. 26:291-300. pp.
- 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 pp.
- Huffaker, C.B., M. van de Vrie, and J. A. McMurtry. 1969. The ecology of tetranychid mites and their natural control. Annu. Rev. Entomol. 14:125-174. pp.
- Jackson, G. J. and J. B. Ford. 1973. The feeding behavior of *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae), particularly as affected by certain pesticides. Ann. Appl. Biol. 75:165-171. pp.
- Jeppson, L. R., H. H. Keifer, y E. W. Baker. 1975. Mites Injurious to Economic Plants. University of California Press. 614 pp.
- Kennedy , G. C. y D. R. Smitley. 1985. Dispersal. En Helle W. y M. W. Sabelis (Editores) Spider Mites Their Biology, Natural Enemies and Control. Vol. 1A. Elsevier SciencePublishing Company. 233-240. pp.
- Kennett, C.E., and L.E. Caltagirone. 1968. Biosystematics of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acarina:Phytoseiidae. Acarologia 10:563-77. pp
- Kolodochka, L. A. 1983. Ecological features of the pradaceous mite *Amblyseiulus longispinosus*. Vestn. Zool. 5: 36-42. pp.
- Krantz, G. W. 1970. A Manual of Acarology. Oregon State University. Book Stores inc. 509 pp.
- Krantz, G. W. 1978. A Manual of Acarology. 2nd ed. Oregon State University. Book Stores. Corvallis. OR, 509 pp.
- Laing, J.E. 1968. Life history and life table of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot. Acarologia 10:578-88. pp.
- Laing, J.E., and C.B. Huffaker. 1969. Comparative studies of predation by *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot and *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt) (Acarina:Phytoseiidae) on populations of *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae). Res. Popul. Ecol. 11:105-126. pp
- Landeros F. J. 1995. Evaluación de parámetros poblacionales de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) expuesta a dosis bajas de avermectina. Disertación Doctoral ITESM; Monterrey, México. 68 pp.

- Maggi, V. L.; y T. F. Leigh. 1983. fecundity response of the twospotted spider mite to cotton treated with methyl parathion or phosphoric acid. . Econ. Entomol. 76:20 – 25.
- Markkula, M., and K. Tiittanen. 1976. "Pest-in-First" and "natural infestation" methods in the control of *Tetranychus urticae* Koch with *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot on glasshouse cucumbers. Ann. Agric. Fenn. 15:81-85. pp.
- McClanahan, R.J. 1968. Influence of temperature on the reproductive potential of two mite predators of the twospotted spider mite. Can. Entomol. 100:549-556. pp.
- McMurtry, J.A. 1982. The use of phytoseiids for biological control: Progress and future prospects. In M.A. Hoy, [ed.] Recent advances in knowledge of the Phytoseiidae. Agricultural Sciences Publications. University of California, Berkeley, CA. 92pp.
- McMurtry, J. A., E. R. Oatman, P. A. Phillips, and C. W. Wood. 1978. Establishment of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) in Southern California. Entomophaga 23:175-79. pp.
- McMurtry, J.A.; Huffaker, C.B. and van de Vrie, M. 1970. "Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: A review. I. Tetranychid enemies: Their biological characters and the impact of spray practices." Hilgardia 40 (11): 331-330. pp.
- Mori, H., and D.A. Chant. 1966a. The influence of prey density, relative humidity, and starvation on the predacious behavior of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acarina: Phytoseiidae). Can. J. Zool. 44:483-491. pp.
- Mori, H., and D.A. Chant. 1966b. The influence of humidity on the activity of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot and its prey, *Tetranychus urticae* (C.L.Koch) (Acarina:Phytoseiidae, Tetranychidae. Can. J. Zool. 44:863-871. pp.
- Nachman, G. 1981. Temporal and spatial dynamics of an acarine predator-prey system. Ibid. 50:435-451. pp.
- Nicholl, E. C. I. 1994. Evaluación de *Amblyseius cucumeris* (ACARI: PHYTOSEIIDAE) como un agente potencial de control biológico de *Frankliniella occidentalis* (THYSANOPTERA: THRIPIDAE). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 66pp.

