

## Distribución en la planta y eficacia de *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) en el control de las arañas rojas de cultivos hortícolas en condiciones de semicampo

C. A. GÓMEZ-MOYA, F. FERRAGUT

Se ha analizado la capacidad de poblaciones nativas de los fitoseidos *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis* para reducir la abundancia de las arañas rojas *Tetranychus urticae*, *T. turkestanii* y *T. evansi* en condiciones de semicampo y a diferentes relaciones depredador-presa. La eficacia de los fitoseidos estuvo influida por la dosis inicial de suelta. *P. persimilis* resultó muy eficaz al eliminar completamente las poblaciones de *T. urticae* y *T. turkestanii* a las tres dosis de suelta ensayadas, 1:12 (ó 1:16), 1:8 y 1:4; en cambio, *N. californicus* redujo la abundancia de estas presas solo en la relación 1:4. Ambos depredadores fueron incapaces de controlar las poblaciones de *T. evansi*. Al estudiar la distribución espacial de los ácaros en las plantas se observó que *T. urticae* y *T. turkestanii* tienen tendencia a dispersarse hacia las hojas de la parte superior, movimiento que se observó a las dos semanas del inicio de los ensayos. La presencia de fitoseidos en las plantas afectó al patrón de distribución vertical de las arañas rojas, provocando una mayor rapidez en su desplazamiento al estrato superior. La distinta eficacia de los fitoseidos estuvo influida por su capacidad para seguir a la presa. *P. persimilis* se movió con rapidez a la parte superior de la planta donde se concentraba la presa, mientras que *N. californicus* lo hizo lentamente y de forma incompleta. Se discuten los resultados obtenidos en relación al distinto comportamiento alimenticio de estos depredadores.

C. A. GÓMEZ-MOYA, F. FERRAGUT. Instituto Agroforestal Mediterráneo, Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia.  
E-mail: [crigode@doctor.upv.es](mailto:crigode@doctor.upv.es) ; [fjferag@eaf.upv.es](mailto:fjferag@eaf.upv.es)

**Palabras claves:** *Tetranychus urticae*, *Tetranychus turkestanii*, *Tetranychus evansi*, distribución espacial, relación depredador-presa.

### INTRODUCCIÓN

Las arañas rojas del género *Tetranychus* constituyen una de las plagas más importantes de la producción de hortalizas en las zonas cálidas del territorio español, tanto en invernaderos como al aire libre. En estos cultivos se encuentran cuatro especies de aspecto similar, *Tetranychus urticae* Koch, *Tetranychus turkestanii* Ugarov y Nikolski, *Tetranychus evansi* Baker y Pritchard y *Tetranychus ludeni* Zacher, que pueden aparecer juntas sobre las plantas y desarrollar

poblaciones elevadas en cualquier época del año (ESCUADERO y FERRAGUT, 1998; FERRAGUT y ESCUDERO, 1999). Esta situación es diferente a la de otros países europeos, donde los daños en hortalizas son causados casi exclusivamente por *T. urticae*.

Generalmente estos ácaros son controlados por medios químicos, lo que representa costes significativos en términos económicos y ecológicos y no siempre se garantiza la supresión de la plaga. Otra alternativa viable es el control biológico mediante liberaciones de ácaros fitoseidos que se distribuyen sobre

las plantas, donde se alimentan de la araña roja. Esta técnica de control biológico se ha empleado desde hace décadas en otros países europeos y ha demostrado su eficacia, especialmente en cultivos protegidos sobre *T. urticae* (SCOPES, 1985; VAN LENTEREN y WOETS, 1988; GERSON *et al.*, 2003; ZANG, 2003). Sin embargo, apenas existen datos de la capacidad de los depredadores para controlar a las otras especies de arañas rojas.

Los cultivos hortícolas españoles se caracterizan, también, por poseer una fauna rica y, en ocasiones, abundante de fitoseidos, siendo las especies más representativas *Neoseiulus californicus* (McGregor) y *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (ESCUDERO y FERRAGUT, 1998). En una situación ideal, los depredadores deberían ser capaces de controlar a todas las especies de *Tetranychus*, ya que la presencia de estas plagas en el campo es fácil de detectar, pero nunca se realiza la identificación de la especie responsable de los daños antes de aplicar las medidas de control. En estudios anteriores se ha evaluado la eficacia de estos depredadores sobre cada una de las arañas rojas en estudios de laboratorio. Los resultados obtenidos indicaron que ambas especies de fitoseidos son capaces de alimentarse e incrementar su abundancia de forma óptima cuando consumen *T. urticae*, *T. turkestanii* y *T. ludeni*, lo que sugiere que pueden ser eficaces, también, en campo; sin embargo, cuando se alimentaron de *T. evansi* su desarrollo fue muy lento y la puesta de huevos muy escasa, lo que justifica su ineficacia en el control de esta plaga en parcelas comerciales (ESCUDERO y FERRAGUT, 2005; ESCUDERO *et al.*, 2005).

En este estudio se ha analizado la capacidad de estos depredadores para suprimir poblaciones de las tres especies más importantes de arañas rojas, *T. urticae*, *T. turkestanii* y *T. evansi* a una escala diferente, sobre plantas desarrolladas en el interior de invernadero. En este escenario se ha seguido la evolución de la abundancia de plagas y depredadores a distintas relaciones depredador-presa y su distribución sobre la planta, lo

que ha permitido explicar en cada caso el éxito o el fracaso obtenido en el control.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en el interior de un invernadero experimental situado en la Universidad Politécnica de Valencia, en hábitáculos estancos de 12x25 metros. Ambos depredadores se evaluaron simultáneamente con la misma presa, pero en diferentes cámaras para evitar posibles contaminaciones. Las plantas se sembraron en macetas cilíndricas de 35 cm de altura, utilizando turba mezclada con un 10% de perlita y se regaron cada dos días, sin adicionar fertilizante y en unas condiciones ambientales medias de 66 % de humedad y 21°C de temperatura.

Los ensayos en que se utilizó *T. urticae* y *T. turkestanii* como presa se desarrollaron sobre plantas de judía (*Phaseolus vulgaris* L.) de la variedad "Pinta" y el de *T. evansi* sobre plantas de patata (*Solanum tuberosum* L.) de la variedad "Rosa". La elección de la patata para los ensayos con *T. evansi* se debió a que esta araña roja muestra preferencia por las solanáceas, donde su desarrollo es más adecuado que sobre plantas de otras familias. Al mes de sembradas las plantas se inocularon individualmente con 25 hembras adultas de la correspondiente especie de araña roja.

