

## Tesis de Posgrado

# Estudios biológicos sobre encarsia formosa Gahan y Eretmocerus corni Haldeman [Hymenoptera: Aphelinidae] para su uso en el control biológico de Trialeurodes vaporariorum (Westwood) [Hemiptera: Aleyrodidae]

López, Silvia Noemí

1998

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias  
Biológicas de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

#### Cita tipo APA:

López, Silvia Noemí. (1998). Estudios biológicos sobre encarsia formosa Gahan y Eretmocerus corni Haldeman [Hymenoptera: Aphelinidae] para su uso en el control biológico de Trialeurodes vaporariorum (Westwood) [Hemiptera: Aleyrodidae]. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

[http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_3024\\_Lopez.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_3024_Lopez.pdf)

#### Cita tipo Chicago:

López, Silvia Noemí. "Estudios biológicos sobre encarsia formosa Gahan y Eretmocerus corni Haldeman [Hymenoptera: Aphelinidae] para su uso en el control biológico de Trialeurodes vaporariorum (Westwood) [Hemiptera: Aleyrodidae]". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1998.

[http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_3024\\_Lopez.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_3024_Lopez.pdf)

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

ESTUDIOS BIOLÓGICOS SOBRE *Encarsia formosa* Gahan Y *Eretmocerus corni* Haldeman [Hymenoptera: Aphelinidae] PARA SU USO EN EL CONTROL BIOLÓGICO DE *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) [Hemiptera: Aleyrodidae]

Consejera de estudios: Dra. Graciela Esnal

Director de Tesis: Dr. Eduardo Botto

Doctorando: Lic. Silvia Noemí López

TESIS DE DOCTORADO

1998

( )

52

**BIOLOGICAL STUDIES ON *Encarsia formosa* Gahan AND *Eretmocerus corni* Haldeman [Hymenoptera: Aphelinidae] FOR THEIR USE IN THE BIOLOGICAL CONTROL OF *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) [Hemiptera: Aleyrodidae].**

**Key words:** *Encarsia formosa*; *Eretmocerus corni*; Aphelinidae; biological attributes; parasitism; interspecific interaction; biological control; *Trialeurodes vaporariorum*; Aleyrodidae; tomato; greenhouse.

**Palabras claves:** *Encarsia formosa*; *Eretmocerus corni*; Aphelinidae; atributos biológicos; parasitismo; interacción interespecífica; control biológico; *Trialeurodes vaporariorum*; Aleyrodidae; tomate; invernáculo.

La investigación presentada en esta tesis está parcialmente contenida en los siguientes artículos:

- López, S. N. & E. N. Botto. 1995. Parámetros biológicos del parasitoide *Encarsia formosa* (Gahan) [Hymenoptera: Aphelinidae] en condiciones de laboratorio. *Ecología Austral*. 5: 105-110.
- López, S. N. & E. Botto. 1995. Efecto de la densidad del huésped sobre parámetros biológicos de *Encarsia formosa* [Hymenoptera: Aphelinidae] en condiciones de laboratorio. *Vedalia (Revista Internacional de Control Biológico de la Sociedad Mexicana de Control biológico, A. C.)*. 2: 35-38.
- Botto, E., Viscarret, M., López, S. N., Peterlin, O. & S. Helman. 1995. Reporte de Argentina. *CEIBA (Revista de la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, Honduras)*. 36(1): 1-3.
- López, S. N. & E. Botto. 1997. Biology of a South American Population of *Eretmocerus* sp. [Hymenoptera: Aphelinidae] Attacking the Greenhouse Whitefly. *Biological Control*. 9: 1-5.
- Botto, E. N., Ceriani, S. A., López, S. N., Saini, E., Cedola, C., Segade, G. & M. M. Viscarret. Control biológico de plagas hortícolas en ambientes protegidos. La experiencia argentina hasta el presente. Enviado a *RIA (Revista de Investigaciones Agropecuarias del INTA)* en septiembre de 1997.
- López, S. N., Viscarret, M. M. & E. Botto. Selección de la planta hospedera y ciclo de desarrollo de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae) sobre zapallito (*Cucurbita maxima* Duch.; Cucurbitales: Cucurbitaceae) y tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.; Tubiflorae: Solanaceae). Enviado al *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* en abril de 1998.

# INDICE

	Pág.
<b>RESUMEN</b>	01
<b>ABSTRACT</b>	03
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	05
<b>INTRODUCCION GENERAL</b>	06
Aspectos generales del control biológico de plagas	07
El sistema biológico en estudio	08
Antecedentes sobre <i>Encarsia formosa</i> Gahan	11
Antecedentes sobre <i>Eretmocerus corni</i> Haldeman	13
Objetivo de la tesis	14
<b>CAPITULO I</b>	15
<b>ESTUDIOS BIOLÓGICOS SOBRE <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Westwood)</b>	
<b>Selección de la planta hospedera y desarrollo sobre zapallito (<i>Cucurbita maxima</i> Duch.) [Cucurbitales: Cucurbitaceae] y tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) [Tubiflorae: Solanaceae]</b>	
Introducción	16
Material y métodos	17
a) Selección de la planta hospedera	17
b) Desarrollo de <i>T. vaporariorum</i> sobre distintas hospederas	18
Resultados y discusión	20
a) Selección de la planta hospedera	20
b) Desarrollo de <i>T. vaporariorum</i> sobre distintas hospederas	20
Conclusiones	25
Figuras del Capítulo I	26

<b>CAPITULO II</b>	<b>29</b>
<b>ESTUDIOS BIOLOGICOS SOBRE LOS ENEMIGOS NATURALES DE</b>	
<b><i>Trialeurodes vaporariorum</i></b>	
<b>II-a. Parasitismo de <i>Trialeurodes vaporariorum</i> por <i>Eretmocerus corni</i></b>	
Introducción	30
Material y métodos	30
Resultados y discusión	31
Conclusiones	33
Figuras del Capítulo II-a	34
<b>II-b. Tiempo de desarrollo preimaginal de <i>Encarsia formosa</i> y</b>	
<b><i>Eretmocerus corni</i></b>	
Introducción	36
Material y métodos	37
Resultados y discusión	37
Conclusiones	39
<b>II-c. Parámetros poblacionales de <i>Encarsia formosa</i></b>	
Introducción	41
Material y métodos	41
Resultados y discusión	43
Supervivencia de los estados inmaduros	43
Longevidad, supervivencia y fertilidad del adulto	44
Tasa neta de reproducción, tiempo generacional, tasa	
intrínseca de crecimiento poblacional y tiempo de duplicación	46
Conclusiones	47
Figura del Capítulo II-c	48
<b>II-d. Efecto de la densidad del huésped sobre el parasitismo y la</b>	
<b>eficiencia de búsqueda de <i>Encarsia formosa</i></b>	
Introducción	49
Material y métodos	49
Resultados y discusión	51
Parasitismo	51
Eficiencia de búsqueda	52