- Overmeer, W. P. J. and A. Q. Van Zon. 1984. The preference of *Amblyseius potentillae* Garman (Acarina: Phytoseiidae) for certain plant substrates. In D. A. Griffiths and C. E. Bowman, eds. *Acarology VI*, Vol. 1. Horwood. Chichester, U. K., 591-596. pp.
- Pralavorio, M. and L. Almaguel-Rojas. 1980. Influence of temperature and humidity relative for development and reproduction of *Phytoseiulus persimilis*. *SROP/WPRS* 1980 III/3, 157-162. pp.
- Pruszyński, S. 1976. Observations on the predatory behavior of *Phytoseiulus persimilis*. *Bull. SROP/WPRS* 4:39-44. pp.
- Rasmy, A. H., S. M. Hafez, and S. A. Elsayy. 1984. Biology and predatory efficiency of predaceous mites as affected by various biotic factors. In D. A. Griffiths and C. E. Bowman, eds. *Acarology VI*, Vol. 2. Horwood, Chichester, U. K., 699-702. pp.
- Ravensberg, W.J., J.C. van Lenteren, and J. Woets. 1983. Developments in application of biological control in greenhouse vegetables in the Netherlands since. *Bull. SROP/WPRS* VI/3:36-48.
- Rock, G. C., D. R. J. Monroe, and D. R. Yeagan. 1976. Demonstration of a sex pheromone in the predaceous mite *Neoseiulus fallacis*. *Environ. Entomol.* 5:264-266. pp.
- Sabelis, M.W. 1981. Biological control of twospotted spider mites using phytoseiid predators. I. *Agric. Res. Report* 910. Pudoc, Wageningen, The Netherlands.
- Sabelis, M.W. 1985. Development. Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Control. vol 1B. W. Helle and M.W. Sabelis. Eds. Elsevier Science Publishers. B.W., Amsterdam. 43-53. pp.
- Saitó, 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. Elsevier Science Publishing Company. 253-264. pp.
- SAS Institute Inc., 1985. *SAS User's Guide: Statistics, Versión 5 Edition*. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Schmidt, V.G. 1976. Der einfluss der von den beutetieren hinterlassenen spuren auf suchverhalten und sucherfolg von *Phytoseiulus persimilis* A. & H. (Acarina, Phytoseiidae). *Z. Ang. Entomol.* 82:16-18. pp.
- Schulten, G.G.M., R.C.M. van Arendonk, V.M. Russell, and F.A. Roorda. 1978. Copulation, egg production and sex-ratio in *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius bibens*. *Entomol. Exp. Appl.* 24:145-153. pp.

- Simmonds, S.P. 1972. Observations on the control of *Tetranychus urticae* on roses by *Phytoseiulus persimilis*. Pl. Path. 21:163-65. pp.
- Solomon, M.E. 1949. The natural control of animal populations. J. Anim. Ecol. 18:1-35. pp.
- Stenseth, C. 1979. Effect of temperature and humidity on the development of *Phytoseiulus persimilis* and its ability to regulate populations of *Tetranychus urticae* (Acarina:Phytoseiidae, Tetranychidae). Entomophaga 24:311-317. pp.
- Stenseth, C. 1980. Methods for using *Phytoseiulus persimilis* for control of *Tetranychus urticae* on cucumber. Bull. SROP/WPRS. III/3-221-224. pp.
- Takafuji, A. 1977. The effect of the rate of successful dispersal of a phytoseiid mite, *Phytoseiulus persimilis* Athias- Henriot (Acarina:Phytoseiidae) on the persistence in the interactive system between the predator and its prey. Res. Popul. Ecol. 18:210-222. pp.
- Takafuji, A. and D. A. Chant. 1976. Comparative studies of two species of predacious phytoseiid mites (Acarina: Phytoseiidae), with special reference to their responsive studies of two species of predacious phytoseiid mites (Acarina:Phytoseiidae), with special reference to their responses to the density of their prey. Ibid 17:255-310.pp.
- Teliz, O.D. y F. J. Castro. 1973. El cultivo de la fresa en México. Folleto de Divulgación no. 48. INIA-CIAB. MÉXICO.
- Trichilo , P. J. y T. F. Leagh. 1985. The use of life tables to assess varietal resistance of cotton to spider mites. Entomol. Exp. Appl. 39:27 – 33.
- 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.
- Van de Vrie, J. A. McMurtry y C.B. Huffaker. 1972. Biology, Ecology, and Pest Status and Host-Plants Relations of Tetranychids en Ecology of Tetranychid Mites and Their Natural Enemies: A Review. Hilgardia. 41 (13): 343-432. pp.
- Veerman, A. 1977. Aspects of the Induction and Termination of Diapause in a Laboratory Strain of the Mite *Tetranychus Urticae*. J. insect Physiology. 23:703-711. pp.

