

Aspectos de la biología y el consumo de *Neoseiulus cucumeris* y *Typhlodromalus aripo* (Acari: Phytoseiidae) con la presa *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae)

Aspects of the biology and rate of consumption of *Neoseiulus cucumeris* y *Typhlodromalus aripo* (Acari: Phytoseiidae) on the host *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae)

MARÍA ELENA CUÉLLAR¹, ANTHONY C. BELLOTTI², ELSA LILIANA MELO¹

Revista Colombiana de Entomología 28(1): 1-7 (2002)

102672

Resumen. *Thrips palmi* Karny es una plaga importante en varios cultivos, especialmente en hortalizas. El ácaro predador *Neoseiulus cucumeris* se ha usado con éxito para el control de especies de trips en varios cultivos y *Typhlodromalus aripo* tiene gran capacidad de consumir trips de yuca. Con el fin de evaluar a *N. cucumeris* y *T. aripo*, como controladores potenciales de *T. palmi*, se plantearon los siguientes objetivos: estudiar el efecto del consumo de *T. palmi* sobre aspectos de la biología de *N. cucumeris* y *T. aripo*, en comparación con las presas acarinas *Tetranychus urticae* y *Mononychellus caribbeanae*, cuantificar el consumo de los predadores sobre *T. palmi* y evaluar a *N. cucumeris* y *T. aripo* en su respuesta funcional a las densidades 1, 3, 5, 10, 20 y 40 larvas de primer instar de *T. palmi*. Se trabajó en condiciones de laboratorio controladas (25 ± 5°C, 75 ± 5% de HR y 12:12 L:O). El tiempo de desarrollo de *N. cucumeris* cuando se alimentó de *T. palmi* y *T. urticae* fue de 8.9 y 8.5 días, respectivamente y para *T. aripo* fue de 15.1 y 13.5 con *T. palmi* y *M. caribbeanae*, respectivamente. La fecundidad con *T. palmi* para *N. cucumeris* y *T. aripo* fue de 25.2 y 15.6, respectivamente. El porcentaje de hembras y la longevidad fueron similares con ambos tipos de presa. Un individuo de *N. cucumeris* consume 65.3 larvas de primer instar de *T. palmi* y 18.7 larvas de segundo instar durante su vida y *T. aripo* consume 72.9 larvas de primer instar y 21.6 de segundo instar durante su vida. Las hembras de *N. cucumeris* y *T. aripo* presentaron una respuesta funcional de tipo II, logrando consumir 16 y 18 larvas de primer instar de *T. palmi* en 24 horas, respectivamente; respondiendo positivamente a densidades altas del trips.

Palabras clave: *Thrips palmi*. *Neoseiulus cucumeris*. *Typhlodromalus aripo*. Phytoseiidae. Control biológico. Respuesta funcional.

Summary. *Thrips palmi* Karny is an important pest of several crops, especially vegetables. The predatory mite *Neoseiulus cucumeris* has been successfully used in the control of various thrips species. The predatory mite *T. aripo* also has shown considerable capacity to consume cassava thrips. The potential impact of *N. cucumeris* and *T. aripo* on populations of *T. palmi* was evaluated. The objectives were, to determine the effects of consumption of *T. palmi* on the biology of *N. cucumeris* and *T. aripo*, and to compare to mite prey species *Tetranychus urticae* and *Mononychellus caribbeanae*; to quantify the consumption of the predators on *T. palmi* and evaluate the functional response of *N. cucumeris* and *T. aripo* to densities of 1, 3, 5, 10, 20 y 40 of first instar larvae of *T. palmi*. The studies were carried out under laboratory conditions (25 ± 5°C, 75 ± 5% of r. h. and 12:12 L:D). The development period of *N. cucumeris* when feeding on *T. palmi* and *T. urticae* was 8.9 and 8.5 days respectively. For *T. aripo* it was 15.1 days with *T. palmi* and 13.5 days with *M. caribbeanae*. Fecundity for *N. cucumeris* and *T. aripo* was 25.2 and 15.6 respectively, being higher on *T. palmi* than mite prey. The percentage of females in the population and longevity of predatory mites were similar with both prey species offered. *N. cucumeris* was the predator with the higher fecundity and longevity. An individual of *N. cucumeris* consumed 65.3 first instar larvae of *T. palmi* and 18.7 second instar larvae during its life cycle. *T. aripo* consumed 72.9 first instar larvae of *T. palmi* and 21.6 second instar larvae during its life cycle. *N. cucumeris* and *T. aripo* females displayed a type II functional response, consuming 16 and 18 first instar *T. palmi* in 24 hours, responding positively to higher densities of thrips.

Key words: *Thrips palmi*. *Neoseiulus cucumeris*. *Typhlodromalus aripo*. Phytoseiidae. Biological control. Functional response.

Introducción

Thrips palmi Karny es nativo de la región que abarca Malasia e Indonesia y se encuentra en varios países de Asia, África, Oceanía, las Américas y el Caribe (Hall et al. 1993; Johnson 1986; Seal 1997; Vergara 1999a). Su presencia en Colombia se detectó en 1997 en varios cultivos de Antioquia y el Valle del Cauca (Vergara 1999a; Durán et al. 1999) y actualmente se distribuye por todo el país (Vergara 1999b).

T. palmi ataca más de 50 especies de plantas, dentro de las cuales están incluidas las solanáceas, cucurbitáceas y leguminosas (Wang y Chu 1986, citado por Hall et al. 1993). En Colombia, se encuentra en más de 30 hospederos, afectando en algunos cultivos hasta el 100% del área sembrada (Durán et al. 1999; Vergara 1999b).

Según Cermeli y Montagne (1993), el daño es causado por ninfas y adultos al raspar los tejidos para chupar la savia. Ataca pre-

feriblemente las hojas, pero puede causar daños a flores y frutos. En las hojas, el daño comienza generalmente por las nervaduras y luego se propaga a toda la superficie dándole un aspecto de tostado que les causa la muerte. En los frutos, sobre todo en berenjena y en pimentón, los puntos de alimentación se convierten en cicatrices y deformaciones dependiendo del estado de crecimiento al momento del ataque. Las mayores poblaciones y daños se han observado en la estación seca.