Conclusiones	54
Figuras del Capítulo II-d	55
<b>II-e. Parámetros poblacionales de <i>Eretmocerus corni</i></b>	
Introducción	58
Material y métodos	58
Resultados y discusión	59
Longevidad y supervivencia del adulto	59
Fertilidad	60
Proporción sexual	62
Tasa neta de reproducción, tiempo generacional, tasa intrínseca de crecimiento poblacional y tiempo de duplicación	63
Conclusiones	64
Figuras del Capítulo II-e	66
<b>CAPITULO III</b>	<b>68</b>
<b>ESTUDIOS DE INTERACCION ENTRE <i>Encarsia formosa</i> Y <i>Eretmocerus corni</i></b>	
Introducción	69
Material y métodos	71
a) Condiciones de laboratorio	71
b) Condiciones semicontroladas	72
Resultados y discusión	74
a) Condiciones de laboratorio	74
b) Condiciones semicontroladas	77
Conclusiones	78
Figuras del Capítulo III	79
<b>CONCLUSIONES GENERALES</b>	<b>81</b>
<b>ANEXO - FOTOGRAFIAS</b>	<b>83</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>90</b>

## RESUMEN

La mosca blanca de los invernáculos *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) es una especie fitófaga que afecta numerosos cultivos hortícolas. El objetivo de esta tesis fue estudiar los principales atributos biológicos de los parasitoides *Encarsia formosa* y *Eretmocerus corni* (Hymenoptera: Aphelinidae), y evaluar su potencial como agentes de biocontrol del insecto plaga.

Con el objetivo de realizar los estudios biológicos y la cría de los parasitoides, se determinó la preferencia de *T. vaporariorum* por cuatro hospederas de importancia económica. Además se estimó el tiempo de desarrollo y la supervivencia de sus estados inmaduros sobre zapallito y tomate.

Los atributos biológicos de los parasitoides se evaluaron en laboratorio utilizando al tomate como planta hospedera. Se determinó el tiempo de desarrollo de ambos parasitoides a 26 °C y 30°C. *E. corni* tuvo un tiempo de desarrollo mayor que *E. formosa* a ambas temperaturas, y las dos especies alcanzaron el estado adulto más lentamente a 26°C que a 30° C ( $P < 0,05$ ).

Para cada parasitoide se determinó la longevidad y los principales parámetros poblacionales mediante la construcción de una tabla de vida y de fertilidad. Los resultados para *E. formosa* fueron: longevidad media del adulto= 10,4 días; fertilidad específica por edades media ( $m_x$ )= 15,2 hembras/hembra/día; tasa neta de reproducción ( $R_0$ )= 150,5 hembras/hembra; tiempo generacional ( $T$ )= 18 días; tasa intrínseca de crecimiento poblacional ( $r_m$ )= 0,28 hembras/hembra/día. Los resultados para *E. corni* fueron: longevidad media del adulto= 12,8 días (hembras) y 7,0 días (machos); proporción de sexos: 0,57 hembras-0,43 machos; fertilidad específica por edades media ( $m_x$ )= 5,9 hembras/hembra/día; tasa neta de reproducción ( $R_0$ )= 100,8 hembras/hembra; tiempo generacional ( $T$ )= 23,7 días; tasa intrínseca de crecimiento poblacional ( $r_m$ )= 0,20 hembras/hembra/día.

Se evaluó el parasitismo y la eficiencia de búsqueda de *E. formosa* en relación con la disponibilidad de huésped. El parasitoide exhibió una respuesta funcional de tipo II de Holling con un parasitismo máximo de 13,8 ninfas/día a una densidad de 40 ninfas/día.

La interacción entre ambos parasitoides se evaluó mediante dos estudios

bajo condiciones experimentales diferentes: a) controladas en laboratorio: se analizó el efecto de la interacción sobre el parasitismo de cada especie. *E. formosa* se vio afectada por la presencia de *E. corni* con recurso limitado y no limitado ( $P < 0,05$ ); b) semicontroladas en invernáculo: se analizó el efecto de la liberación múltiple de los parasitoides sobre la mortalidad de la plaga. La liberación múltiple provocó el mismo parasitismo total que cualquiera de los parasitoides por separado ( $P > 0,05$ ).

Puede concluirse que ambos parasitoides son potencialmente eficientes para controlar a la plaga. *E. formosa* presentaría ventajas respecto de *E. corni* por poseer una mayor tasa intrínseca de crecimiento poblacional ( $r_m$ ) producto de su reproducción por partenogénesis deuterotoca, su mayor fertilidad y su menor tiempo de desarrollo.

## ABSTRACT

The greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) is a herbivore species that affects numerous crops of high economical value. The goal of this thesis was to study the main biological characteristics of the parasitoids *Encarsia formosa* and *Eretmocerus corni* (Hymenoptera: Aphelinidae), and to evaluate their potential use as biological agents to control this pest.

In order to carry out the biological studies and the rearing of the parasitoids, the preference of *T. vaporariorum* for four host plants was determined. Moreover developmental time and survival rate of its immature stages were estimated on squash and tomato.

The biological attributes of the parasitoids were determined in controlled conditions using the tomato as host plant. Preimaginal developmental time for both parasitoids was measured at 26°C and 30°C. *E. corni* had a longer developmental time than *E. formosa* at both temperatures, and both species reached their adult stage later at 26°C than at 30° ( $P < 0,05$ ).

The longevity and the main population parameters of each parasitoids were also analysed. In order to do so, a life table was constructed. The results for *E. formosa* were: mean longevity of adults= 10,4 days; mean age-specific fertility ( $m_x$ )= 15,2 females/female/day; net reproductive rate ( $R_0$ )= 150,5 females/female; generational time ( $T$ )= 18 days; intrinsic rate of natural increase ( $r_m$ )= 0,28 females/female/day. Results for *E. corni* were as follows: mean longevity of adults= 12,8 days (females) and 7,0 days (males); mean sex rate= 0,57 females-0,43 males; mean age-specific fertility ( $m_x$ )= 5,9 females/female/day; net reproductive rate ( $R_0$ )= 100,8 females/female; generational time ( $T$ )= 23,7 days; intrinsic rate of natural increase ( $r_m$ )= 0,20 females/female/day.

Parasitism pattern and functional response of *E. formosa* were evaluated in relation to density of its host. It showed a Holling type II functional response with a maximum parasitism of 13,8 nymphs/day at 40 nymphs/day density.

The interspecific interaction between parasitoids was analysed in two studies under different experimental conditions: a) laboratory controlled conditions: the goal

was to analyse the effect of the interaction on the parasitism of each species. *E. formosa* was affected by the presence of *E. corni* with and without limited resource ( $P < 0,05$ ); b) greenhouse semicontrolled conditions: the objective was to study the effect of multiple release of the parasitoids on the whitefly's mortality. It was observed that the multiple release produced the same total parasitism as each parasitoid by itself ( $P > 0,05$ ).