- 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.
- Voroshilov, V. 1979. Heat-resistant lines of the mite *Phytoseiulus persimilis* A.-H. *Sov. Genet.* 15:46-50.
- Yañes, A. G. 1989. Respuesta de 6 variedades de crisantemo (*Crisanthemum morifolium* Ramat) al ataque de araña roja (*Tetranychus urticae* och). Depto de Parasitología Agrícola UACH. Chapingo, México.

APÉNDICE

Cuadro A. 1. Registro del número de huevos de *Tetranychus urticae* consumidos por *Phytoseiulus persimilis* de 0 – 2 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total	x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	5	0.33
2	1	0	2	0	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	17	1.13
4	3	1	0	2	2	0	1	2	3	3	1	1	3	4	3	29	1.93
8	0	2	4	0	4	1	2	0	1	0	4	0	2	0	2	22	1.46
16	11	14	2	16	10	16	12	2	5	15	13	16	14	15	13	174	11.6
32	22	18	14	0	10	9	3	4	10	10	6	5	2	1	19	133	8.86
64	2	2	8	11	1	7	4	8	1	7	14	7	15	13	16	116	7.73

Cuadro A. 2. Registro del número de huevos de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 2 – 4 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total	x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0.20
2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	5	0.33
4	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	10	0.66
8	0	3	0	0	3	0	1	2	6	1	0	5	0	3	3	27	1.80
16	3	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	2	1	2	13	0.86
32	3	4	0	1	5	2	3	5	0	0	9	0	5	5	4	46	3.06
64	4	3	4	6	1	0	0	2	8	4	0	2	1	5	5	45	3.00

Cuadro A. 3. Registro del número de huevos de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 4 – 6 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total	x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0.13
2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	7	0.46
4	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	6	0.40
8	1	3	0	2	1	0	0	0	0	5	1	2	0	3	1	19	1.26
16	1	2	0	0	0	0	1	0	2	0	2	0	0	0	1	9	0.60
32	1	0	5	2	4	1	6	9	2	2	4	4	3	5	1	49	3.26
64	4	5	4	0	2	0	4	5	0	3	9	4	9	4	8	69	4.60

Cuadro A. 4. Registro del número de huevos de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 6 – 8 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total	x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0.13
2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.06
4	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0.26
8	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	2	0	7	0.46
16	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.06
32	3	3	6	9	3	0	2	3	2	6	4	4	3	3	3	54	3.60
64	5	2	8	0	3	4	1	8	7	6	0	4	2	6	4	60	4.00

Cuadro A. 5. Registro del número de huevos de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 8 – 10 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total	x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
4	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0.26
8	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	5	0.33
16	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.06
32	0	0	4	0	0	3	8	2	0	4	1	0	7	10	0	39	2.60
64	4	6	0	0	3	4	6	1	0	1	2	5	5	2	3	42	2.80

Cuadro A. 6. Registro del número de huevos de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 10 –12 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total	x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.06
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
4	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	5	0.33
8	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	5	0.33
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
32	0	1	0	0	0	0	5	5	6	4	5	4	4	0	0	34	2.26
64	2	0	4	0	7	8	1	17	6	7	7	5	7	9	7	87	5.80