1 CIAT, Unidad de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades. A.A. 6713 Cali.

2 Autor para correspondencia: Líder Proyecto Entomología de Yuca, Unidad Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades, CIAT. A.A. 6713, Cali-Colombia. Teléfono 4450000 ext. 3063. E-mail: a.bellotti@cgiar.org

En el manejo de *Thrips palmi* en Colombia se acude principalmente a un control químico irracional, pues en todas las zonas se usan productos que no tienen registro contra la plaga (Vergara 1999b). Sin embargo, se han adelantado experiencias en otras áreas de control (Alvarez *et al.* 2000; CIAT 2000; Vasco y Guarín 1999). Estudios presentados por Durán y Mesa (1999) indican que se puede lograr un buen control al integrar el uso de Biomel con liberaciones semanales de *Chrysoperla externa* y Guarín y Parra (1999) lograron prescindir de la aplicación de insecticidas de síntesis al hacer liberaciones de *C. externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). No obstante, *T. palmi* por ser una plaga introducida, no cuenta con una presión alta de controladores biológicos que en condiciones naturales regulen sus poblaciones adecuadamente.

La lista de parasitoides, predadores y patógenos que controlan a *T. palmi* en varios países del mundo es amplia (Etienne *et al.* 1990; Gillespie 1989; Hirose *et al.* 1993; Hirose *et al.* 1999; Seal 1997). Dentro de los predadores asociados en condiciones naturales con *T. palmi* están los ácaros de la familia Phytoseiidae de los géneros *Amblyseius*, *Euseius*, *Fundiseius*, *Iphiseiodes*, *Neoseiulus*, *Phytoseius* y *Proprioseiopsis* (Duran *et al.* 1999; Etienne *et al.* 1990; Hirose *et al.* 1993; Kreiter y De Moraes 1997). Sin embargo, el impacto de éstos en la regulación de las poblaciones de trips no está bien definido.

Neoseiulus (= *Amblyseius*) *cucumeris* (Fig. 1 A) es el ácaro predador más utilizado en el control de especies de trips como *Frankliniella occidentalis* y *Thrips tabaci* (Gillespie 1989; Steiner 1990; Hoy y

Glenister 1991; Shipp y Whitfield 1991; Wittman y Leather 1997). Se ha empezado a usar con éxito para el control de *T. palmi* (Castineiras *et al.* 1997; Wada 1999). *Typhlodromalus aripo* (Fig. 1 B), otro ácaro predador encontrado en yuca y ocasionalmente en frijol, se encuentra predando en las colonias sobre *T. palmi*. De otra parte, tiene una excelente capacidad de consumir *Scirtothrips manihoti*, una especie de trips asociada a yuca (CIAT 1998). Aunque la yuca es un hospedero accidental de *T. palmi*, en el Laboratorio de Acarología del CIAT, se ha observado a los trips consumir y desarrollarse, desde larva hasta adulto, sobre hojas de yuca, lo que constituye un peligro potencial para este cultivo (CIAT 1999).

El uso potencial de un predador se puede medir en aspectos de su biología y capacidad de consumo sobre una presa determinada. Igualmente, con estudios de respuesta funcional, la cual describe la relación entre la densidad de presa y el número de presas atacadas por un predador por unidad de tiempo (Eveleigh y Chant 1981; Sabelis 1985; Solomon (1949), citado por Sabelis 1985). Estos aspectos aún no han sido estudiados con predadores fitoseidos teniendo a *T. palmi* como presa.

Con el fin de evaluar a *N. cucumeris* y *T. aripo* como controladores potenciales de *T. palmi*, los objetivos de este estudio fueron: determinar el efecto del consumo de *T. palmi* sobre el desarrollo, fecundidad y longevidad de *N. cucumeris* y *T. aripo*, en comparación con las presas acarinas *Tetranychus urticae* y *Mononychellus caribbeanae*; cuantificar el consumo de los predadores sobre *T. palmi*, y evaluar a *N.*

cucumeris y *T. aripo* en su respuesta funcional a diferentes densidades de *T. palmi*.

Materiales y Métodos

Presas ofrecidas. A los predadores se ofrecieron individuos de *T. palmi*, los cuales se colectaron en plantas de frijol en el municipio de Pradera (Valle) y se establecieron en una colonia en el laboratorio a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $75 \pm 5\%$ de HR y 12:12 (L:O), sobre plantas de frijol de la variedad ICA-Pijao. Como presas comparativas se proporcionaron los ácaros fitófagos *Tetranychus urticae* Koch para *N. cucumeris* y *Mononychellus caribbeanae* (McGregor) para *T. aripo*. Las colonias de los tetraníquidos se establecieron en plantas de yuca de dos meses de edad de la variedad CMC-40 en casas de malla del CIAT.

Ácaros predadores. *N. cucumeris* fue obtenido de IPM Laboratories, Inc. Locke, Nueva York y la colonia se estableció con el método McMurtry y Scriven (1965), donde se ofrece a los predadores huevos de *T. urticae*, polen de higuera (*Ricinus communis*) y miel de abejas. La otra especie de fitoseido, *Typhlodromalus aripo*, procedente de Cruz das Almas (Brasil), se estableció usando el método de cría de Mesa y Bellotti (1987), en el cual se ofrecen hojas de yuca infestadas con la presa *M. caribbeanae*. Estas colonias y todos los estudios se realizaron en el laboratorio a $25 \pm 5^\circ\text{C}$, $75 \pm 5\%$ de HR y 12:12 (L:O).