It can be concluded that both parasitoids are potentially efficient to control the pest. *E. formosa* could be more advantageous with respect to *E. corni* because of its bigger intrinsic rate of natural increase ( $r_m$ ) as a result of its deuterotokous reproductive tactics, its bigger fertility and its shorter developmental time.

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Eduardo Botto, por brindarme su apoyo para el desarrollo de esta Tesis.

A la Dra. Graciela Esnal, por poner su tiempo a mi disposición y aconsejarme con la gran amabilidad que la caracteriza.

A los señores jurados, por mejorar mi trabajo con sus valiosas sugerencias.

A mis compañeros del I.I.L.B. del I.M.Y.Z.A. que me acompañaron durante todos estos años.

A la Ing. Agr. Paola Carrizo, por ayudarme siempre con la mejor predisposición y por su cálida amistad.

A la Lic. Mariana M. Viscarret, por ser una compañera de inestimable valor en lo profesional, pero especialmente por su amistad a prueba de todo y por regalarme cada día su generosidad y alegría.

A León, por darme su dulce compañía en los estudios de invernáculo, y por ser mi adorable hijito.

Finalmente quiero agradecer a las dos personas sin las cuales este trabajo no hubiera sido posible.

A Eduardo, por su comprensión, su infinita paciencia y por estar incondicionalmente a mi lado.

A mi mamá, por su apoyo desde el principio, por transmitirme tranquilidad en los momentos más difíciles y por haberme dado siempre el tesoro más valioso, su ejemplo.

## **INTRODUCCION GENERAL**

## Aspectos generales del control biológico de plagas

Las poblaciones de organismos que habitan ecosistemas naturales mantienen, en general, su nivel de abundancia dentro de ciertos límites inferior y superior como consecuencia de la acción conjunta de factores bióticos y abióticos del ambiente (Huffaker *et al.*, 1976). Entre los factores bióticos que determinan este *control natural* se encuentran los enemigos naturales (parásitos, parasitoides, predadores y patógenos), que atacan los distintos estados de vida de los individuos, provocando su debilitamiento o muerte.

El *control biológico* consiste en el uso deliberado por parte del hombre, de los enemigos naturales para mantener la densidad de una plaga agrícola en un nivel más bajo del que ocurriría en su ausencia (Smith, 1919).

Existen tres caminos o estrategias para implementar el control biológico:

1) Clásico: consiste en la importación y colonización de parasitoides y predadores exóticos contra plagas primariamente foráneas, aunque en algunos casos también se los emplea contra plagas nativas.

2) Aumentativo: se refiere a la cría y liberación periódica de enemigos naturales en grandes cantidades (inundación) o la liberación de pocos individuos que sobrevivirán por varias generaciones subsecuentes (inoculación). La diferencia con el control biológico clásico es que no necesariamente implica la importación de enemigos naturales, sino que pueden ser nativos, incrementados en un sistema determinado para provocar un mayor impacto del que normalmente ocasionarían. Esta estrategia de control biológico ha sido sugerida contra plagas de cultivos anuales que tienen problemas en parte debidos a la perturbación continua de los enemigos naturales por las actividades agrícolas.

3) Por conservación: consiste en el aumento de parasitoides y predadores presentes en el agroecosistema por manipulación de su ambiente, tornándolo de algún modo más favorable. El objetivo es disminuir al máximo los riesgos de provocar efectos adversos sobre los enemigos naturales, e incluye los cambios de fecha de siembra, métodos de cultivo, uso de plantas hospederas, uso selectivo de agroquímicos, etc. (Stehr, 1975).

En sentido estricto no se puede esperar que el control biológico resuelva

todos los problemas de un cultivo que tiene un complejo de plagas. En la práctica sólo es posible dentro de un esquema de manejo integrado, que combine métodos culturales, mecánicos, físicos, biológicos, químicos y genéticos. Dicho manejo integrado sólo es factible si se basa en el conocimiento del medioambiente físico y la bionomía, ecología, comportamiento, genética, etc. de las plagas, sus enemigos naturales y las plantas atacadas (Stehr, 1975).

El primer paso de todo proyecto de control biológico es la búsqueda, evaluación y selección de los enemigos naturales de la plaga de interés. Esta tarea incluye numerosos estudios biológicos básicos, previos a las experiencias de evaluación en el campo. Hasta el momento no existen criterios de evaluación que, al contemplar toda la complejidad de factores biológicos, físicos y químicos involucrados, permitan predecir el éxito o fracaso de un enemigo natural (Greathead, 1986; van Lenteren & Woets, 1988). Sin embargo el conocimiento de la bionomía de los enemigos naturales puede permitirnos manejar con mejor criterio su potencial como agentes de control biológico.

### **El sistema biológico en estudio**

La producción hortícola en la Argentina ha experimentado un aumento notable en los últimos años, alcanzando una superficie cosechada de 475750 ha y una producción de 5706700 tn en el período 1994/95 (INDEC, 1997). Entre las diversas hortalizas cabe destacar la importancia del tomate, cuya producción representó 16,12% del movimiento total de hortalizas, ocupando el segundo lugar después de la papa (47,66%) (INDEC, 1997).

Entre los sistemas de producción utilizados, el empleo de invernáculos ha tenido un notable crecimiento debido a las ventajas que otorga: obtención de cosechas fuera de época (primicias y contraestación), y de productos de mayor calidad y menor precio. Esto se ve reflejado en la superficie cultivada bajo cubierta, que en el cinturón hortícola de Buenos Aires - La Plata alcanza las 659 ha (Martínez Quintana, 1997).

Sin embargo, el ambiente físico (temperatura y humedad relativa) que se

desarrolla en los invernáculos, así como la exclusión y/o interferencia de sus enemigos naturales, hace que las plagas y enfermedades encuentren allí condiciones muy favorables, convirtiéndose en las principales causas que limitan la producción.

Entre las especies que sobresalen por su importancia como plagas asociadas a numerosos cultivos hortícolas en invernáculo, figuran las llamadas "moscas blancas". Bajo esta denominación se agrupan alrededor de 1150 especies del orden Hemiptera, suborden Sternorrhyncha, superfamilia Aleyrodoidea, familia Aleyrodidae, distribuidas en zonas templadas y tropicales (Mound & Halsey, 1978). En la Argentina se las observa predominantemente desde el paralelo 36°S hacia el norte (Hayward, 1944). Las moscas blancas constituyen también plagas de cítricos, plantas ornamentales y cultivos a campo.

El desarrollo de estos insectos consta de huevo, cuatro estadios larvales, también llamados ninfales y adulto. El daño que provocan es: *directo*, ejercido por las ninfas y el adulto al succionar la savia para alimentarse, e *indirecto*, por la liberación del exceso de agua y azúcares del tracto digestivo, producto de la ingestión de la savia, especialmente por los últimos estadios ninfales. Esta sustancia azucarada, denominada "honeydew" ("rocío de miel") favorece el desarrollo de hongos (*Cladosphaerospermum* spp.) sobre las plantas (comúnmente denominada fumagina), disminuyendo su capacidad fotosintética (Vet *et al.*, 1980). Además las moscas blancas actúan como transmisoras de enfermedades virósicas y bacterianas (Vet *et al.*, 1980).