Los fitoseidos *N. californicus* y *P. persimilis* utilizados en los ensayos procedían de crías mantenidas en el laboratorio a partir de ejemplares recolectados en los alrededores de la ciudad de Valencia sobre plantas de la solanácea *Brugmansia x candida* (Pers). Hembras adultas de ambos fitoseidos se soltaron una semana después de la suelta de las arañas rojas en número suficiente para conseguir unas relaciones depredador-presa de 1:12, 1:8 y 1:4 para los ensayos con *T. urticae* (un depredador por cada 12 presas, uno por cada ocho y uno por cada cuatro, respectivamente) y 1:16, 1:8 y 1:4, para los ensayos con *T. turkestanii* y *T. evansi* (un depredador por cada 16 presas, uno por cada ocho y uno por cada cuatro, respectivamente); manteniendo un tratamiento testigo con araña roja

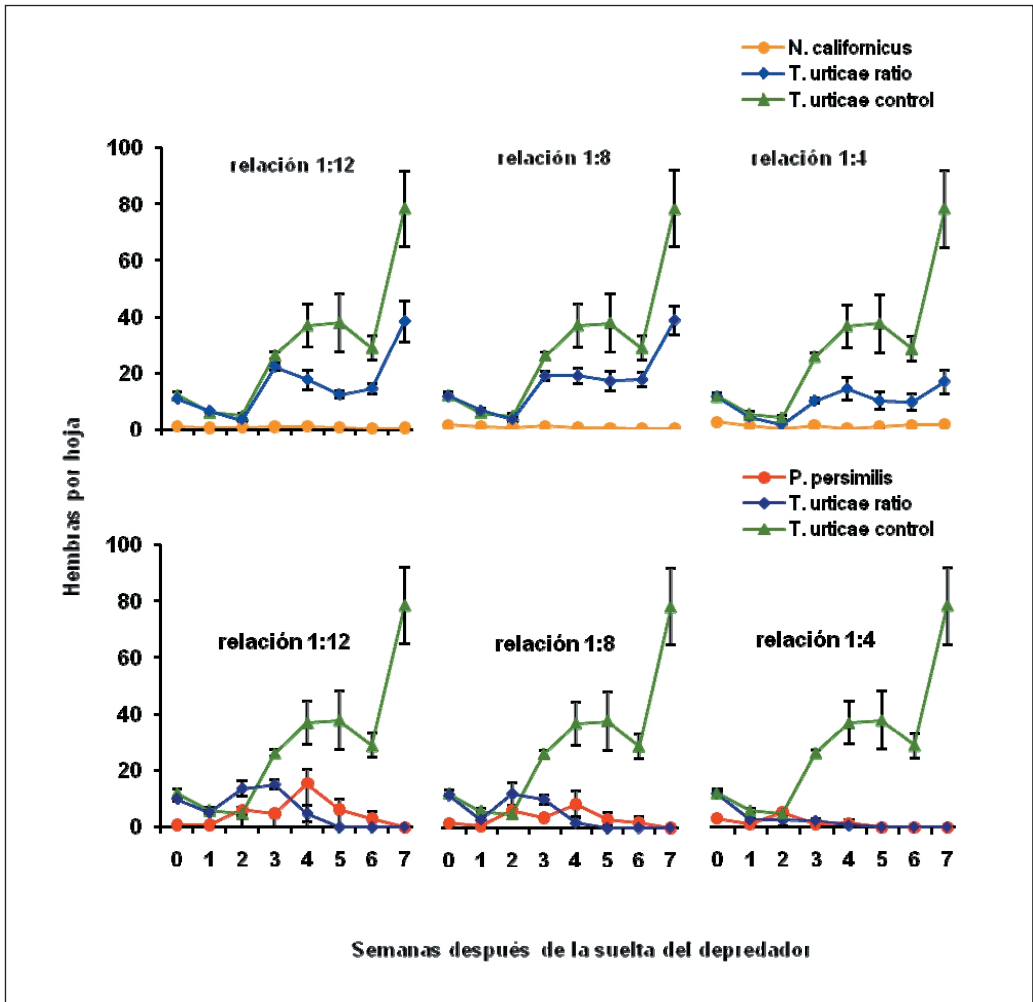


Figura 1. Variación en el número de *Tetranychus urticae* y los fitoseidos *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis* en plantas de judía en las relaciones depredador-presa 1:12, 1:8 y 1:4. *T. urticae* ratio = plantas con fitoseidos; *T. urticae* control = plantas sin fitoseidos. Las barras en cada punto representan la desviación estándar de la media de 10 repeticiones.

sin suelta de depredadores (0:25) y otro sin infestar (0:0) como control, con diez repeticiones por nivel de tratamiento. Para el cálculo de las citadas relaciones depredador-presa se contabilizaron únicamente hembras adultas de araña roja y fitoseidos.

Las evaluaciones se realizaron semanalmente observando dos hojas de cada planta, una de la parte inferior de la planta y otra de la parte superior, marcadas previamente desde

la liberación de los fitoseidos hasta que mostraban síntomas de envejecimiento, momento en que se cambiaban por nuevas hojas adyacentes. Los conteos se realizaron *in situ* con una lupa de 5x, anotándose en cada fecha el número de hembras adultas de la presa y del depredador y su posición en la planta.

Los datos obtenidos se transformaron en valores de log (x+1) para su posterior análisis estadístico mediante ANOVA. Las corres-

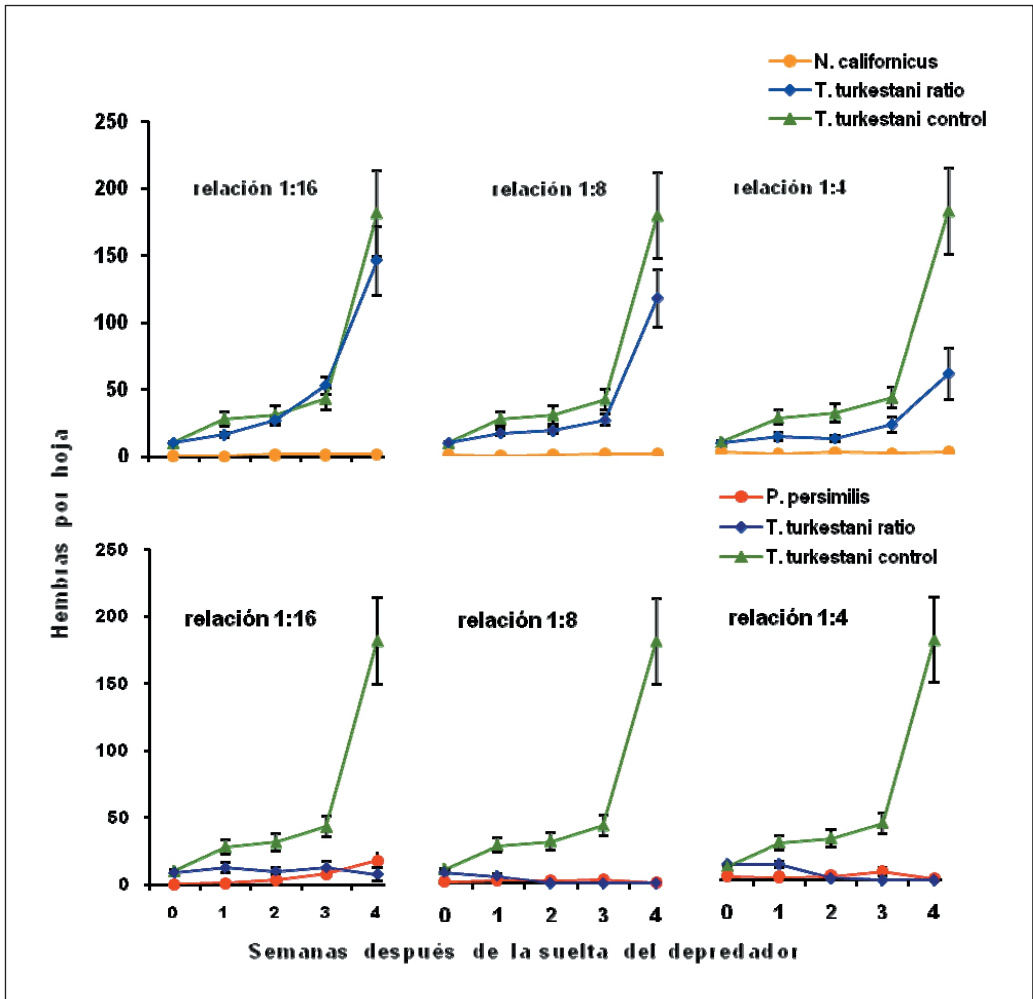


Figura 2. Variación en el número de *Tetranychus turkestanii* y los fitoseidos *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis* en plantas de judía en las relaciones depredador-presa 1:16, 1:8 y 1:4. *T. turkestanii* ratio = plantas con fitoseidos; *T. turkestanii* control = plantas sin fitoseidos. Las barras en cada punto representan la desviación estándar de la media de 10 repeticiones.

pondientes medias se compararon mediante la prueba de Fisher (Least Significant Difference, LSD) al nivel del 5%. Para estos análisis se utilizó el programa estadístico *Statgraphics Plus 5*.