Estudios de biología y consumo. Las unidades experimentales consistieron en frascos plásticos de 2 cm de diámetro por 1 cm de alto, dentro de los cuales se colocó un disco de papel filtro humedecido, y so-

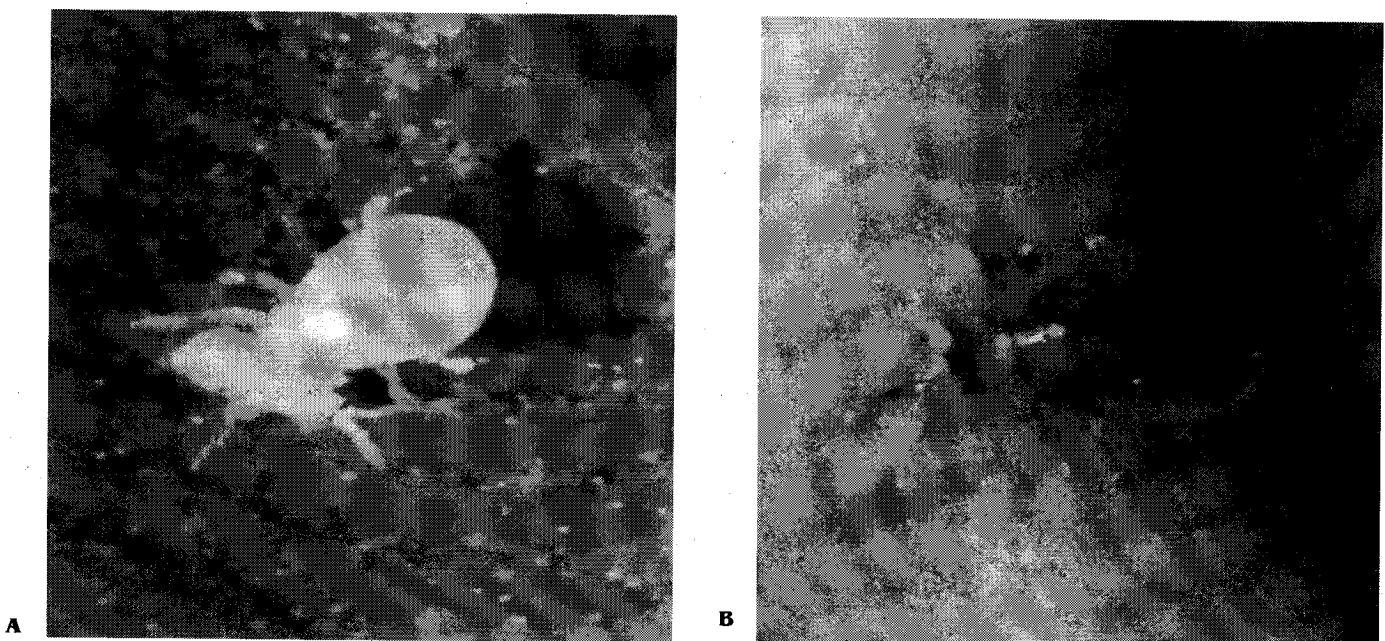


Figura 1. Hembras de *Neoseiulus cucumeris* (A) y *Typhlodromalus aripo* (B) consumiendo una larva de primer instar de *Thrips palmi* (fotografía de Rodrigo Zúñiga).

bre éste un disco de hoja limpia de yuca. En cada una de estas unidades se individualizaron huevos de una misma cohorte de cada uno de los predadores y se adicionaron cinco larvas de primer instar de *T. palmi*. Los frascos se taparon con plástico vinipel. Se registró el cambio de estado de los fitoseidos y la cantidad de presa consumida fue contada y restablecida cada día.

Del mismo modo, se colocaron huevos de una misma cohorte de *N. cucumeris* y de *T. aripo* en frascos que contenían hojas de yuca infestadas con abundante cantidad de estados mezclados de los ácaros *T. urticae* y *M. caribbeanae*, respectivamente. El cambio de estado de los fitoseidos se registró diariamente. La cantidad de presa acarina ofrecida siempre excedió los requerimientos de los predadores en este estudio al igual que en los de fecundidad y longevidad.

Para los estudios de fecundidad se depositaron en las unidades ya descritas cinco larvas de primer instar y cinco de segundo instar de *T. palmi*, y en cada una de éstas se individualizaron hembras de los predadores de un día de emergencia y cópula. Diariamente se registró la oviposición, el consumo y se restableció la cantidad de los trips hasta la muerte de las hembras. La fecundidad sobre las presas acarinas se realizó en frascos con hojas infestadas con *T. urticae* para *N. cucumeris* y *M. caribbeanae* para *T. aripo*.

La utilización de presas acarinas de alta aceptación por parte de los fitoseidos (Castagnoli y Simoni 1991; CIAT 1998), permite comparar los resultados de desarrollo y fecundidad con los obtenidos con *T. palmi* y determinar si el trips es una presa importante para estos predadores.

Los parámetros biológicos evaluados se analizaron estadísticamente con el software Statview (Abacus concept, USA). Antes de hacer los ANOVAs respectivos, se examinó la homogeneidad de la varianza y la normalidad de los datos por la prueba de F y el método Kolmogorov-Smirnov. Solamente el parámetro tiempo de desarrollo no mostró una distribución normal de los datos, por lo tanto, se utilizó la prueba de U. de Mann Whitney para comparar los promedios. La prueba Chi² se utilizó para comparar los porcentajes de sobrevivencia

y de hembras. Para comparar los promedios de fecundidad, longevidad y consumo se utilizó la prueba de Fisher PLSD (Protected Least Significant Difference), siguiendo la ANOVA.

Respuesta funcional de *Neoseiulus cucumeris* y *T. aripo*. Se utilizaron hembras de los predadores de tres días de emergencia y después de haber iniciado su periodo reproductivo. Las densidades ofrecidas fueron 1, 3, 5, 10, 20 y 40 larvas de primer instar del trips, y se sometieron al consumo durante 24 horas. Se realizaron 15 repeticiones por cada densidad.

Se mencionan en la literatura tres tipos principales de respuesta funcional que describen el consumo de un predador por su presa: el tipo I, una línea recta que se eleva hasta alcanzar una meseta; el tipo II, una curva que se eleva hasta alcanzar una meseta; y el tipo III, una curva sigmoide que se eleva hasta alcanzar una meseta (Sabelis 1985). Los modelos de respuesta funcional tipo I y tipo II se tomaron de Holling (1959) y el modelo de tipo III fue el presentado por Hull *et al.* (1977).