Cuadro A. 7. Registro del número de huevos de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 12 – 24 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total	x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0.13
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
4	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.13
8	5	0	2	2	0	3	1	1	0	0	2	0	0	0	0	16	1.06
16	0	0	6	0	5	0	0	6	5	0	0	0	0	0	0	22	1.46
32	0	6	0	18	10	0	2	4	0	6	2	12	3	7	5	75	5.00
64	22	22	12	27	10	0	12	21	26	20	19	20	18	15	13	257	17.13

Cuadro A. 8. Registro del número de huevos de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 0 – 24 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total	x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.00
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	30	2.00
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	60	4.00
8	8	8	6	5	8	4	5	6	8	8	7	8	5	8	7	101	6.73
16	15	16	9	16	15	16	14	9	12	16	16	16	16	16	16	218	14.53
32	29	32	29	27	32	15	29	32	20	32	31	29	25	31	32	425	28.33
64	43	40	40	44	27	23	28	62	56	49	51	47	57	54	56	677	45.13
100	51	57	50	63	50	33	57	50	52	40	50	73	60	50	57	793	52.86

Cuadro A. 9. Registro del número de larvas de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 0 – 2 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total	x	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.13
2	1	0	2	1	0	2	1	2	1	1	0	1	2	1	0	0	15	1.00
4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	4	0.26
8	0	0	0	2	2	0	2	2	5	1	3	4	4	4	2	0	31	2.06
16	2	5	3	2	4	2	3	0	1	4	0	5	1	4	2	0	38	2.53
32	5	4	4	2	4	7	6	5	6	4	3	2	3	1	5	0	61	4.06
64	6	7	4	2	3	7	5	3	3	2	5	6	7	4	4	0	68	4.53

Cuadro A. 10. Registro del número de larvas de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 2 – 4 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total	x	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	8	0.53
2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	5	0.33
4	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	7	0.46
8	0	1	1	1	1	3	1	2	1	2	1	1	0	1	2	0	18	1.20
16	3	0	4	4	0	1	2	3	1	2	2	2	0	2	4	0	30	2.00
32	5	3	3	3	3	3	3	5	3	6	3	6	1	1	6	0	54	3.60
64	9	11	8	4	4	10	9	7	8	4	10	12	10	8	5	0	119	7.93

Cuadro A. 11. Registro del número de larvas de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 4 – 6 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total	x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	3	0.20
2	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	5	0.33
4	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	3	1	0	1	9	0.60
8	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	7	0.46
16	4	1	1	0	9	7	1	6	0	4	1	4	2	3	0	43	2.86
32	2	1	3	1	0	7	4	7	1	3	3	3	3	1	7	46	3.06
64	4	9	8	10	4	4	8	7	4	4	3	6	5	8	8	92	6.13

Cuadro A. 12. Registro del número de larvas de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 6 – 8 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total	x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.06
4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	3	0.20
8	5	2	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	12	0.80
16	3	2	3	2	0	2	2	1	2	2	3	0	1	0	4	27	1.80
32	3	3	1	0	5	4	6	3	2	5	2	1	5	7	3	50	3.33
64	6	5	2	7	4	6	5	11	2	4	7	8	5	5	7	84	5.60

Cuadro A. 13. Registro del número de larvas de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 8 – 10 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total	x	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
4	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.20
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	1	0	0	1	9	9	0.60
16	0	3	2	1	2	3	1	5	5	1	2	3	3	3	2	37	37	2.46
32	3	5	3	3	2	3	0	3	0	2	3	3	2	4	1	37	37	2.46
64	14	14	7	4	11	15	10	3	8	16	13	9	8	10	10	152	152	10.13

Cuadro A. 14. Registro del número de larvas de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 10 – 12 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total	x	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.13
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
4	1	1	2	1	1	0	1	0	1	1	1	0	2	0	0	12	12	0.80
8	0	1	2	1	3	2	1	2	1	0	0	1	2	1	2	19	19	1.26
16	1	2	2	2	1	1	3	1	4	3	4	2	2	3	0	31	31	2.06
32	6	4	4	5	3	5	3	5	5	3	6	5	7	3	3	67	67	4.46
64	7	9	10	5	9	4	8	5	10	8	6	8	6	9	6	110	110	7.33

Cuadro A. 15. Registro del número de larvas de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 12 – 24 horas.