## RESULTADOS

### *Evolución de la abundancia de las arañas rojas en ausencia de fitoseidos*

En ausencia de depredadores (tratamientos testigo), las tres especies de araña roja experimentaron un notable crecimiento, alcanzando densidades poblacionales aproximadas, al final de los ensayos, de 80 hembras/hoja en el caso de *T. urticae*, 180 hembras/hoja en el de *T. turkestanii* y 117 hembras/hoja en el de *T. evansi* (Figuras 1, 2 y 3). El crecimiento poblacional a partir de la suelta de la araña roja fue progresivo en el

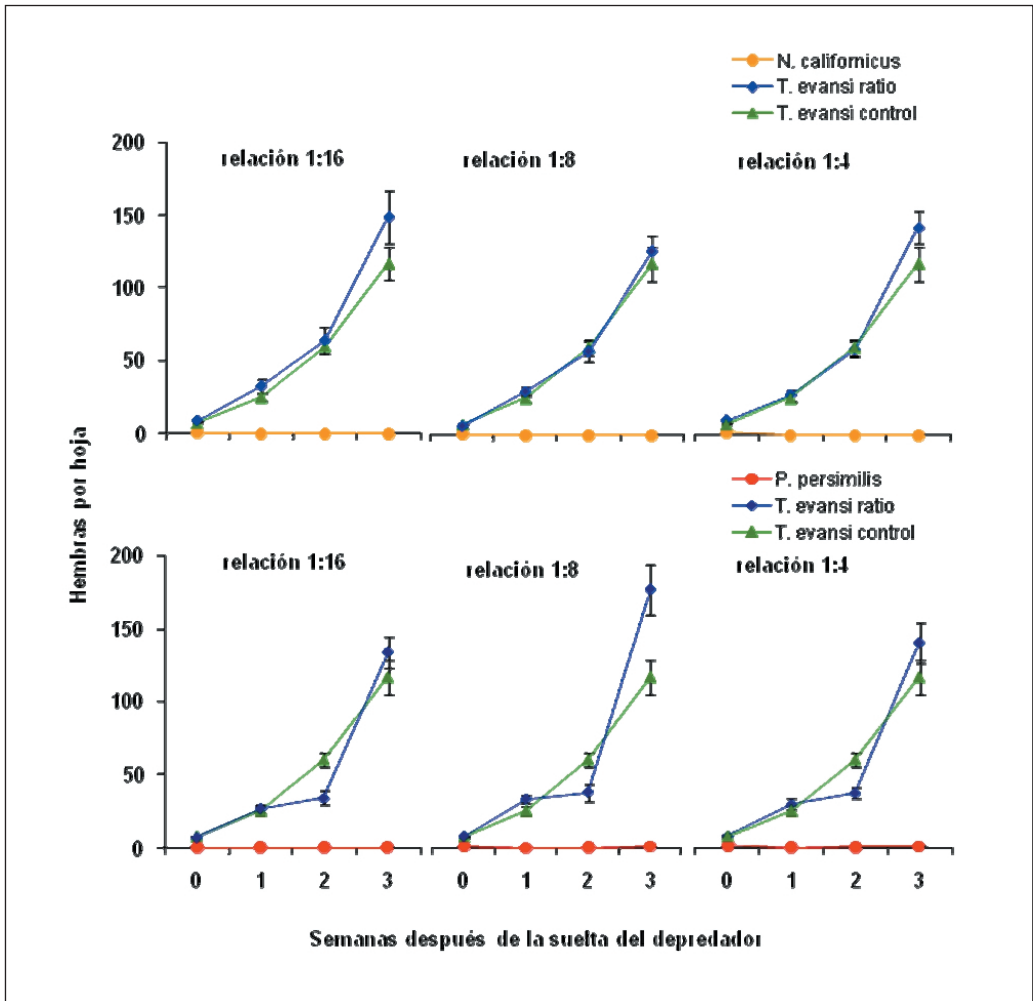


Figura 3. Variación en el número de *Tetranychus evansi* y los fitoseidos *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis* en plantas de patata en las relaciones depredador-presa 1:12, 1:8 y 1:4. *T. evansi* ratio = plantas con fitoseidos; *T. evansi* control = plantas sin fitoseidos. Las barras en cada punto representan la desviación estándar de la media de 10 repeticiones.

caso de *T. turkestani* y *T. evansi* y experimentó una reducción inicial, probablemente debida a la distribución de los ácaros por la planta después de la liberación, en el caso de *T. urticae*.

*Evolución de la abundancia de las arañas rojas en presencia de fitoseidos*

La abundancia de *T. urticae* en presencia de *N. californicus* en las relaciones depreda-

dor-presa 1:12 y 1:8 evolucionó de forma similar a la población del testigo, reduciéndose, aproximadamente, un 50% con respecto a éste al final del ensayo. En cambio, la relación 1:4 registró densidades de *T. urticae* inferiores, presentando diferencias significativas con el testigo y con las otras relaciones depredador-presa ( $P < 0,05$ ;  $F = 9,8$ ; g.l.=3, 36) (Figura 1). El número de *T. urticae* tras la liberación de *P. persimilis* disminuyó rápida-

mente a partir de la primera semana en la relación depredador-presa 1:4 y desde la tercera semana en las relaciones 1:8 y 1:12 (Figura 1). A partir de la tercera semana tras la liberación las diferencias de abundancia respecto al testigo fueron ya significativas ( $P < 0,05$ ;  $F = 29,57$ ; g.l.=3, 36). En las tres relaciones depredador-presa ensayadas el fitoseido eliminó a las hembras de araña roja al final del ensayo.

La evolución poblacional de *T. turkestanii* en las plantas donde se soltó *N. californicus* siguió una pauta similar al tratamiento testigo durante las tres primeras semanas, y solo en la relación 1:4 el fitoseido redujo significativamente el número de presas respecto al testigo ( $P < 0,05$ ;  $F = 6,06$ ; g.l.=3, 36) (Figura 2). En cambio, *P. persimilis* redujo la abundancia de *T. turkestanii* en las tres relaciones depredador-presa estudiadas hasta mantenerla a niveles muy bajos en la relación 1:16 y eliminar completamente las hembras de la araña roja, a partir de la segunda semana, en las relaciones 1:8 y 1:4.