En la Argentina se han registrado 13 especies de moscas blancas (Mound & Halsey, 1978; Tapia, 1970; Viscarret & Botto, 1997). De ellas las más importantes desde el punto de vista económico pertenecen a la subfamilia Aleyrodinae: *Bemisia tabaci* Gennadius y *Aleurothrixus aëpim* (Göldi) que atacan al algodón, *Aleurothrixus floccosus* (Maskell), plaga de cítricos y la "mosca blanca de los invernáculos", *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Mound & Halsey, 1978; Tapia, 1970).

La mosca blanca de los invernáculos, probablemente originaria de América tropical o subtropical, es una especie polífaga para la que se conocen plantas hospederas de 249 géneros (ver Anexo-Fotografías 1 a 5). Especialmente en

ambientes protegidos puede llegar a ser una plaga de importancia, atacando entre otros cultivos plantas ornamentales y hortalizas como pepino, zapallito, papa y particularmente tomate (Hussey & Scopes, 1985).

En nuestro país el control de esta plaga se basa exclusivamente en el uso de productos químicos, método poco exitoso debido a: 1- la aparición de resistencia fisiológica en el insecto, lo que obliga a la utilización de los llamados "cocteles de insecticidas", sin más resultados que la pronta aparición de resistencia cruzada a los distintos productos; 2- el problema generado por la acumulación de residuos orgánicos contaminantes en la biosfera, lo cual provoca serios perjuicios a la salud de los operarios y los consumidores, y un deterioro de todo el medioambiente en general; y 3- el aumento de los costos de producción del cultivo debido al uso de estos productos. Vale aclarar que no existe una estimación de lo que invierte un productor en aplicaciones de insecticidas para mantener a la mosca blanca en niveles no perjudiciales a lo largo del desarrollo del cultivo.

Los parasitoides de *T. vaporariorum* han sido utilizados para su control desde la década del 30 en diversos países europeos. Estos pequeños entomófagos (longitud corporal del orden del mm) pertenecen al Orden Hymenoptera, Suborden Apocrita, Superfamilia Chalcidoidea, familia Aphelinidae. Las especies más utilizadas se incluyen en los géneros *Encarsia* Foerster y *Eretmocerus* Haldeman (Vet *et al.*, 1980).

Las especies del género *Encarsia* presentan una ontogenia divergente de los sexos. Las hembras se desarrollan como parasitoides primarios de ninfas de moscas blancas, mientras que los machos pueden desarrollarse como hiperparasitoides de calcidoideos que atacan especies de Hemiptera, como endoparasitoides primarios de huevos de Lepidoptera, o, al igual que las hembras, como parasitoides primarios de moscas blancas (Williams & Polaszek, 1996).

En el caso de las especies de *Eretmocerus*, hembras y machos se desarrollan como parasitoides primarios de ninfas de moscas blancas (Williams & Polaszek, 1996).

Hasta el presente las únicas especies de enemigos naturales parasitoides de *T. vaporariorum* halladas en la Argentina son *Encarsia formosa* Gahan y *Eretmocerus corni* Haldeman (Mound & Halsey, 1978; Viscarret *et al.*, en

preparación).

El sistema biológico estudiado en la presente tesis comprende al tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill., var. platense italiano) como planta hospedera, al insecto plaga *T. vaporariorum* y a los parasitoides registrados en las zonas productoras de tomate del Gran La Plata y Gran Buenos Aires: *Encarsia formosa* y *Eretmocerus corni*.

### **Antecedentes sobre *Encarsia formosa* Gahan.**

*Encarsia formosa* fue descrita en 1924 por Gahan, quien por primera vez hizo mención a la asociación de este parasitoide con *T. vaporariorum*. Si bien existe controversia al respecto, se cree que la especie sería originaria de la zona tropical o subtropical del Nuevo Mundo al igual que su huésped (Polaszek *et al.*, 1992).

La potencialidad como agente de biocontrol de *E. formosa* comenzó a estudiarse en Inglaterra en 1926 (Speyer, 1927). Su uso para el control de la mosca blanca mediante técnicas de liberación aumentativa fue discontinuo hasta la década del 70, cuando tras el fracaso de los plaguicidas sintéticos, cobró auge el desarrollo de programas de control integrado. Desde entonces esta especie ha sido objeto de numerosos estudios de laboratorio y de campo (Gerling, 1990).

Este enemigo natural es en la actualidad producido comercialmente y aplicado en alrededor de 5000 ha de invernáculos en países de Europa y América del Norte (van Lenteren *et al.*, 1996). La estrategia utilizada con este parasitoide es la de las liberaciones "inoculativas estacionales", que consisten en unas pocas liberaciones periódicas del parasitoide a lo largo de la estación de crecimiento del cultivo, con efecto a mediano plazo. Se procura de este modo lograr el control de la plaga por la acción de los individuos liberados y de sus subsecuentes generaciones, reforzando dicha acción con nuevas liberaciones (van Lenteren & Woets, 1988).

Sobre la base de los antecedentes disponibles, cabe destacar las siguientes características biológicas de este parasitoide:

a) es una especie con reproducción por partenogénesis deuterotoca (progenie femenina diploide) (ver Anexo-Fotografía 6). Los machos se desarrollan

raramente y se comportan como parasitoides primarios de ninfas de moscas blancas (Williams & Polaszek, 1996).

b) se trata de un endoparasoide solitario. La hembra ovipone preferentemente sobre ninfas del huésped de 3<sup>er</sup> y 4<sup>o</sup> estadio (Nell *et al.*, 1976), siendo capaces de discriminar ninfas parasitadas de las no parasitadas (van Lenteren *et al.*, 1976b).

c) *E. formosa* también actúa como predador al alimentarse de los fluidos corporales de las ninfas ("host-feeding"), a través de un orificio que hace en el dorso del cuerpo del huésped con su ovipositor (Nell *et al.*, 1976). Esta alimentación es necesaria para completar la maduración de las gónadas del parasitoide. Puede alimentarse de todos los estadios del huésped, pero presenta preferencia por la ninfa 2 y por la última etapa de la ninfa 4 (van Alphen *et al.*, 1976).

d) cuando *E. formosa* parasita a *T. vaporariorum* induce la melanización de la ninfa que se toma negra. El desarrollo de la pupa del parasitoide coincide con esta melanización e indica la muerte del huésped (ver Anexo-Fotografía 7) (Nechols & Tauber, 1977).

e) además de *T. vaporariorum*, se conocen alrededor de otras diez especies de aleiródidos huéspedes de este entomófago (Hennessey *et al.*, 1995; Polaszek *et al.*, 1992).