Los modelos fueron:

$$\begin{aligned} \text{Tipo I} & y = an + b \\ \text{Tipo II} & y = aTn/(1 + aTn) \\ \text{Tipo III} & y = A/(1 + \text{Exp}(B - Cn)) \end{aligned}$$

Donde: y es el número de presas consumidas; a, tasa de ataque; n, densidad inicial de presa; b, intercepto con el eje y; T, tiempo de exposición a la presa; Th, tiempo de manipulación y A, B, C parámetros estimados.

La estimación de los parámetros para el tipo I se realizó por cuadrados mínimos mediante una regresión lineal. La estimación de los parámetros para los tipos II y III se realizó usando el algoritmo Marquardt por cuadrados mínimos no lineales (SAS Institute 1979). El criterio para la evaluación de los modelos fue el valor de r².

Resultados y Discusión

Efecto del consumo de *T. palmi* sobre el desarrollo, fecundidad y longevidad de *N. cucumeris* y *T. aripo* en comparación con presas acarinas

El tiempo de desarrollo de *N. cucumeris* cuando se alimentó de *T. palmi* fue de 8.9

días, y de 8.5 cuando se alimentó de *T. urticae* (Tabla 1). Para *T. aripo* el tiempo de desarrollo con *T. palmi* fue de 7.7 días, significativamente mayor que con *M. caribbeanae* que fue de 6.5 días. Para *N. cucumeris* los dos tipos de presa tienen el mismo efecto en la duración del ciclo de vida (no se presentaron diferencias significativas), y aunque para *T. aripo* es mayor con el trips, no puede afirmarse que su ciclo se prolongue considerablemente con esta presa. Adicionalmente, una de las ventajas de los predadores Phytoseiidae es la de tener un ciclo de vida menor que el de sus presas (Mesa y Bellotti 1987), que en el caso de *T. palmi* está entre los 11 y los 15 días de acuerdo con el hospedero (Bueno y Cardona, 2001; Duran *et al.* 1999).

El porcentaje de sobrevivencia de huevo a adulto en general fue alto con los dos tipos de presa. Sin embargo, fue significativamente mayor con las presas acarinas con respecto de *T. palmi*. Así, *N. cucumeris* presentó un 94.5% de sobrevivencia con *T. urticae* y 81.2% con *T. palmi*. *T. aripo* tuvo una sobrevivencia de 98.8% con *M. caribbeanae* y de 89.8% con *T. palmi*. Entre especies de predadores no se presentaron diferencias significativas al ofrecerse presas acarinas o el trips (Tabla 1).

Para ambos predadores las presas ofrecidas favorecieron la producción de hembras. De este modo, el porcentaje de hembras para *N. cucumeris* fue de 65.2% y de 53.7% con *T. palmi* y *T. urticae*, respectivamente. Para *T. aripo* fue de 81% y 71% con *T. palmi* y *M. caribbeanae*, respectivamente. Para este parámetro evaluado, ni la especie de predador ni el tipo de presa influyeron significativamente en la cantidad de hembras de la población (Tabla 1).

La fecundidad de *N. cucumeris* cuando se alimentó de *T. palmi* fue de 25.2 huevos, significativamente mayor que cuando se alimentó de *T. urticae* que fue de 18.6 huevos (Tabla 2). La fecundidad para *T. aripo* con *T. palmi* y *M. caribbeanae* fue de 15.6 y 11.8 huevos respectivamente, siendo significativamente mayor con el trips como presa.

En cuanto a la longevidad de los predadores no se presentaron diferencias significativas con ninguna de las dos presas. Para *N. cucumeris* fue de 48.8 y 36.4 días con *T. palmi* y *T. urticae*, respectivamente

Tabla 1. Efecto de dos tipos de presa sobre el tiempo de desarrollo (promedio \pm DS), sobrevivencia de inmaduros y porcentaje de hembras de *N. cucumeris* y *T. aripo*

Predador	Presa	n	Tiempo de Desarrollo ^a (Días)	Sobrevivencia ^b %	Porcentaje de hembras ^b
<i>N. cucumeris</i>	<i>T. palmi</i> (trips)	69	8.9 \pm 1.5 a	81.2 b, u	65.2 a, u
	<i>T. urticae</i> (ácaro)	82	8.5 \pm 0.7 a	94.5 a, u	53.7 a, u
<i>T. aripo</i>	<i>T. palmi</i> (trips)	78	7.7 \pm 0.8 b	89.8 b, u	81.0 a, u
	<i>M. caribbeanae</i> (ácaro)	79	6.5 \pm 0.6 a	98.8 a, u	71.0 a, u

^a Promedios seguidos por la misma letra, para cada especie de predador, no difieren significativamente al nivel del 5% (Prueba de U. de Mann Whitney).

^b Promedios seguidos por la misma letra, para ambas especies de predadores, no difieren significativamente al nivel del 5% (Prueba de Chi²), a,b: comparación por tipo de presa, u: comparación por especie de predador.

(Tabla 2). Para *T. aripo* la longevidad fue de 24.6 días con *T. palmi* y de 20 días con *M. caribbeanae*.

El tipo de presa (A) influye de manera significativa en la fecundidad de los predadores ($p < 0.05$), (Tabla 3). En efecto, cuando se usa el trips como presa se observa un aumento significativo de la fecundidad de *N. cucumeris* y *T. aripo*. Considerando el factor Especie de predador (B), la fecundidad es superior cuando el predador es *N. cucumeris* independiente del tipo de presa ofrecida ($p < 0.0001$). En la interacción tipo de presa por especie de predador (A x B) se obtuvo un valor de p superior de 0.05, indicando que esta interacción no influye sobre la fecundidad (Tabla 3).

Aunque no hay influencia del tipo de presa sobre la longevidad de los predadores (Tabla 3), se observa que los individuos viven más tiempo cuando se alimentan de trips (Tabla 2). La especie de predador si influye fuertemente en este parámetro ($p < 0.0001$), siendo mayor la longevidad de *N. cucumeris* que la de *T. aripo*. No hay efecto en la interacción A x B sobre la longevidad (Tabla 3).