La abundancia de *T. evansi* en plantas donde se soltó *N. californicus* fue similar a la del testigo en todos los tratamientos y a lo largo de todos los ensayos (Figura 3), no presentando diferencias significativas entre ellos ni tampoco con el testigo ( $P > 0,05$ ;  $F = 1,0$ ; g.l.=3, 36). En todos los casos el fitoseido había desaparecido de las hojas en la segunda semana tras la suelta. La abundancia de *T. evansi* tampoco se redujo en presencia de *P. persimilis* (Figura 3). El número de fitoseidos en las hojas en los tres tratamientos fue muy bajo, desapareciendo a partir de la primera semana tras la suelta.

#### *Influencia de distintas relaciones depredador-presa en el control de la plaga*

La capacidad de los fitoseidos para mantener o reducir en el tiempo la relación inicial depredador-presa cuando se alimentaron de *T. urticae* y *T. turkestanii* fue diferente según la especie de depredador (Figura 4).

Con *T. urticae* como presa, *N. californicus* no fue capaz de mantener o disminuir los niveles iniciales de suelta en las relaciones depredador-presa 1:16 y 1:8, presentando,

incluso, una tendencia creciente a medida que avanza el tiempo, hasta situarse en la séptima semana en 1:96 depredador-presa en la dosis inicial 1:16 y 1:110 depredador-presa en la dosis 1:8. Únicamente cuando la dosis inicial fue de un depredador por cada cuatro presas el fitoseido mantiene relaciones más o menos similares a la inicial hasta alcanzar un valor final de 1:7,5 depredador-presa. En cambio, *P. persimilis* demostró una gran capacidad para reducir los niveles iniciales de suelta en los tres niveles ensayados y en un plazo de tiempo no superior a las tres semanas en las dosis de suelta más altas.

Cuando la presa fue *T. turkestanii* los resultados fueron similares. *N. californicus* no pudo detener el crecimiento de la presa en las relaciones 1:16 y 1:8, alcanzándose valores, al final del ensayo, de 1:86 y 1:60 depredador-presa, respectivamente. Pero tampoco en la relación 1:4, donde cuatro semanas después de la suelta, la relación observada alcanzó el valor de 1:24 depredador-presa, seis veces superior al inicial. En cambio, *P. persimilis* se desarrolló con la suficiente rapidez para detener el crecimiento de la araña roja y eliminar las hembras a las dos o tres semanas, en cualquiera de las relaciones iniciales de suelta.

#### *Distribución vertical de los ácaros en las plantas*

Al analizar la distribución de los ácaros en las plantas (Figura 5), considerando todos los datos globalmente, el 24% de *T. urticae* se encontraba en las hojas inferiores, mientras que el 76% se encontraba en las superiores. El comportamiento de *T. turkestanii* fue similar, con el 28% de las hembras en las hojas inferiores y el 72% en las superiores. Sin embargo, el 58% de *T. evansi* permaneció en las hojas inferiores y el 42% en las superiores de la planta. La distribución vertical de los fitoseidos también fue distinta según las especies. El 81% de *N. californicus* se encontró en las hojas inferiores y sólo el 19% en las superiores de la planta. En cambio, *P. persimilis* presenta una mayor tendencia a desplazarse hacia las hojas superiores, ya que el 53% de

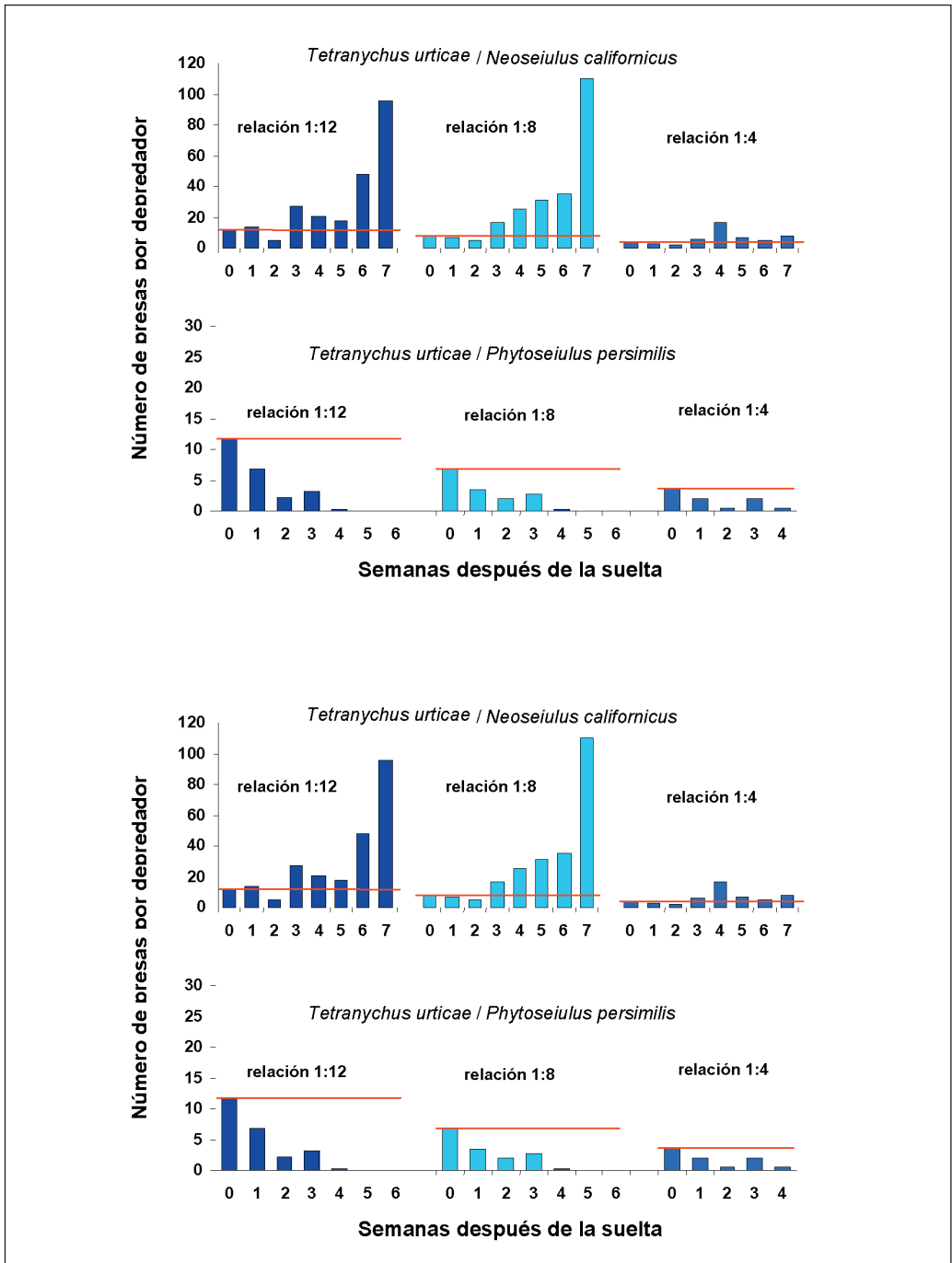


Figura 4. Evolución de la relación depredador/presa (número de presas por unidad de depredador) a lo largo de los ensayos y comparación con la relación inicial de suelta (línea roja) de *N. californicus* y *P. persimilis* alimentados con *T. urticae* y *T. turkestani*. Valores medios de 10 repeticiones