En la Argentina, *E. formosa* fue introducida en 1981 por iniciativa de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Córdoba para el control biológico de *T. vaporariorum* (De Santis, 1981). No obstante el establecimiento y la amplia dispersión del parasitoide en otras áreas productoras del país, nunca se estudió el posible impacto de las poblaciones locales así originadas, en cuanto a su desempeño como agente de biocontrol.

Los individuos utilizados en las investigaciones desarrolladas en la presente tesis, procedieron de la cría que se mantiene en el Insectario de Investigaciones para Lucha Biológica (IILB), INTA-Castelar (López, 1995). Dicha cría fue iniciada con adultos emergidos de ninfas parasitadas de *T. vaporariorum* recolectadas en invernáculos experimentales del INTA-Castelar. La identificación de la especie fue realizada por el Dr. Luis De Santis, del Museo de Ciencias Naturales de la

Universidad Nacional de La Plata.

### **Antecedentes sobre *Eretmocerus corni* Haldeman**

Entre los parasitoides de *T. vaporariorum* hallados en diversos países, sólo tres pertenecen al género *Eretmocerus*: *E. californicus* Howard, *E. haldemani* Howard y *E. corni* Haldeman (Hennessey *et al.*, 1995; Vet *et al.*, 1980).

*Eretmocerus corni* ha sido registrada parasitando a *T. vaporariorum* y a otros doce huéspedes alternos (Hennessey *et al.*, 1995).

En la Argentina Blanchard (1936) determinó la presencia de *E. corni* en Mendoza, y posteriormente De Santis (1948) obtuvo individuos de esta especie en La Plata (Buenos Aires). En ambos casos los ejemplares fueron hallados sobre aleirodoideos sin identificar.

No existen antecedentes de estudios en laboratorio o en campo sobre *E. corni* en ningún lugar del mundo, y por lo tanto hay un desconocimiento absoluto sobre sus características biológicas.

Las investigaciones realizadas sobre otras especies de este género se refieren principalmente a parasitoides de *Bemisia tabaci* (Foltyn & Gerling, 1985; Gameel, 1969; Gerling, 1967; Kapadia & Puri, 1990; McAuslane & Nguyen, 1996; Powell & Bellows, 1992; Sharaf & Batta, 1985; Simmonds & Minkenberg, 1994; Tawfik *et al.*, 1979). Sobre la base de estos estudios se pueden destacar las siguientes características para las especies de este género:

a) si bien se han registrado especies telitocas, la mayoría son arrenotocas: las hembras son diploides y provienen de huevos fertilizados, en tanto los machos son haploides y se desarrollan partenogénicamente de huevos sin fertilizar.

b) hembras y machos son parasitoides primarios solitarios de ninfas de moscas blancas. Los huevos son depositados bajo la ninfa del huésped, lugar donde eclosiona la larva de primer estadio. Esta penetra al interior del huésped, desarrollándose los dos siguientes estadios larvales endoparasíticamente. La hembra ovipone preferentemente en el 2º y 3º estadio ninfal del huésped, y es capaz de reconocer ninfas ya parasitadas por ella o por hembras coespecíficas (Gerling, 1990).

c) estas especies realizan "host-feeding". Para ello insertan su ovipositor en el orificio vasiforme de la ninfa de mosca blanca, perforan su membrana y se alimentan de sus fluidos corporales. Esta diferencia con *E. formosa* en el proceso de "host-feeding" se debe a que estas especies, al oviponer debajo y no dentro de la ninfa, no tienen un ovipositor lo suficientemente fuerte como para perforar la cutícula del huésped (Gerling, 1990).

d) el desarrollo de la pupa del parasitoides induce un cambio en el color de la ninfa parasitada, que se torna anaranjada.

Las investigaciones desarrolladas en esta tesis sobre esta especie, fueron realizadas con individuos criados en el IILB. La generación parental fue obtenida de ninfas de *T. vaporariorum* parasitadas en un invernáculo de producción comercial de tomate en La Plata, Buenos Aires (ver Capítulo II-a) (ver Anexo-Fotografías 8 a 10).

### **Objetivo de la tesis**

El objetivo general de la presente investigación fue estudiar los principales atributos biológicos del complejo de parasitoides de *Trialeurodes vaporariorum*, y evaluar su potencial como agentes de control del insecto plaga.

## CAPITULO I

# ESTUDIOS BIOLÓGICOS SOBRE *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood)

## Selección de la planta hospedera y desarrollo sobre zapallito (*Cucurbita maxima* Duch.) [Cucurbitales: Cucurbitaceae] y tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) [Tubiflorae: Solanaceae].

### Introducción

Los insectos fitófagos seleccionan las plantas mediante una secuencia de respuestas comportamentales a los estímulos físicos y/o químicos asociados a las plantas hospederas y no hospederas (Visser, 1986). En el caso de *T. vaporariorum*, los individuos de esta especie son capaces de orientarse a la distancia hacia un manchón de plantas hospederas, atraídos por el color amarillo (500 a 600 nm) del espectro lumínico (Affeldt *et al.*, 1983). Sin embargo este sistema de percepción visual no juega el mismo papel cuando la mosca blanca se encuentra dentro del follaje, y tiene que elegir entre las hojas de una o pocas especies de plantas. En este caso la selección ocurre luego de que el adulto se posa sobre la planta y se alimenta de ella (Verschoor-van der Poel & van Lenteren, 1978; Woets & van Lenteren, 1976); así una planta no hospedera es rechazada pocos minutos después de haber sido probada.

Varios autores han encontrado que la elección de ciertas plantas hospederas (berenjena, pepino, tomate y paprika) está positivamente relacionada con su cualidad como recurso alimentario, reflejándose en la fecundidad y longevidad de los adultos, frecuencia de oviposición, y desarrollo y mortalidad de ninfas (van Boxtel *et al.*, 1978; van de Merendonk & van Lenteren, 1978). Sin embargo, van Sas *et al.* (1978) mostraron que la anterior no es una conclusión general, sino que se restringe a las hospederas por aquéllas evaluadas.

Desde el punto de vista del control biológico es fundamental conocer cuáles de las hospederas utilizadas por el fitófago son las preferidas y cómo es su ciclo de desarrollo en ellas, tanto para el estudio de las características biológicas de sus parasitoides considerando la interacción entre los tres niveles tróficos planta-fitófago-enemigo natural, como para ajustar las técnicas de cría masiva de los

enemigos naturales, o bien para optimizar el control biológico resultante de su liberación en programas de manejo integrado.

En el presente capítulo se presentan dos estudios cuyos objetivos fueron:

a) evaluar la preferencia de adultos de *T. vaporariorum* entre cuatro cultivos hospederos de uso factible para su cría;

b) determinar el tiempo de desarrollo y la supervivencia de los estados inmaduros de *T. vaporariorum* sobre las hospederas preferidas y/o de importancia económica.