Como ya se mencionó, las presas acarinas utilizadas son de alta preferencia por los predadores (Castagnoli y Simoni 1991; CIAT 1998). Los resultados aquí obtenidos indican que con *T. palmi* la reproducción y la longevidad de los predadores es mayor o igual que con las presas acarinas. Por esto, se sugiere que *N. cucumeris* y *T. aripo* son predadores potenciales que podrían controlar a *T. palmi*.

Capacidad de consumo de *N. cucumeris* y *T. aripo* sobre *Thrips palmi*

En la figura 2 se presenta el consumo diario de hembras de los predadores sobre larvas de *T. palmi*. El mayor consumo de

trips se registró desde los dos días de iniciado el periodo reproductivo hasta el día 13, tiempo que coincide de acuerdo con el periodo de oviposición de las hembras. Los picos de consumo máximo se registraron entre los días tres a cinco, predando un promedio de seis trips por día por *T. aripo* y cinco por *N. cucumeris*. A partir del día 16 para ambas especies el consumo fue inferior a dos presas por día, lo cual sólo contribuye al mantenimiento de las hembras hasta su muerte. Así, las hembras son potencialmente importantes para controlar *T. palmi* durante los 13 primeros días de edad.

Se observó que cuando los predadores incrementan la talla, capturan más fácilmente las larvas del trips. De este modo, los estados inmaduros predan principalmente larvas de primer instar. A diferencia, las hembras de los fitoseoides, evadiendo el comportamiento defensivo de los trips, capturan con menos dificultad las larvas de segundo instar. No obstante, prefieren agotar las del primer instar. Se observó que cuando las larvas de trips son "toca-

das" por un predador, éstas levantan agresivamente el abdomen. Y como ocurre usualmente, si son alcanzadas por la parte trasera, baten su abdomen arrojando lejos a su atacante. Este fenómeno ya ha sido descrito para otros tisanópteros, especialmente en los machos, hecho que está involucrado en la competencia por las hembras, pero también se presenta en la defensa al ataque de los predadores (Bakker y Sabelis 1989).

Las larvas de *N. cucumeris* no se alimentaron, confirmando lo observado por Shipp y Whitfield (1991), como ocurre con otras especies de fitoseoides (Sabelis 1985). Así, el consumo sobre larvas de primer instar de *T. palmi* por inmaduros de *N. cucumeris*, desde protoninfa hasta adulto, fue de 10 larvas y por hembras fue de 55.3 larvas (Tabla 4). El consumo desde larva hasta adulto de *T. aripo* fue de 8.25 y por hembras fue de 64.7 larvas de primer instar de *T. palmi*. Para ambas especies de predadores se presentaron diferencias significativas en el consumo entre inmaduros y hembras ($p < 0.05$). De otra parte, el

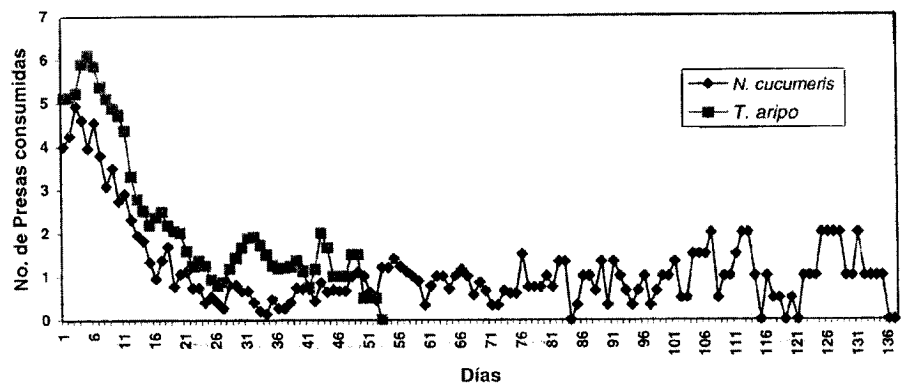


Figura 2. Consumo diario de hembras de *N. cucumeris* y *T. aripo* sobre larvas de *T. palmi*.

Tabla 2. Fecundidad (promedio \pm DS) y longevidad (promedio \pm DS) de *N. cucumeris* y *T. aripo* con dos tipos de presa

Predador	Presa	n	No. de huevos/Hembra	Longevidad (Días)
<i>N. cucumeris</i>	<i>T. palmi</i> (trips)	25	25.2 \pm 9.7 b	48.8 \pm 35.5 a
	<i>T. urticae</i> (ácaro)	27	18.6 \pm 8.6 a	36.4 \pm 23.4 a
<i>T. aripo</i>	<i>T. palmi</i> (trips)	59	15.6 \pm 6.4 b	24.6 \pm 10.4 a
	<i>M. caribbeanae</i> (ácaro)	30	11.8 \pm 8.5 b	20.0 \pm 16.7 a

Promedios seguidos por la misma letra para cada especie de predador no difieren significativamente al nivel del 5% (PLSD de Fisher).

Tabla 3. Resultados del ANOVA-2 cuantificando el efecto del tipo de presa y la especie de predador sobre la fecundidad y la longevidad de hembras de fitoseoides

Parámetro Evaluado	Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio cuadrado	Valor de F	Valor de p
Fecundidad	Tipo de presa (A)	1	837.079	837.079	13.248	0.0004
	Especie de Predador (B)	1	2111.555	2111.555	33.417	<0.0001
	A x B	1	58.844	58.844	0.931	0.3362
	Residuo	137	8656.694	63.188		
Longevidad	Tipo de presa (A)	1	2262.560	2262.560	5.260	0.0233
	Especie de Predador (B)	1	12921.630	12921.630	30.041	<0.0001
	A x B	1	488.534	488.534	1.136	0.2884
	Residuo	137	58927.670	430.129		

consumo por hembras de los predadores sobre larvas de segundo instar de *T. palmi* fue de 18.7 por *N. cucumeris* y de 21.6 por *T. aripo*.