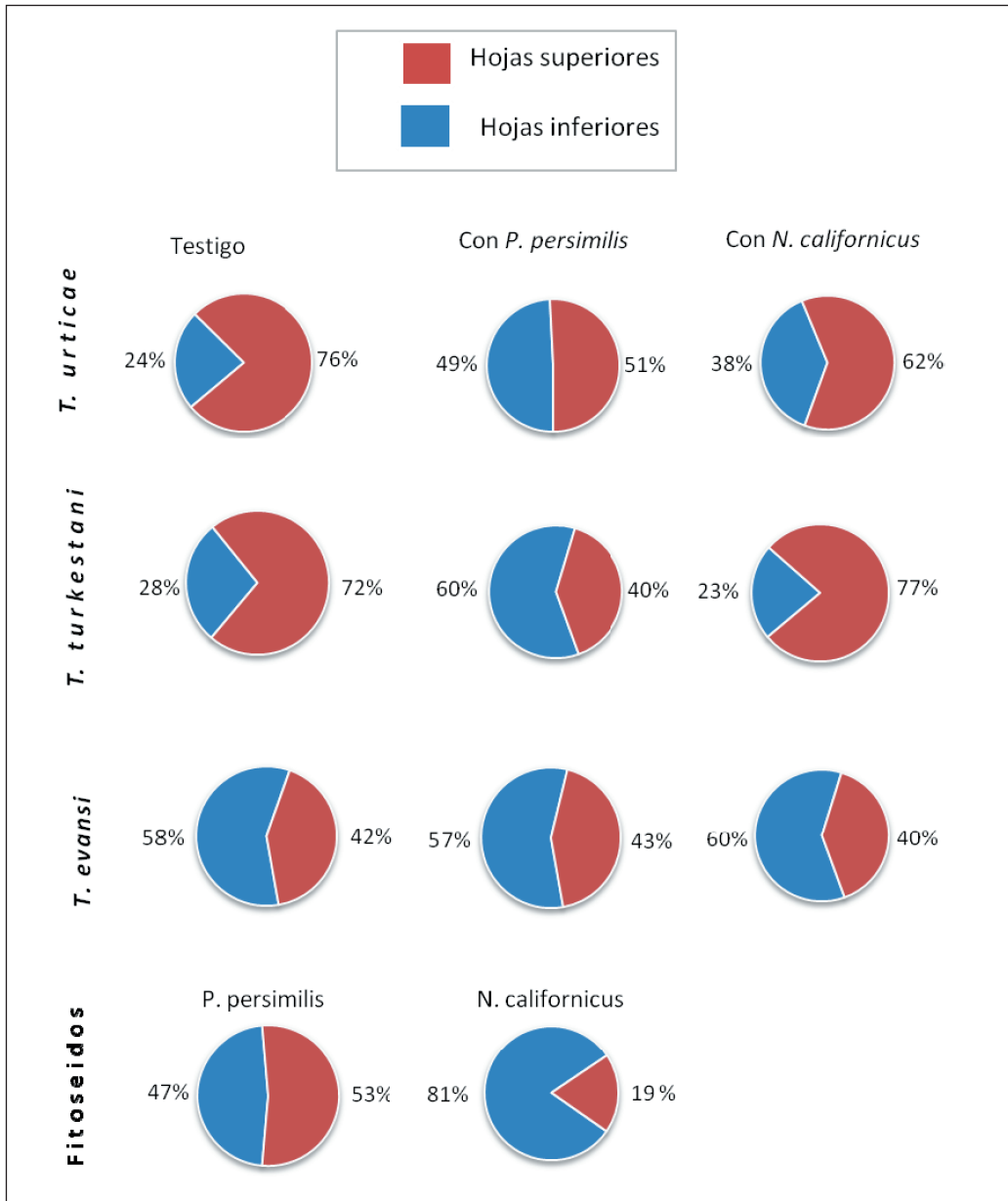


Figura 5. Distribución vertical de las hembras de tetraníquidos y fitoseidos en las plantas testigo y en las plantas infestadas. Datos totales de los ensayos.

los individuos se observaron en este nivel y el 47% en las hojas inferiores.

El desplazamiento de los ácaros en la planta a lo largo de los ensayos se ha repre-

sentado en la Figura 6, donde se observa el porcentaje de hembras de cada especie en los niveles inferior y superior. En el caso de las arañas rojas en ausencia de fitoseidos, casi



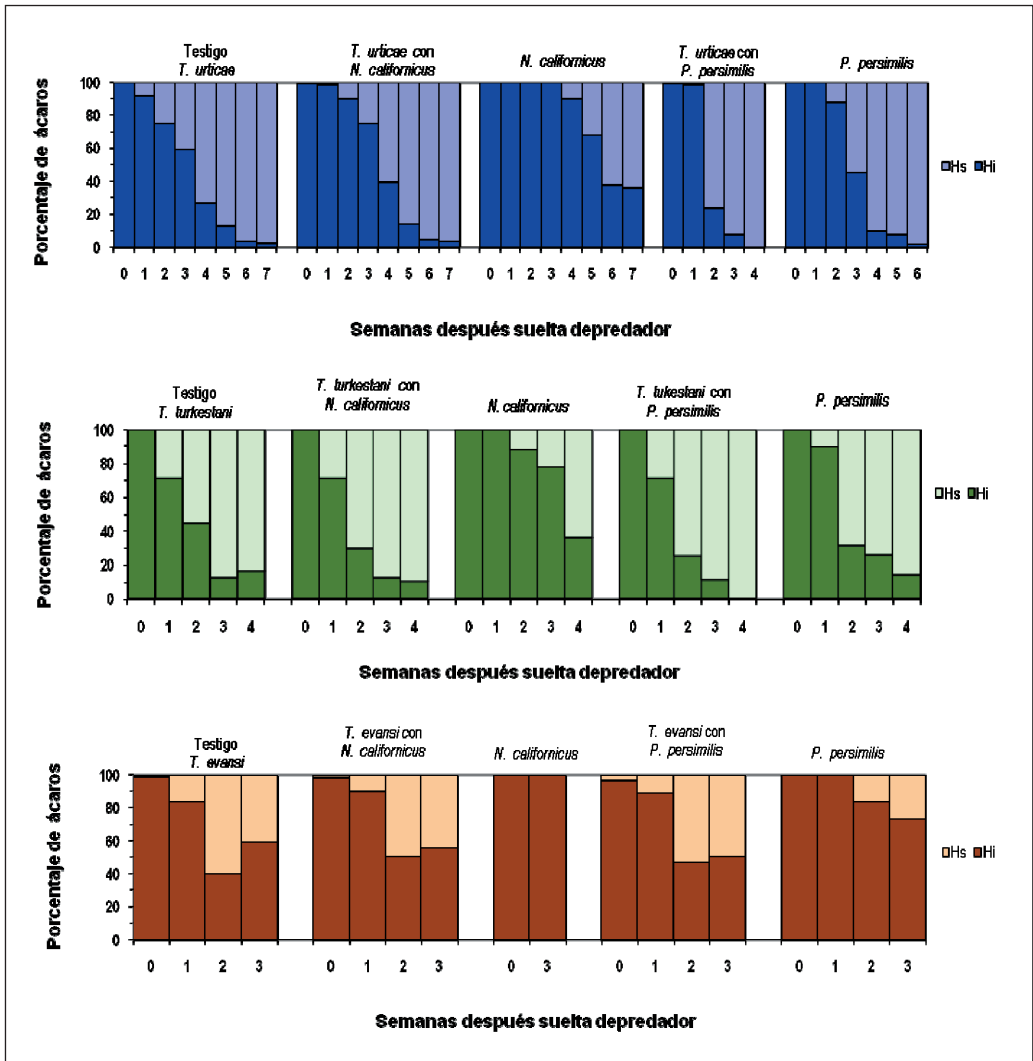


Figura 6. Distribución vertical de las hembras de arañas rojas en presencia y ausencia de depredadores y de fitoseidos a lo largo de los ensayos. Hs = hojas superiores; Hi = hojas inferiores de la planta.