No.	R e p e t i c i o n e s															Total	x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.13
2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3	0.20
4	2	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2	13	0.86
8	3	1	2	2	1	2	2	1	0	2	0	0	0	0	0	16	1.06
16	1	2	0	4	0	0	3	0	3	0	2	0	6	1	2	24	1.60
32	5	10	5	7	10	3	7	4	8	7	9	8	7	3	7	100	6.66
64	18	9	17	28	17	8	15	20	17	15	15	11	21	13	18	242	16.13

Cuadro A. 16. Registro del número de larvas de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 0 – 24 horas.

No.	R e p e t i c i o n e s															Total	x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.00
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	30	2.00
4	4	4	4	4	4	2	3	2	2	4	4	3	4	2	4	50	3.33
8	8	6	6	8	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	112	7.46
16	14	15	15	15	16	16	15	16	16	16	14	16	15	16	14	229	15.26
32	29	30	23	21	27	32	29	32	25	31	29	28	28	20	32	416	27.73
64	64	64	56	60	52	54	60	56	52	53	59	52	62	57	58	859	57.26
100	62	85	82	46	50	70	64	35	71	45	84	40	82	50	80	946	63.06

Cuadro A. 17. Registro del número de ninfas de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 0 – 2 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total	x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0.13
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4	0.26
4	1	2	2	3	2	1	2	1	1	2	1	0	2	0	1	21	1.40
8	1	0	0	0	1	0	1	2	0	0	1	2	2	0	1	11	0.73
16	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	2	1	0	1	2	13	0.86
32	2	3	1	2	2	2	1	3	2	4	1	5	2	2	2	34	2.26
64	2	5	4	3	3	2	3	2	5	3	2	4	6	4	3	51	3.40

Cuadro A. 18. Registro del número de ninfas de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 2 – 4 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total	x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.06
2	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	8	0.53
4	3	1	1	1	2	2	2	0	1	0	0	0	0	2	2	17	1.13
8	1	1	1	1	2	1	0	0	1	0	1	2	1	1	1	14	0.93
16	0	0	1	2	1	3	0	3	2	1	1	1	1	2	1	19	1.26
32	2	3	1	1	0	2	2	2	2	2	5	2	1	5	2	32	2.13
64	2	3	4	4	1	2	0	4	0	2	2	0	6	6	4	40	2.66

Cuadro A. 19. Registro del número de ninfas de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 4 – 6 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total	x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.33
2	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	8	0.60
4	3	1	1	1	2	2	2	0	1	0	0	0	0	2	2	17	0.80
8	1	1	1	1	2	1	0	0	1	0	1	2	1	1	1	14	0.93
16	0	0	1	2	1	3	0	3	2	1	1	1	1	2	1	19	1.06
32	2	3	1	1	0	2	2	2	2	2	5	2	1	5	2	32	2.53
64	2	3	4	4	1	2	0	4	0	2	2	0	6	6	4	40	2.86

Cuadro A. 20. Registro del número de ninfas de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 6 – 8 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total	x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.06
2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0.20
4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	4	0.26
8	0	0	5	0	2	0	2	2	1	3	2	1	3	0	2	23	1.53
16	3	1	1	1	2	1	0	1	4	3	0	2	1	2	3	25	1.66
32	1	1	1	1	3	3	4	1	0	1	2	3	0	0	1	22	1.46
64	0	0	4	1	2	0	4	1	0	0	2	0	3	5	9	31	2.06

Cuadro A. 21. Registro del número de ninfas de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 8 – 10 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total x	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.06
2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0.13
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.06
8	3	2	1	2	1	1	0	1	2	1	1	1	0	2	0	18	1.20
16	3	7	2	3	2	5	1	2	0	6	7	1	1	0	2	42	2.80
32	7	3	1	1	7	3	2	4	1	1	3	2	0	4	5	44	2.93
64	9	11	7	6	0	7	5	0	0	0	7	5	3	4	1	65	4.33