Los resultados de ANOVA-2 indican que el estadio del predador para las dos especies influye considerablemente en la capacidad de consumo, siendo las hembras más voraces que los estados inmaduros ($p < 0.0001$) (Tabla 4). La especie de predador no tiene una influencia marcada en el consumo ($p < 0.0406$). En contraste, el factor Estadio de la presa si tiene un efecto fuerte, presentándose un consumo mayor sobre larvas de primer instar que sobre larvas de segundo instar de *T. palmi* ($p < 0.0001$) independiente de la especie del predador.

Totalizando el consumo se tiene que un individuo de *N. cucumeris* consume 65.3 larvas de primer instar de *T. palmi* y 18.7 larvas de segundo instar durante su vida, y *T. aripo* consume 72.9 larvas de primer instar y 21.6 de segundo instar durante su vida.

Respuesta funcional de *N. cucumeris* y *T. aripo* sobre larvas de primer instar de *T. palmi*

Las ecuaciones de regresión representando los tres modelos se encuentran en la tabla 5. Según los valores del coeficiente de correlación r^2 , el valor más alto para

las dos especies de predadores corresponde al tipo II del modelo de Holling (1959). Por lo tanto, es el que permite ajustar y representar mejor los datos. Así, la respuesta funcional de tipo II presentada por *N. cucumeris* y *T. aripo* (Fig. 3) se caracteriza por un aumento en el número de presas atacadas a un nivel decreciente, a medida que aumenta la densidad de presa. No obstante, aunque el máximo consumo observado para *N. cucumeris* fue de 16.1 y de 18 larvas para *T. aripo* a la densidad 40, las curvas no alcanzaron claramente la meseta al rango de densidades probadas. Las curvas descritas por ambos predadores son similares en consumo, dada la similitud de los valores de a (tasa de ataque) y Th (tiempo de manipulación) calculados.

El tipo II de respuesta funcional es el que comúnmente describen los ácaros Phytoseiidae (Eveleigh y Chant 1981; Sabelis 1985), y fue el presentado para *N. cucumeris* cuando la presa fue *Frankliniella occidentalis* (Shipp y Whitfield 1991). Sin embargo, el máximo valor de consumo por el predador fue de 10 larvas de primer instar de trips en 24 horas, menor al encontrado en este trabajo con *T. palmi* como presa.

Con el presente estudio se mejora el entendimiento sobre la dinámica de las relaciones entre estos predadores y el trips

como presa. Adicionalmente, se puede afirmar que *N. cucumeris* y *T. aripo* responden funcionalmente a densidades altas de *T. palmi*. En sentido práctico, estos modelos permiten estimar el número de hembras del predador a liberar con una frecuencia determinada y a cierta densidad de población de la plaga.

N. cucumeris es un predador ampliamente distribuido (Castagnoli y Simoni 1991), presente en una gran variedad de hospederos como pimentón, pepino, y berenjena entre otros (Shipp y Whitfield 1991; Wada 1999), mostrando una gran capacidad de adaptación en los hábitats de *T. palmi*. De otra parte, *T. aripo* es una especie que puede ser eficiente en fríjol. Los hábitats donde se encuentra *T. palmi* son muy agresivos para los enemigos naturales debido a la cantidad de aplicaciones de insecticidas que se realizan contra ésta y otras plagas (Vergara 1999a). Sin embargo, los trabajos de Durán y Mesa (1999) indican que es posible integrar el control químico con el control biológico de manera eficiente. Con la presente investigación, se inicia el desarrollo de una nueva estrategia de control biológico para *T. palmi* en Colombia, que puede unirse al esfuerzo de establecer un programa de manejo de esta plaga ecológicamente más acorde con los cambiantes agroecosistemas actuales.

Tabla 4. Efecto del estadio de desarrollo de *T. palmi* sobre el consumo (promedio \pm DS) de inmaduros y hembras de *N. cucumeris* y *T. aripo* y resultados de ANOVA a dos factores

Estadio de <i>T. palmi</i>	<i>N. cucumeris</i>		<i>T. aripo</i>		
	Inmaduros	Hembras	Inmaduros	Hembras	
Larvas de primer instar	10.0 \pm 2.7 a	55.3 \pm 24.0 b, v	8.25 \pm 2.8 a	64.7 \pm 15.5 b, v	
Larvas de segundo instar		18.7 \pm 12.9 u		21.6 \pm 5.4 u	
Factores de Anova-2	Valor de F	Valor de p	Factores de Anova-2	Valor de F	Valor de p
Especie de predador (A)	3.141	0.0786	Especie de predador (A)	4.296	0.0406
Estadio del predador (B)	550.938	<0.0001	Estadio de la presa (B)	179.361	<0.0001
A x B	6.706	0.0106	A x B	1.220	0.2718

Promedios seguidos por la misma letra para cada especie de predador no difieren significativamente al nivel del 5% (PLSD de Fisher). a, b: comparación entre columnas; u, v: comparación entre filas.

Tabla 5. Respuesta funcional de *N. cucumeris* y *T. aripo* sobre larvas de primer instar de *T. palmi*: comparación de modelos

Predador	Modelo ^a	Ecuaciones de regresión	r^2
<i>N. cucumeris</i>	Tipo I	$y = 0.38n + 2.68$	0.80
	Tipo II	$y = 1.24n / 1 + 0.050n$	0.82
	Tipo III	$y = 15.85 / 1 + \text{Exp}(2.02 - 0.19)$	0.75
<i>T. aripo</i>	Tipo I	$y = 0.43n + 2.79$	0.61
	Tipo II	$y = 1.34n / 1 + 0.047n$	0.85
	Tipo III	$y = 17.49 / 1 + \text{Exp}(2.16 - 0.21)$	0.78

^a Modelos 1 y 2, Holling (1959); Modelo 3, Hull *et al.* (1977). Para los modelos II y III, los parámetros fueron estimados usando el algoritmo Marquardt por cuadrados mínimos no lineales (SAS Institute, 1979).