## **Material y métodos**

### **a) Selección de la planta hospedera**

Se utilizaron adultos de mosca blanca criados sobre tabaco (*Nicotiana tabacum*) en una cámara de cría a una temperatura de  $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Las hospederas cuya preferencia fue evaluada fueron: zapallito (*Cucurbita maxima* Duch., var. pepo) [Cucurbitales: Cucurbitaceae], tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill., var. platense italiano) [Tubiflorae: Solanaceae], tabaco (*N. tabacum*) [Tubiflorae: Solanaceae] y poroto (*Phaseolus vulgaris*) [Rosales: Leguminosae]. Las plantas se cultivaron en un invernáculo con condiciones de temperatura, humedad y luz naturales. La altura de las plantas fue de aproximadamente 25 cm y tuvieron una superficie foliar semejante.

La prueba de preferencia se realizó en el mes de diciembre en un invernáculo de paredes y techo de vidrio (4m x 8m), ubicado en el INTA, Castelar, con iluminación natural, y temperatura y humedad no controladas. Se registró una temperatura mínima de  $21^{\circ}\text{C}$  y una máxima de  $31^{\circ}\text{C}$ , y una humedad relativa mínima de 68% y una máxima de 98%.

Diez plantas ( $n=10$ ) de cada hospedera fueron ubicadas al azar alineadas junto a uno de los laterales del invernáculo. Se liberaron un total de 1500 adultos de mosca blanca dispuestos en grupos de 300 en cinco frascos de plástico, a partir de cinco posiciones equidistantes entre sí, y a una misma distancia de la línea de plantas (aprox. 40 cm).

La preferencia se estimó sobre la base de la cantidad de adultos de mosca blanca posados así como del número de oviposiciones en cada hospedera. Para ello se contó el número de adultos sobre cada planta a intervalos de 20 minutos durante las dos primeras horas, y de 30 minutos las cuatro horas siguientes. A las 24 horas de liberados los adultos de mosca blanca se registró en cada hospedera el número de adultos presentes así como el número de oviposiciones.

Posibles diferencias en la cantidad de adultos entre especies de hospederas al cabo de 24 horas se analizaron estadísticamente mediante un análisis de covarianza (ANCOVA) de un factor, con el número de adultos inicialmente (a los 15 minutos) posados sobre cada planta como covariable. Los datos fueron previamente transformados mediante la transformación  $\log(X+0.5)$  para satisfacer los supuestos de normalidad y homocedacia (Steel & Torrie, 1981). La separación de medias se realizó por medio de la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

Para distinguir los efectos de las hospederas sobre la oviposición, se realizó un ANCOVA de un factor con la densidad de adultos en las plantas a las 24 horas como covariable (Steel & Torrie, 1981).

#### **b) Desarrollo de *T. vaporariorum* sobre distintas hospederas**

Se utilizaron en este experimento dos hospederas: el zapallito y el tomate. El zapallito fue utilizado por ser la hospedera preferida por la mosca blanca y el tomate por ser la de mayor importancia económica (ver Introducción General).

Los adultos de mosca blanca utilizados procedieron de la cría del IILB, INTA, Castelar.

En este estudio se utilizaron plantas de aproximadamente 35 cm de altura. Mediante un diseño completamente aleatorizado 35 (zapallito) y 45 (tomate) adultos de mosca blanca confinados en una jaulita-clip (3 cm de diámetro; ver Anexo Fotografía 11) fueron colocados en una hoja de cada una de las hospederas, exponiendo la superficie abaxial a las moscas blancas durante 6 h. El total de réplicas por hospedera fue de 11 jaulitas clip ( $n=11$ ).

Durante todo el ciclo de desarrollo se realizaron observaciones diarias con el propósito de estimar el número de individuos y el tiempo de desarrollo de cada estadio. Se utilizó para ello un microscopio estereoscópico (100X-300X).

Los estados huevo y ninfa 1 se consideraron en conjunto, puesto que en la mayoría de los casos el tiempo transcurrido entre la eclosión de la ninfa 1 y su fijación (entrada en el estadio 2) fue menor que un día, y por lo tanto no fue registrada en las observaciones diarias.

El último estadio larval entre la 3ª muda y la emergencia del adulto fue subdividido en ninfa 4, "prepupa" y "pupa" de acuerdo con la terminología propuesta por van Lenteren *et al.* (1976a). Estos autores, al igual que Nechols & Tauber (1977) realizan esta clasificación en virtud de la diferencia de comportamiento de oviposición y alimentación ("host-feeding") de *E. formosa* frente a cada uno de ellos. Esta terminología se utiliza en toda la tesis, dado que en todas las investigaciones se da importancia fundamental a la interacción entre *T. vaporariorum* y sus parasitoides.

El estudio se llevó a cabo en una cámara de cría (Convicon E7) a una temperatura de  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , fotoperíodo de 14L:10O (provisto por 8 tubos de 40 W) y humedad relativa (HR) de 50-70%.

Cada jaulita fue considerada como una réplica para la estimación del tiempo de desarrollo, calculándose un promedio de éste sobre la base de todos los individuos de la réplica para cada estadio de desarrollo. La comparación del tiempo de desarrollo del adulto sobre el zapallito y el tomate se realizó mediante la prueba de Kruskal-Wallis (Daniel, 1978).

Posibles diferencias en la supervivencia al estado adulto (número de adultos obtenidos / número de huevos para cada réplica) entre ambas hospederas se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) de un factor (Sokal & Rohlf, 1981).

Para cada hortaliza se comparó la supervivencia entre los distintos estadios mediante la prueba de Friedman de análisis de dos factores por rangos. Para comparar las posibles diferencias entre pares de estadios se utilizó el procedimiento de comparaciones múltiples (Daniel, 1978). Para ello se estimó la supervivencia del estadio  $n$  como el cociente entre el número de individuos al comienzo del estadio  $n+1$  y el número de individuos al comienzo del estadio  $n$ .

## Resultados y discusión

### a) Selección de la planta hospedera

La distribución relativa de los adultos de mosca blanca en las cuatro hospederas varió a través del tiempo durante las tres primeras horas tras su liberación. Con posterioridad se definió un orden que se mantuvo en el tiempo (de más a menos adultos/planta): zapallito, poroto, tomate y tabaco (Figura 1).

A las 24 h el número de adultos de mosca blanca/planta en el zapallito fue significativamente mayor que en el tomate y el tabaco. La elección por el poroto fue intermedia, no distinguiéndose de ninguna de las otras especies ( $F_{3,36}=5,46$ ;  $P<0,05$ ; Prueba de Tukey: valor crítico  $Q=3,85$ ; error estándar=0,1075). Es interesante observar que pese a que los adultos de mosca blanca utilizados en esta experiencia fueron criados sobre tabaco no mostraron condicionamiento a esta planta, ya que en todo momento fue menor la cantidad de adultos que se posó sobre ella (Figura 1).