todos los ácaros permanecieron en las hojas inferiores en las primeras dos semanas. A partir de ese momento tuvo lugar un rápido desplazamiento a la parte superior de la planta. Sólo entre un 20 y un 30% de *T. urticae* y *T. turkestanii* permaneció en las hojas inferiores a partir de la tercera semana y esta proporción continuó descendiendo hasta casi desaparecer al final de los ensayos. En pre-

sencia de *P. persimilis* el comportamiento de *T. urticae* y *T. turkestanii* se vio modificado, desplazándose las arañas rojas a la parte superior de la planta con mayor rapidez que en el testigo. En cambio, *N. californicus* no afectó al patrón de distribución vertical de estas presas. La presencia de fitoseidos tampoco modificó la distribución de *T. evansi* en la planta.

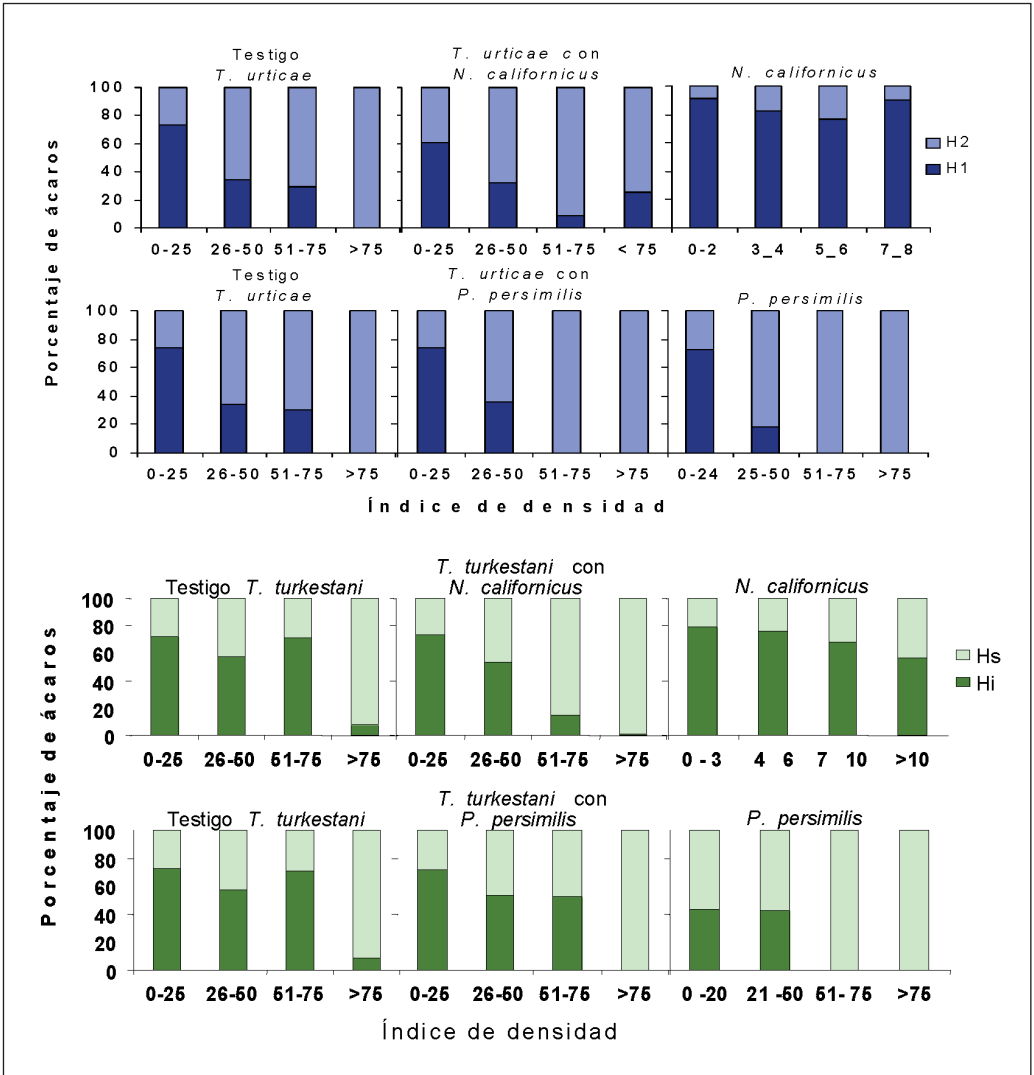


Figura 7. Distribución de *T. urticae*, *T. turkestanii* y los fitoseoides en las hojas superiores (Hs) e inferiores (Hi) de la planta según la densidad de ácaros en las hojas. El índice de densidad representa en categorías el número de ácaros por hoja.

Los fitoseoides también presentan una tendencia a moverse hacia las hojas superiores con el tiempo, pero la rapidez con que lo hacen es distinta en las dos especies. *P. persimilis* se desplazó a las hojas superiores a partir de la segunda semana tras la suelta. Porcentajes del 15 al 20% de los individuos se encontraron ya en las hojas superiores en

esos momentos, continuando esa tendencia hasta que al final de los ensayos con *T. urticae* y *T. turkestanii* entre el 85 y el 95% de los depredadores estaban en la parte superior de la planta donde también se concentra la presa. El movimiento hacia arriba en *N. californicus* fue más lento y llevado a cabo por una menor proporción de la población. Por

ejemplo, en las plantas con *T. urticae* no se observó dispersión hasta la cuarta semana y siete semanas después de la suelta casi un 40% de los depredadores estaban todavía en el nivel inferior de la planta.

Para comprobar si la tendencia a agruparse en las hojas superiores es dependiente de la densidad poblacional de los ácaros, las observaciones se han agrupado en categorías según la densidad de ácaros en las hojas (Figura 7). En *T. urticae* y *T. turkestanii* niveles menores de 25 ácaros por hoja mantuvieron a la mayor parte de los individuos en las hojas inferiores (entre el 60 y el 75%), tanto en presencia de depredadores como en el testigo. Un aumento en la densidad poblacional provocó el desplazamiento hacia las hojas superiores. Este comportamiento fue más evidente en el caso de *T. urticae* en presencia de *P. persimilis*, donde la presa se concentró en las hojas superiores a densidades mayores de 50 ácaros por hoja.

La respuesta de los dos fitoseidos fue diferente. *P. persimilis* presentó una evidente tendencia a subir a las hojas superiores dependiente de su propia densidad poblacional, estando todos los individuos en este nivel a densidades superiores a 50 fitoseidos por hoja en plantas con *T. urticae* y *T. turkestanii*. En cambio, la distribución de *N. californicus* no se vio afectada por su densidad poblacional con *T. urticae* y apenas con *T. turkestanii*. En esta comparación de la respuesta de los depredadores hay que tener en cuenta que su densidad poblacional es muy diferente, ya que mientras *P. persimilis* alcanzó niveles muy elevados *N. californicus* fue mucho más escaso, lo que pudo condicionar su comportamiento de dispersión en el interior de la planta.