Cuadro A. 22. Registro del número de ninfas de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 10 – 12 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total x	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
8	1	1	1	1	0	2	2	1	0	2	2	0	2	1	0	16	1.06
16	2	2	4	2	5	0	4	2	4	3	2	4	2	5	4	45	3.00
32	2	2	5	4	4	5	7	3	4	4	3	5	5	7	3	63	4.20
64	5	9	3	4	4	3	2	2	8	4	3	2	7	9	8	73	4.86

Cuadro A. 23. Registro del número de ninfas de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 12 – 24 horas.

No.	R e p e t i c i o n e s															Total	x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	4	0.26
2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.26
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0	0	0	5	0.33
8	0	2	0	3	1	3	1	1	3	2	1	0	0	1	2	20	1.33
16	6	2	6	5	4	6	1	7	2	2	4	1	4	4	1	55	3.66
32	10	19	7	10	13	12	11	14	9	11	6	13	10	10	10	165	11.00
64	16	25	7	19	14	17	8	3	9	8	14	13	13	10	11	187	12.46

Cuadro A. 24. Registro del número de ninfas de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 0 – 24 horas.

No.	R e p e t i c i o n e s															Total	x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	14	0.93
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	30	2.00
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	60	4.00
8	8	6	8	7	8	7	7	7	8	8	8	8	8	8	6	112	7.46
16	16	16	16	15	15	16	6	15	14	16	16	12	9	15	16	213	14.20
32	27	29	18	20	32	30	28	31	20	25	21	32	23	29	28	393	26.20
64	35	58	37	39	26	33	23	17	24	20	31	29	39	40	38	489	32.60

Cuadro A. 25. Registro del número de hembras adultos de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 0 – 2 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total	x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	3	0.20
2	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5	0.33
4	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	2	0	1	11	0.73
8	1	0	0	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2	2	0	20	1.33

Cuadro A. 26. Registro del número de hembras adultos de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 2 – 4 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total	x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	7	0.46
2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	8	0.53
4	1	0	2	0	0	2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	8	0.53
8	0	2	1	0	2	1	0	0	2	0	1	0	0	1	2	12	0.80

Cuadro A. 27. Registro del número de hembras adultos de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 4 – 6 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total x	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.13
2	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	6	0.04
4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	1	6	0.04
8	1	0	1	1	0	2	0	1	0	1	2	1	1	0	0	11	0.73

Cuadro A. 28. Registro del número de hembras adultos de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 6 – 8 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total x	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0.13
2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0.20
4	0	1	1	0	2	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	9	0.60
8	0	2	1	1	0	0	0	0	2	1	0	1	1	0	1	10	0.66

Cuadro A. 29. Registro del número de hembras adultos de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 8 – 10 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total x	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
2	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	6	0.40
4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0.13
8	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	8	0.53

Cuadro A. 30. Registro del número de hembras adultos de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 10 – 12 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total x	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
4	0	2	0	2	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	9	0.60
8	2	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	10	0.66

Cuadro A. 31. Registro del número de hembras adultos de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 12 – 24 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total x	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3	0.20
4	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	2	0	0	0	0	8	0.53
8	3	2	0	2	4	3	2	3	2	2	3	3	2	3	3	37	2.46

Cuadro A. 32. Registro del número de hembras adultos de *T. urticae* consumidos por *P. persimilis* de 0 – 24 horas.

No. R	e p e t i c i o n e s															Total x	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.00
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	30	2.00
4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	59	3.93
8	7	8	4	6	7	8	4	8	8	6	8	8	6	8	8	104	6.93

No = Número de presas ofrecido

x = Promedio de presas consumido.

Cuadro A. 33. Parámetros de la respuesta funcional de *P. persimilis* sobre huevos de *T. urticae* a diferentes períodos de tiempo segun el modelo de Holling.