Conclusiones

- El tiempo de desarrollo para *N. cucumeris* es igual con los dos tipos de presa. En contraste, para *T. aripo* fue mayor con la presa *T. palmi*. La sobrevivencia de los predadores durante el desarrollo fue alta con los dos tipos de presa, pero superior con las presas acarinas. El porcentaje de hembras estuvo sesgado a favor de las hembras y el tipo de presa no afectó este parámetro.

- La fecundidad fue mayor con *T. palmi* para ambos predadores, y la longevidad fue igual con los dos tipos de presa. *N.*

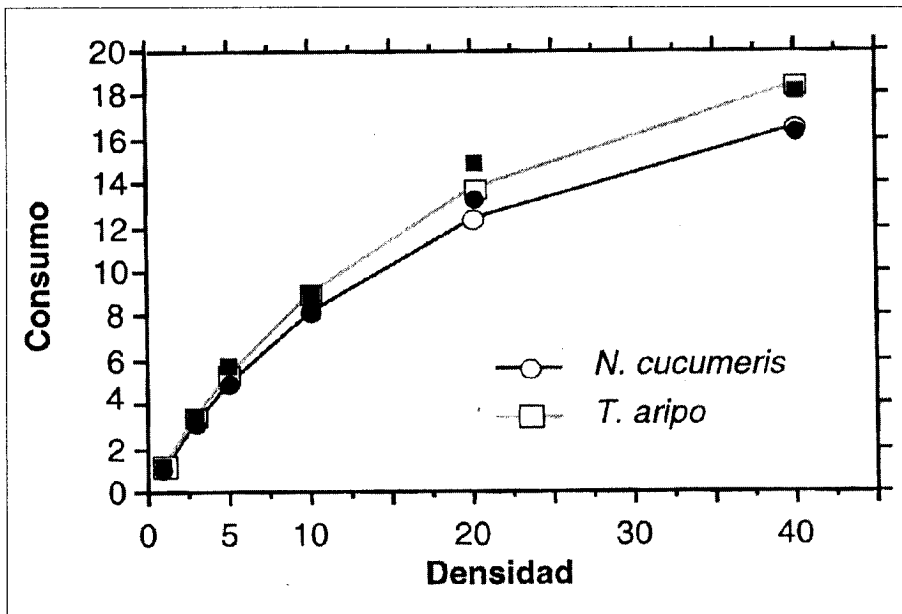


Figura 3. Respuesta funcional de hembras de *N. cucumeris* y *T. aripo* sobre larvas de primer instar de *T. palmi*. a = tasa de ataque; Th = tiempo de manipulación. Para *N. cucumeris*, $a = 0.052$; $Th = 0.96$. Para *T. aripo*, $a = 0.056$, $Th = 0.85$. Las curvas muestran los valores esperados según la ecuación del disco de Holling (1959). Los símbolos en negrita representan los valores promedio observados de consumo. *N. cucumeris* (●); *T. aripo* (■).

cucumeris es la especie con mayor capacidad reproductiva y mayor longevidad.

• Se presenta una mayor capacidad de consumo por hembras que por los estados inmaduros de los predadores, y existe una preferencia marcada por larvas de primer instar que por las de segundo instar. Un individuo de *N. cucumeris* consume 65.3 larvas de primer instar y 18.7 larvas de segundo instar de *T. palmi* durante su vida, y *T. aripo* consume 72.9 larvas de primer instar y 21.6 de segundo instar durante su vida.

• Las hembras de *N. cucumeris* y *T. aripo* presentaron una respuesta funcional de tipo II con *T. palmi*, respondiendo positivamente a densidades altas del trips. Así, las hembras de *N. cucumeris* y *T. aripo* consumen 16 y 18 larvas de primer instar de *T. palmi* en 24 horas, respectivamente.

Agradecimientos

A las siguientes personas del Programa de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades del CIAT: de modo especial a Paul Calatayud por su permanente asesoría, análisis estadístico y revisión del manuscrito. Rodrigo Zúñiga por su colaboración en la realización de esta investigación. Josefina Martínez por su ayuda en la presentación. Guillermo Sotelo del Programa de Entomología de Forrajes y Myriam Cristina Duque del Programa de Arroz y Biodiversidad del CIAT, por la asesoría y el análisis de los parámetros de respuesta funcional en SAS. Jorge Gallego de la Unidad de Artes Gráficas por su colaboración en la realización de las gráficas.