## DISCUSIÓN

*Eficacia de los fitoseidos en el control de T. urticae, T. turkestanii y T. evansi*

Los resultados obtenidos han mostrado diferencias en la eficacia de los fitoseidos en el control de las tres especies de araña roja en condiciones de semicampo. *P. persimilis*

ha resultado muy eficaz al eliminar completamente las poblaciones de *T. urticae* y *T. turkestanii*, reduciendo considerablemente su número a partir de la primera o segunda semana tras la suelta. En cambio, *N. californicus* no es capaz de eliminar estas presas, y solo reduce su número de forma significativa respecto al testigo en la relación 1:4. Cuando la presa fue *T. evansi* los fitoseidos son incapaces de controlar o reducir sus poblaciones, ya que su abundancia final de los ensayos y en las tres dosis de suelta fue superior a la encontrada en las plantas testigo.

La eficacia de los fitoseidos en el control de estas arañas rojas fue ensayada en condiciones de laboratorio por ESCUDERO y FERRAGUT (2005) y ESCUDERO *et al.*, (2005), que obtuvieron resultados similares a los encontrados en este estudio a mayor escala. Se ha especulado mucho sobre las razones por las que *T. evansi* no es una presa adecuada para los fitoseidos que se utilizan en el control biológico de *T. urticae*. Ya en los años 80 MORAES y McMURTRY (1986) sugirieron que esta presa debe contener alguna sustancia con efecto inhibitor de la alimentación de los fitoseidos. Recientemente, KOLLER *et al.*, (2007) han lanzado la hipótesis de que la relación *T. evansi*-fitoseidos está condicionada por la planta que consume la araña roja. Sus experiencias con *N. californicus* demuestran que el fitoseido es afectado negativamente cuando se alimenta de *T. evansi* criado sobre tomate, pero no sobre judía. Aparentemente, esta araña roja acumula en su interior sustancias tóxicas sintetizadas por el tomate y otras solanáceas que afectan a sus depredadores.

En los últimos años *T. evansi* se ha extendido por los países de la cuenca mediterránea y existe el temor de que pueda llegar a las producciones hortícolas de invernadero del centro y norte de Europa, donde las arañas rojas son mayoritariamente controladas con fitoseidos. Resultados prometedores para el control biológico de *T. evansi* se han conocido recientemente con el descubrimiento de una población del fitoseido *Phytoseiulus longipes* Evans en el sur de Brasil

que se alimenta de *T. evansi* en solanáceas (FURTADO *et al.*, 2007). Los primeros estudios indican que su desarrollo y fecundidad es muy elevada al alimentarse de *T. evansi* sobre tomate, lo que permitiría su utilización como agente de control biológico en Europa y África (FURTADO *et al.*, 2007; FERRERO *et al.*, 2007).

De los resultados obtenidos se desprende que la distinta eficacia de los fitoseidos tiene que ver con las dosis de suelta iniciales. *P. persimilis* es capaz de reducir y eliminar a *T. urticae* y *T. turkestanii* en las tres relaciones depredador-presa ensayadas, pudiendo detener el crecimiento de poblaciones de araña roja 16 veces superiores a su número. En cambio, *N. californicus* sólo reduce de forma significativa a *T. urticae* y *T. turkestanii* en la relación de un fitoseido por cada cuatro arañas rojas.

En España no se han realizado estudios para valorar la eficacia de liberaciones de estos fitoseidos en función de la relación inicial entre el número de depredadores y presas, considerándose a nivel práctico y por datos publicados que una relación 1:10 es suficiente para garantizar el control de la araña roja en diversos cultivos hortícolas (CROFT y HOYT, 1983; WILSON *et al.*, 1984; GONZÁLEZ-ZAMORA *et al.*, 1991; STRONG y CROFT, 1995; GRECO *et al.*, 1999). El criterio empleado por las empresas productoras de enemigos naturales es diferente, ya que sus recomendaciones se basan en dosis de suelta por unidad de superficie y no en una relación entre la abundancia de depredadores y presas. Las dosis de suelta recomendadas para *N. californicus* oscilan entre 2 y 200/m<sup>2</sup>, según que sean preventivas o para tratamiento de focos iniciales, mientras que para *P. persimilis* se encuentran entre 2 y 50/m<sup>2</sup>, según la abundancia de la plaga. Información detallada y actualizada de estas recomendaciones de suelta puede encontrarse en las páginas web de las principales empresas productoras de fitoseidos.

*Distribución vertical de los ácaros y eficacia de los fitoseidos*

Los resultados obtenidos han puesto de manifiesto que las arañas rojas colonizan las hojas en las que se han colocado al inicio del ensayo y las hojas del mismo nivel en la planta antes de dispersarse hacia la parte superior en busca de un alimento de más calidad. Este movimiento es provocado por el deterioro de las hojas al envejecer y se observa tanto en las plantas que tienen como en las que no tienen fitoseidos. Sin embargo, la presencia de fitoseidos afecta a la distribución de las arañas rojas, y lo hace en *T. urticae* y *T. turkestanii*, donde el número de fitoseidos era mayor sobre las plantas, pero no en *T. evansi*, donde los fitoseidos fueron muy escasos durante todo el ensayo. En el caso de *T. urticae* y *T. turkestanii* también se aprecian diferencias según que estuvieran en presencia de *P. persimilis* o de *N. californicus*, ya que el primero de los depredadores provoca un movimiento de las arañas rojas más rápido que en el testigo, mientras que el segundo no. Aparentemente, la eficacia de los depredadores en el consumo de sus presas influye en la distribución de estas en la planta; es decir, cuanto más eficaz es el depredador comiendo la presa con mayor rapidez se mueve esta a la parte superior de la planta para escapar del depredador.

Los fitoseidos siguen a las poblaciones de sus presas y este comportamiento determina su capacidad para reducir su número o eliminarlas. Los resultados obtenidos indican que la distinta eficacia de los fitoseidos es consecuencia de su distribución en la planta en relación a sus presas. En este estudio *P. persimilis* se movió con rapidez a la parte superior de la planta, más de la mitad de las hembras ya estaban en este nivel en la tercera semana; mientras que *N. californicus* lo hizo de forma lenta e incompleta, ya que en ese momento entre el 80 y el 100% de las hembras permanecían aún en la parte inferior de las plantas. Estudios realizados con *P. persimilis* por NACHMAN (1981) y RYOO (1996) indican que la dispersión de la presa dentro de la planta y la coincidencia espacial entre ésta y su depredador determinan la respuesta funcional del depredador. En plantas

de porte bajo, como las hortalizas, la eficacia del depredador depende de su habilidad para distribuirse espacialmente de acuerdo con su presa, agrupándose en las hojas o partes de la planta donde la población de la araña roja es mayor.

En esta discusión hay que considerar también el distinto comportamiento alimenticio de los dos fitoseidos, ya que *P. persimilis* se alimenta exclusivamente de arañas rojas y su capacidad de consumo en comparación a la de otros fitoseidos es elevada; por tanto, su supervivencia depende de estas presas. En cambio, *N. californicus* puede sobrevivir con alimentos alternativos (SWIRSKI *et al.*, 1970; CASTAGNOLI y FALCHINI, 1993; CROFT, *et al.*, 1998) y además su capacidad de consumo es más reducida, por lo que una parte significa-

tiva de la población podría permanecer en las hojas inferiores varias semanas después de la suelta, a pesar de que la araña roja sea muy escasa en este medio. Estas diferencias de comportamiento alimenticio se conocen desde hace tiempo y han sido utilizadas a nivel práctico, recomendándose la suelta conjunta de los dos depredadores para aprovechar las ventajas de cada uno de ellos en el control de estas plagas.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología mediante el Proyecto AGL2003-05041. Los autores agradecen al Dr. Fernando García Marí sus sugerencias durante la realización del trabajo.