Período de tiempo en horas	Tasa instantánea de descubrimiento (a')	Tiempo de manipulación (Th)
0 - 2	0.4663	0.083013
2 - 4	0.1721	0.244171
4 - 6	0.1032	0.099266
6 - 8	0.0669	0.000027
8 - 10	0.0229	0.078600
10 - 12	0.0934	0.009920
12 - 24	0.0587	0.055090

Cuadro A. 34. Parámetros de la respuesta funcional de *P. persimilis* sobre larvas de *T. urticae* a diferentes períodos de tiempo segun el modelo de Holling.

Período de tiempo en horas	Tasa instantánea de descubrimiento (a')	Tiempo de manipulación (Th)
0 - 2	0.1249	0.06400
2 - 4	0.1678	0.05009
4 - 6	0.1277	0.05081
6 - 8	0.0526	0.01785
8 - 10	0.1215	0.01184
10 - 12	0.1511	0.02873
12 - 24	0.1293	0.01445

Cuadro A. 35. Parámetros de la respuesta funcional de *P. persimilis* sobre ninfas de *T. urticae* a diferentes períodos de tiempo segun el modelo de Holling.

Período de tiempo en horas	Tasa instantánea de descubrimiento (a')	Tiempo de manipulación (Th)
0 - 2	0.1266	0.195942
2 - 4	0.1422	0.261914
4 - 6	0.2089	0.286294
6 - 8	0.1050	0.322543
8 - 10	0.2081	0.013550
10 - 12	0.8124	0.196756
12 - 24	0.1817	0.006270

Cuadro A. 36. Parámetros de la respuesta funcional de *P. persimilis* sobre adultos de *T. urticae* a diferentes períodos de tiempo segun el modelo de Holling.

Período de tiempo en horas	Tasa instantánea de descubrimiento (a')	Tiempo de manipulación (Th)
0 - 2	0.1896	0.090909
2 - 4	0.5935	1.110248
4 - 6	0.1721	0.677865
6 - 8	0.1399	0.505797
8 - 10	0.2026	1.149000
10 - 12	0.2658	1.254700
12 - 24	0.2461	1.035700

Cuadro A. 37. Tabla de supervivencia y fecundidad de hembras de *Phytoseiulus persimilis*, sobre *T. urticae* a $28 \pm 2^\circ\text{C}$. U.A.A.A.N. 1999.

x	nx	lx	producción de hijas	mx	lx mx	lx mx x
0	37	1	0	0	0	0
1	37	1	0	0	0	0
2	37	1	0	0	0	0
3	37	1	0	0	0	0
4	37	1	0	0	0	0
5	37	1	27	0.7297	0.7297	0
6	37	1	125	3.3784	3.3783	0
7	37	1	144	3.8919	3.8918	0
8	37	1	113	3.0541	3.0540	0
9	37	1	162	4.3784	4.3783	0
10	37	1	158	4.2703	4.2702	42.70
11	36	0.9730	134	3.7222	3.6216	39.84
12	36	0.9730	148	4.1111	4.0000	48
13	36	0.9730	117	3.2500	3.1621	41.11
14	36	0.9730	95	2.6389	2.5675	35.95
15	36	0.9730	74	2.0556	2.0000	30
16	35	0.9460	59	1.6857	1.5945	25.51
17	32	0.8650	52	1.6250	1.4054	53.89
18	32	0.8650	47	1.4688	1.2702	22.86
19	32	0.8650	23	0.7188	0.6216	11.81
20	28	0.7570	20	0.7143	0.5405	10.81
21	26	0.7030	20	0.7692	0.5405	11.35
22	25	0.6760	2	0.0800	0.0540	1.189
23	22	0.5950	1	0.0455	0.0270	0.622
24	19	0.5140	0	0	0	0
25	17	0.4590	0	0		0
26	14	0.3780	0	0		0
27	11	0.2970	0	0		0
28	10	0.2700	0	0		0
29	9	0.2430	0	0		0
30	9	0.2430	0	0		0
31	8	0.2160	0	0		0
32	0	0.0000	0	0		0
			$\Sigma 1521$	$\Sigma 42.5879$ =TRB	$\Sigma 41.1072$ = Ro	$\Sigma 375.641$