Dada la distinta cantidad de adultos, el número de huevos/planta difirió entre las distintas hospederas. Considerando entonces a la densidad de adultos en cada planta a las 24 h como covariable, se observó que el tipo de hortaliza no influyó sobre la cantidad de oviposiciones/planta ( $F_{3,35}=1,16$ ;  $P=0,338$ ) (Figura 2).

Al cabo de 24 hs, en promedio 47% de las moscas se encontraron en las plantas de zapallito, lo que hace en consecuencia superior la cantidad de oviposturas. No es factible la comparación de estos resultados con los hallados por otros autores ya que en general, evaluaron la elección de *T. vaporariorum* por hospederas distintas de las aquí tratadas, de importancia económica en sus respectivos países (Castañé & Albajes, 1994; van Sas *et al.*, 1978; Verschoor-van der Poel & van Lenteren, 1978).

### b) Desarrollo de *T. vaporariorum* sobre distintas hospederas

#### Tiempo de desarrollo

La duración del desarrollo de huevo a adulto sobre zapallito no difirió significativamente del hallado sobre tomate (estadístico de Kruskal-Wallis= 0,92;  $P=0,34$  (Tabla 1).

**Tabla 1: Tiempo de desarrollo de *Trialeurodes vaporariorum* a 25°C**  
(Media  $\pm$  error estándar, en días).

ESTADIO DE DESARROLLO	PLANTA HOSPEDERA	
	Zapallito	Tomate
Huevo + Ninfa 1	5,89 $\pm$ 0,20	6,20 $\pm$ 0,08
Ninfa 2	3,11 $\pm$ 0,08	4,29 $\pm$ 0,19
Ninfa 3	3,79 $\pm$ 0,17	3,37 $\pm$ 0,18
Ninfa 4	2,78 $\pm$ 0,22	2,64 $\pm$ 0,21
“Prepupa”	2,00 $\pm$ 0,16	1,32 $\pm$ 0,08
“Pupa”	2,28 $\pm$ 0,09	2,18 $\pm$ 0,09
<b>Total</b>	<b>19,56 <math>\pm</math> 0,26</b>	<b>20,05 <math>\pm</math> 0,28</b>

Dado que la tasa de desarrollo depende principalmente de la temperatura y de la especie de planta hospedera (van de Merendonk & van Lenteren, 1978; Woets & van Lenteren, 1976), los diferentes autores dan datos muy diversos sobre el tiempo de desarrollo de *T. vaporariorum*. Si se considera sólo a aquéllos que trabajaron con temperaturas semejantes a la de este estudio, y con el tomate como hospedera, se observa que todos los tiempos de desarrollo resultaron más prolongados que el medido en este estudio (Tabla 2). Estas diferencias pueden ser explicadas por el uso de distintas variedades de tomate así como por las distintas poblaciones de la mosca blanca evaluadas.

Cabe destacar que los resultados obtenidos en relación con la duración del desarrollo de *T. vaporariorum* sobre zapallito no tienen antecedentes. Estudios sobre otras cucurbitáceas (pepino, melón) indican valores de tiempos de desarrollo mayores que los registrados en este estudio (Tabla 2).

Tabla 2: Tiempos de desarrollo de *Trialeurodes vaporariorum* medidos por otros autores.

AUTORES	TIEMPO DE DESARROLLO TOTAL	PLANTA HOSPEDERA	TEMPERATURA
Bumett (1949)	24,3 - 24,8 días	tomate	24°C
Gerk <i>et al.</i> (1995)	25 días	tomate	25 ± 2°C
van de Merendonk & van Lenteren (1978)	24 días	tomate	24 ± 5°C
van de Merendonk & van Lenteren (1978)	23 días	pepino	24 ± 5°C
van Sas <i>et al.</i> (1978)	26,8 días	melón	25°C
van Sas <i>et al.</i> (1978)	26 días	pepino	25°C
Woets & van Lenteren (1976)	28 días	tomate	22-23°C
Vet <i>et al.</i> (1980)	24,4 días	tomate	25°C
Vet <i>et al.</i> (1980)	30,9 días	tomate	20-25°C
Woets & van Lenteren (1976)	26 días	pepino	22-23°C

En cuanto a las duraciones relativas de cada uno de los estadios ninfales, también se encontraron datos muy diversos en la bibliografía (Gerk *et al.*, 1995; van de Merendonk & van Lenteren, 1978; Vet *et al.*, 1980; Woets & van Lenteren, 1976). Sin embargo, en todos los casos se observó que el desarrollo hasta el estadio ninfal 2 ocupa aproximadamente la mitad del tiempo de desarrollo preimaginal. Del mismo modo, el tiempo transcurrido para el desarrollo de la ninfa 3 y comienzo de la ninfa 4, estadios preferidos para la oviposición por los parasitoides afelínidos (Gerling, 1990), ocupa una proporción semejante a las temperaturas estudiadas por los autores citados (de 62,00% a 69,12% del tiempo de desarrollo total). En el caso del presente estudio, los resultados indican que el tiempo necesario para alcanzar dichos estadios (ninfa 3 y ninfa 4) es de entre 9 y 13 días sobre zapallito y entre 10 y 14 días sobre tomate a 25°C (Tabla 1). Este resultado es particularmente útil para la cría de los parasitoides en el laboratorio, lo cual requiere una adecuada

sincronización de los ciclos de desarrollo, de modo de ofrecerle al adulto parasitoide aquellos estadios ninfales preferidos para ser parasitados. Idéntica sincronización entre huésped y parasitoide es necesaria para el control exitoso de la plaga mediante técnicas de liberaciones aumentativas. Si bien la temperatura utilizada en este estudio es inferior a la registrada en un invernáculo en pleno verano, los resultados pueden ser orientativos y útiles para establecer la frecuencia de introducciones de los parasitoides. Esto es especialmente importante al comienzo de la época de desarrollo de la plaga, cuando sus generaciones no están superpuestas (van Lenteren & Woets, 1988), y las posibilidades del parasitoide para controlarlas son máximas.

### **Supervivencia**

La supervivencia preimaginal de *T. vaporariorum* en zapallito (media  $\pm$  desvío estándar=0,86  $\pm$  0,07; n=11) no difirió de la hallada sobre el tomate (0,79  $\pm$  0,08; n=11) ( $F_{1,20}= 4,35$ ;  $P= 0,0501$ ) (Figura 3).

En términos generales la supervivencia al estado adulto de *T. vaporariorum* estimada en este estudio para ambas hortalizas fue elevada si se tiene en cuenta el intervalo de valores que citan Byrne & Bellows (1991) para distintas especies de aleiródidos (10% a 93%). Si se considera sólo a *T. vaporariorum*, la supervivencia sobre tomate coincidió con los valores hallados por van de Merendonk & van Lenteren (1978) y por Woets & van Lenteren (1976) (78,8% y 78,9 % respectivamente), aunque fue menor que 83,4% y 88% medidos por Burnett (1949) y van Sas *et al.* (1978) respectivamente. Del mismo modo la supervivencia sobre zapallito fue semejante a los valores registrados sobre otra cucurbitácea (pepino) por van de Merendonk & van Lenteren (1978) y por Woets & van Lenteren (1976) (89,4% y 89,2 % respectivamente), y fue menor que la registrada por van Sas *et al.* (1978) sobre pepino (99%) y melón (98%).