Literatura citada

- ÁLVAREZ, C.F.; GUZMÁN, G.E.; VERGARA, R. 2000. Aspectos biológicos del *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) y capacidad depredadora de un enemigo natural en condiciones de laboratorio. Resúmenes XXVII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. p. 21. Medellín, julio 26-28.
- BAKKER, F.M.; SABELIS, M.W. 1989. How larvae of *Thrips tabaci* reduce the attack success of phytoseiid predators. Entomologia Experimentalis et Applicata 50: 47-51.
- BUENO, J.; CARDONA, C. 2001. Biología y hábitos de *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) como plaga del frijón y habichuela. Revista Colombiana de Entomología 27 (1-2): 49-54.
- CASTAGNOLI, M.; SIMONI, S. 1991. Influence of various kinds of food on some biological parameters of *Amblyseius cucumeris* (Oud.) (Acarina: Phytoseiidae). p. 469 - 473. En: F. Dusbábek and V. Bukva (Eds.): Modern Acarology, Academia, Prague and SPB Academic Publishing bv, The Hague, Vol 2.
- CASTINEIRAS, A.; BARANOWSKI, R.M.; GLENN, H. 1997. Distribution of *Neoseiulus cucumeris* (Acarina: Phytoseiidae) and its prey, *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) within eggplants in South Florida. Florida Entomologist 80(2): 211-217.
- CERMELI, M.; MONTAGNE, A. 1993. Situación actual de *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) en Venezuela. Manejo Integrado de Plagas 29: 22-23.
- CIAT. 1998. Annual Report. Integrated Pest Management in Major Agroecosystems. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 142 p.
- CIAT. 1999. Annual Report. Integrated Pest Management in Major Agroecosystems. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 136 p.
- CIAT. 2000. Annual Report. Project IP-1. Bean Improvement for Sustainable Productivity, Input Use Efficiency, and Poverty Alleviation. Cali, Colombia. 187 p.
- DURÁN, I.C.; MESA, N.C. 1999. Evaluación de diferentes tratamientos para el control de *Thrips palmi* Karny (Thys.: Thripidae) en cultivos de pepino, *Cucumis sativus* y habichuela, *Phaseolus vulgaris*, en el Valle del Cauca. Resúmenes XXVI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. p. 87. Bogotá, julio 28-30.
- DURÁN, I.C.; MESA, N.C.; ESTRADA, E.I. 1999. Ciclo de vida de *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) y registro de hospedantes en el Valle del Cauca. Revista Colombiana de Entomología 25(3-4): 109-120.
- ETIENNE, J.; GUYOT, J.; VAN WAETERMEULEN, X. 1990. Effect of insecticides, predation, and precipitation on populations of *Thrips palmi* on aubergine (eggplant) in Guadeloupe. Florida Entomologist 73(2): 339-342.
- EVELEIGH, E.S.; CHANT, D.A. 1981. Experimental studies on acarine predator-prey interactions: effects of predator age and feeding history on prey consumption and the functional response (Acarina: Phytoseiidae). Canadian Journal of Zoology 59: 1387-1406.
- GILLESPIE, D.R. 1989. Biological control of thrips (Thysanoptera: Thripidae) on greenhouse cucumber by *Amblyseius cucumeris*. Entomophaga 34(2): 185-192.
- GUARÍN, J.H.; PARRA, P. 1999. La presencia de *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) en el oriente antioqueño, un reto para la implementación de un manejo integrado de cultivos. Resúmenes XXVI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. p. 88. Bogotá, julio 28-30.
- HALL, R.A.; PETERKIN, D.D.; POLLARD, G.V. 1993. A system of caging *Thrips palmi* for laboratory bioassay of pathogens. Florida Entomologist 76(1): 171-175.
- HIROSE, Y.; KAJITA, H.; TAKAGI, M.; OKAJIMA, S.; NAPOMPETH, B.; BURANAPANICHPAN, S. 1993. Natural enemies of *Thrips palmi* and their effectiveness in the native habitat, Thailand. Biological Control 3: 1-5.
- HIROSE, Y.; NAKASHIMA, Y.; TAKAGI, M.; NAGAI, K.; SHIMA, K.; YASUDA, K.; KOHNO, K. 1999. Survey of indigenous natural enemies of the adventive pest *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) on the Ryukyu Islands, Japan. Applied Entomology and Zoology 34(4): 489-496.

- HOLLING, C.S. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Canadian Entomology* 91: 385-398.
- HOY, C.W.; GLENISTER, C.S. 1991. Releasing *Amblyseius* spp. (Acarina: Phytoseiidae) to control *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) on cabbage. *Entomophaga* 36(4): 561-573.
- HULL, L.A.; ASQUITH, D.; MOWERY, P.D. 1977. The functional responses of *Stethorus punctum* to densities of the European red mite. *Environmental Entomology* 6: 85-90.
- JOHNSON, M. 1986. Population trends of a newly introduced species, *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae), on commercial watermelon plantings in Hawaii. *Journal of Economic Entomology* 79: 718-720.
- KREITER, S.; DE MORAES. 1997. Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) from Guadalupe and Martinique. *Florida Entomologist* 80(3): 376-382.
- MCMURTRY, J.A.; SCRIVEN, G.T. 1965. Insectary production of phytoseiid mites. *Journal of Economic Entomology* 21: 369-385.
- MESA, N.C.; BELLOTTI, A.C. 1987. Biologically controlling destructive cassava mites with phytoseiid mites. *Cassava Newsletter* 1: 4-7. CIAT, Cali, Colombia.
- SABELIS, M.W. 1985. Predation on spider mites. p. 103-129. En: W. Helle and M.W. Sabelis (Eds.), *Spider Mites, their Biology, Natural Enemies and Control*. Elsevier Science Publishers B.V. Elsevier, Amsterdam.
- SAS Institute. 1979. SAS user's guide. SAS Institute, Cary, N.C.
- SEAL, D.R. 1997. Management and biology of *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae). University of Florida. Institute of Food and Agricultural Sciences, Homestead. F. L. 33031. USA. *New Development in Entomology* p. 161-181.
- SHIPP, J.L.; WHITFIELD, G.H. 1991. Functional response of the predatory mite, *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae), on western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Environmental Entomology* 20(2): 694-699.
- STEINER, M.Y. 1990. Determining population characteristics and sampling procedures for the western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) and the predatory mite *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) on greenhouse cucumber. *Environmental Entomology* 19(5): 1605-1613.
- VASCO, J.E.; GUARÍN, J.H. 1999. Patogenicidad de seis alislamientos nativos del hongo *Beauveria* spp. (Deuteromycotina: Hyphomycetes) sobre adultos de *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae). *Resúmenes XXVI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología*. p. 142. Bogotá, julio 28-30.
- VERGARA, R. 1999a. Los trips: plagas de importancia económica de agroecosistemas hortícolas. *Memorias XXVI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología*. p. 208-227. Bogotá, julio 28-30.
- VERGARA, R. 1999b. Avances sobre la dispersión y daño del *Thrips palmi* Karny en Colombia. *Especiales del GEUN. Grupo de Entomología. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín*. 3: 15-21.
- WADA, T. 1999. Development of Cucumeris R and its future prospect. *Agrochemicals Japan* 73: 17-19.
- WITTMAN, E.J.; LEATHER, S.R. 1997. Compatibility of *Orius laevigatus* Fieber (Hemiptera: Anthocoridae) with *Neoseiulus* (Amblyseius) *cucumeris* Oudemans (Acari: Phytoseiidae) and *Iphiseius* (Amblyseius) *degenerans* Berlese (Acari: Phytoseiidae) in the biocontrol of *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae). *Experimental and Applied Acarology* 21: 523-538.

Recibido: Jun. 01 / 2001

Aceptado: Oct. 16 / 2001

Reprinted with permission from Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN. Originally published in *Revista colombiana de Entomología* 28(1): 1-7, Copyright 2002.