## ABSTRACT

GÓMEZ-MOYA, C. A., F. FERRAGUT. 2009. Spatial distribution pattern and efficacy of *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) in the control of red spider mites on vegetables under semi-field conditions. *Bol. San. Veg. Plagas*, **35**: 377-390.

In this study the capacity to reduce the abundance of the spider mites *Tetranychus urticae*, *T. turkestanii* and *T. evansi* by native populations of the predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* was analyzed under semi-field conditions at different predator-prey ratios. The efficacy of predatory mites was influenced by the initial rate of release. *P. persimilis* was very effective suppressing completely *T. urticae* and *T. turkestanii* in the three predator-prey ratios, 1:12 (or 1:16), 1:8 and 1:4; however, *N. californicus* reduced the abundance of these prey only in the ratio 1:4. Both predators were unable to control *T. evansi* populations. Spatial distribution pattern of mites in the plants indicated that *T. urticae* and *T. turkestanii* disperse towards the upper leaves two weeks after the initial infestation. The presence of predatory mites in the plants affected the vertical distribution pattern of spider mites, promoting a more rapid tendency to aggregate upwards. The different effectiveness of phytoseiid mites in controlling spider mites was influenced by its capacity to follow the prey. *P. persimilis* moved quickly to the superior part of the plant where the prey was aggregated, whereas *N. californicus* moved slowly and incompletely. Reasons for the different control success relating the different feeding behavior of both predatory mites are discussed.

**Key words:** *Tetranychus urticae*, *Tetranychus turkestanii*, *Tetranychus evansi*, spatial distribution, predator-prey ratio.

## REFERENCIAS

- CASTAGNOLI, M., FALCHINI, L. 1993. Suitability of *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) as prey for *Amblyseius californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). *Redia* **76**: 273-279.
- CROFT, B.A., HOYT, S.C. 1983. *Integrated Management of Insect Pests of Pome and Stone Fruits*. Wiley, New York, 454 pp.
- CROFT, B.A., MONETTI, L.N., PRATT, P.D. 1998. Comparative life histories and predation types: Are *Neoseiulus californicus* and *Neoseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae) similar Type II selective predators of spider mite?. *Environ. Entomol.*, **27** (3): 531-538.
- ESCUDERO, L. A., FERRAGUT, F. 1998. Comunidades de ácaros del ecosistema hortícola mediterráneo: Composición y distribución geográfica. *Bol. San. Veg. Plagas*, **24**: 749-762.
- ESCUDERO, L. A., FERRAGUT, F. 2005. Life-history of predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on four spider mite species as prey, with special reference to *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae). *Biol. Control*, **32**: 378-384.
- ESCUDERO, L. A., BALDÓ-GOSÁLVEZ, M., FERRAGUT, F. 2005. Eficacia de los fitoseídos como depredadores de las arañas rojas de cultivos hortícolas *Tetranychus urticae*, *T. turkestanii*, *T. ludeni* y *T. evansi* (Acari: Tetranychidae). *Bol. San. Veg. Plagas*, **31**: 377-383.
- FERRAGUT, F., ESCUDERO, L. A. 1999. *Tetranychus evansi* Baker&Pritchard (Acari: Tetranychidae), una nueva araña roja en los cultivos hortícolas españoles. *Bol. San. Veg. Plagas*, **25**: 157-164.
- FERRERO, M., MORAES DE, G. J., KREITER, S., TIXIER, M.S., KNAPP, M. 2007. Life tables of the predatory mite *Phytoseiulus longipes* feeding on *Tetranychus evansi* at four temperatures (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Exp. & Applied Acarology*, **41**: 45-53.
- FURTADO, I. P., MORAES DE, G. J., KREITER, S., TIXIER, M. S., KNAPP, M. 2007. Potential of a brazilian population of the predatory mite *Phytoseiulus longipes* as a biological control agent of *Tetranychus evansi* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Exp. & Applied Acarology*, **42**: 139-147.
- GERSON, U., SMILEY, R.L., OCHOA, R. 2003. *Mites (Acari) for pest control*. Blackwell, Oxford. 539 pp.
- GONZÁLEZ-ZAMORA, J.E., ORENGA, S., GARCÍA-MARÍ, F., LABORDA R. 1991. Liberación de ácaros depredadores para el control de araña roja en fresón. *Phytoma España*, **32**: 21-27.
- GRECO, N.M., LILJESTRÖM, G.G., SÁNCHEZ, N.E. 1999. Spatial distribution and coincidence of *Neoseiulus californicus* and *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae) on strawberry. *Exp. & Appl. Acarology*, **23** (7): 567-580.
- KOLLER, M., KNAPP, M., SCHAUSBERGER, P. 2007. Direct and indirect adverse effects of tomato on the predatory mite *Neoseiulus californicus* feeding on the spider mite *Tetranychus evansi*. *Entomol. Exp. et Appl.* **125** (3): 297-305
- LENTEREN, J.C. VAN, WOETS, J. 1988. Biological and integrated pest control in greenhouses. *Ann. Rev. Entomol.*, **33**: 239-269.
- MORAES, G. J. Y MCMURTRY, J. A. 1986. Suitability of the spider mite *Tetranychus evansi* as prey for *Phytoseiulus persimilis*. *Entomol. Exp. et Appl.* **40**: 109-115.
- NACHMAN, G. 1981. Temporal and spatial dynamics of an acarine predator-prey system. *J. Animal Ecology*, **50**: 435-451.
- RYOO, M. L. 1996. Influence of the spatial distribution pattern of prey among patches and spatial coincidence on the functional and numerical response of *Phytoseiulus persimilis* (Acarina, Phytoseiidae). *J. Appl. Entomol.*, **120**: 187-192.
- SCOPES, N.E.A. 1985. Red spider mite and the predator *Phytoseiulus persimilis*. In: Hussey, N. W. y Scopes, N. (eds). *Biological pest control. The glasshouse experience*. Blandford press, Poole. Dorset. pp 43-52.
- STRONG, W. B., CROFT, B. A. 1995. Inoculative release of phytoseiid mites (Acarina: Phytoseiidae) into rapidly expanding canopy of hops for control of *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). *Environ. Entomol.* **24** (2): 446-453.
- SWIRSKI, E., AMITAI, S., DORZIA, N. 1970. Laboratory studies on the feeding habits, postembryonic survival and oviposition of the predaceous mites *Amblyseius chilensis* Dosse and *Amblyseius hibisci* Chant (Acarina: Phytoseiidae) on various kinds of food substances. *Entomophaga* **15**: 93-106.
- WILSON, L. T., HOY, M. A., ZALOM, F. G., SMILANICK, J. M. 1984. Sampling mites in almonds: I. Within-tree distribution and clumping pattern of mites with comments on predator-prey interactions. *Hilgardia* **52** (7): 1-13.
- ZANG, Z. Q. 2003. *Mites of greenhouses: identification, biology and control*. CABI Publishing, Wallingford, 244 pp.

(Recepción: 30 enero 2009)

(Aceptación: 20 julio 2009)