Para el zapallito, la supervivencia de los estados huevo+ninfa 1 fue significativamente menor que la de la ninfa 3, ninfa 4, "prepupa" y "pupa" (prueba de Friedman,  $X^2=41,54$ ;  $GL=5$ ;  $P=0.0000$ ; comparaciones múltiples: mínima diferencia significativa (mds)=25,71). En el caso del tomate, la supervivencia de los estados huevo+ninfa 1 fue significativamente menor que la de los estadios ninfa 4, "prepupa"

y "pupa" (prueba de Friedman,  $X^2=27,17$ ; GL=5; P=0.0000; comparaciones múltiples: mds=25,71) (Tabla 3). Esto significa que la mortalidad durante el período huevo+ninfa 1 fue elevada para ambas hortalizas. Este resultado es coincidente con el hallado por van de Merendonk & van Lenteren (1978) y por Woets & van Lenteren (1976) para todas las hospederas por ellos evaluadas.

**Tabla 3: Supervivencia de los estados inmaduros de *Trialeurodes vaporariorum***

(Media  $\pm$  error estándar; en cada columna medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente,  $P \geq 0,05$ )

ESTADIO DE DESARROLLO	PLANTA HOSPEDERA	
	Zapallito	Tomate
Huevo + Ninfa 1	0,89 $\pm$ 0,02 a	0,89 $\pm$ 0,01 a
Ninfa 2	0,98 $\pm$ 0,01 ab	0,92 $\pm$ 0,02 ab
Ninfa 3	0,99 $\pm$ 0,01 b	0,98 $\pm$ 0,01 ab
Ninfa 4	1,00 $\pm$ 0,01 b	1,00 $\pm$ 0,01 b
"Prepupa"	1,00 $\pm$ 0,00 b	1,00 $\pm$ 0,00 b
"Pupa"	0,99 $\pm$ 0,01 b	1,00 $\pm$ 0,00 b

Si bien la supervivencia de una especie está sujeta a las condiciones ambientales (temperatura, humedad, variedad de la planta hospedera, etc.), en todos los casos la supervivencia sufre una caída en la primera etapa de la vida correspondiente a la eclosión de los huevos y la metamorfosis de las ninfas de 1<sup>er</sup> estadio (Rabinovich, 1980), estabilizándose luego al disminuir los riesgos de mortalidad, una vez que la ninfa se ha fijado.

Con respecto al papel de la supervivencia en la interacción huésped-parasitoide, es interesante observar que los estadios ninfales que presentan la mayor supervivencia son aquellos sobre los que los parasitoides afelinidos de la mosca blanca oviponen con preferencia (Gerling, 1990). Así, *Encarsia formosa* parasita principalmente ninfas del 3<sup>er</sup> y 4<sup>o</sup> estadio temprano (Nell *et al*, 1976), en tanto las especies estudiadas de *Eretmocerus*, que ovipositan externamente, lo

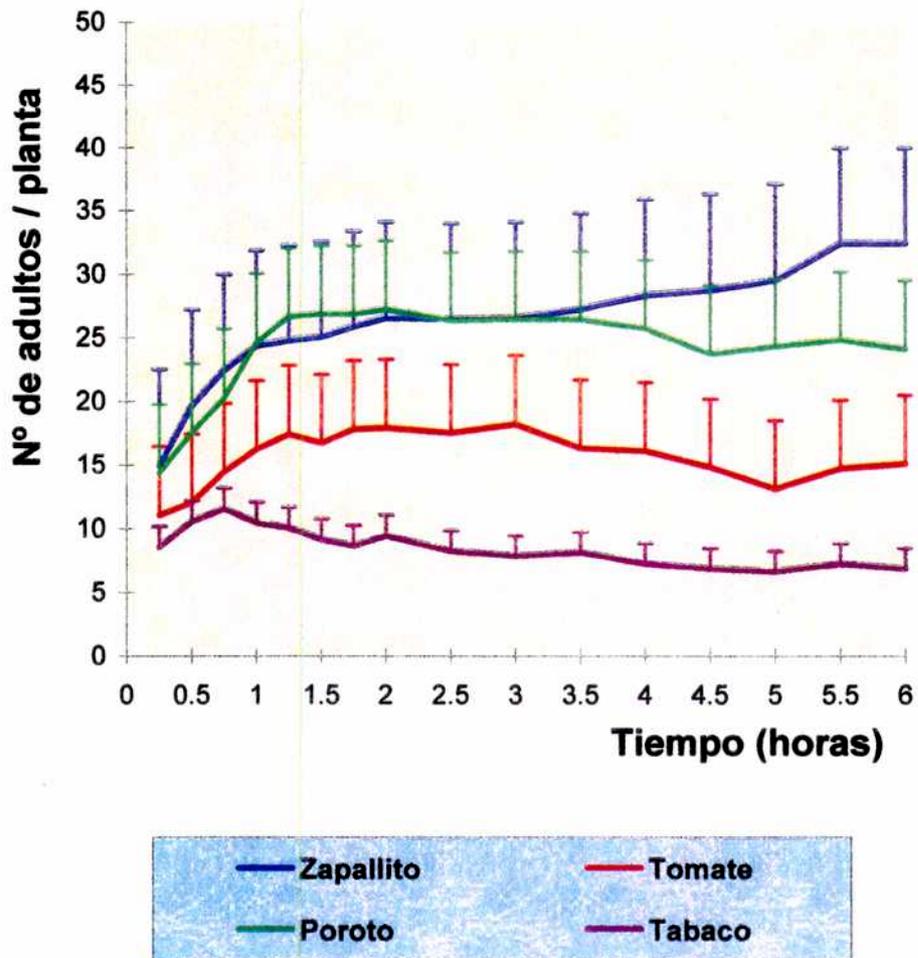
hacen bajo ninfas del 2º y 3º estadio, aunque la larva del parasitoide del 1º estadio penetra en el huésped cuando éste alcanza el 3º o 4º estadio ninfal (Gerling, 1990). La explicación para este comportamiento reside en que estos parasitoides son koinobiontes, lo que significa que permiten el crecimiento y la metamorfosis de su huésped después de ser atacado. Su estrategia de parasitismo se basa en un balance entre la facilidad para parasitar al huésped y su oportunidad de supervivencia. De este modo, si bien los estadios ninfales más pequeños son más abundantes y fáciles de encontrar, al ser su supervivencia menor, la probabilidad del parasitoide de dejar descendencia disminuye. Además el desarrollo sobre estos estadios requiere un mayor tiempo debido a que contienen una menor cantidad de nutrientes que los estadios más grandes, lo cual significa un mayor tiempo de exposición a factores abióticos y bióticos adversos.

## **Conclusiones**

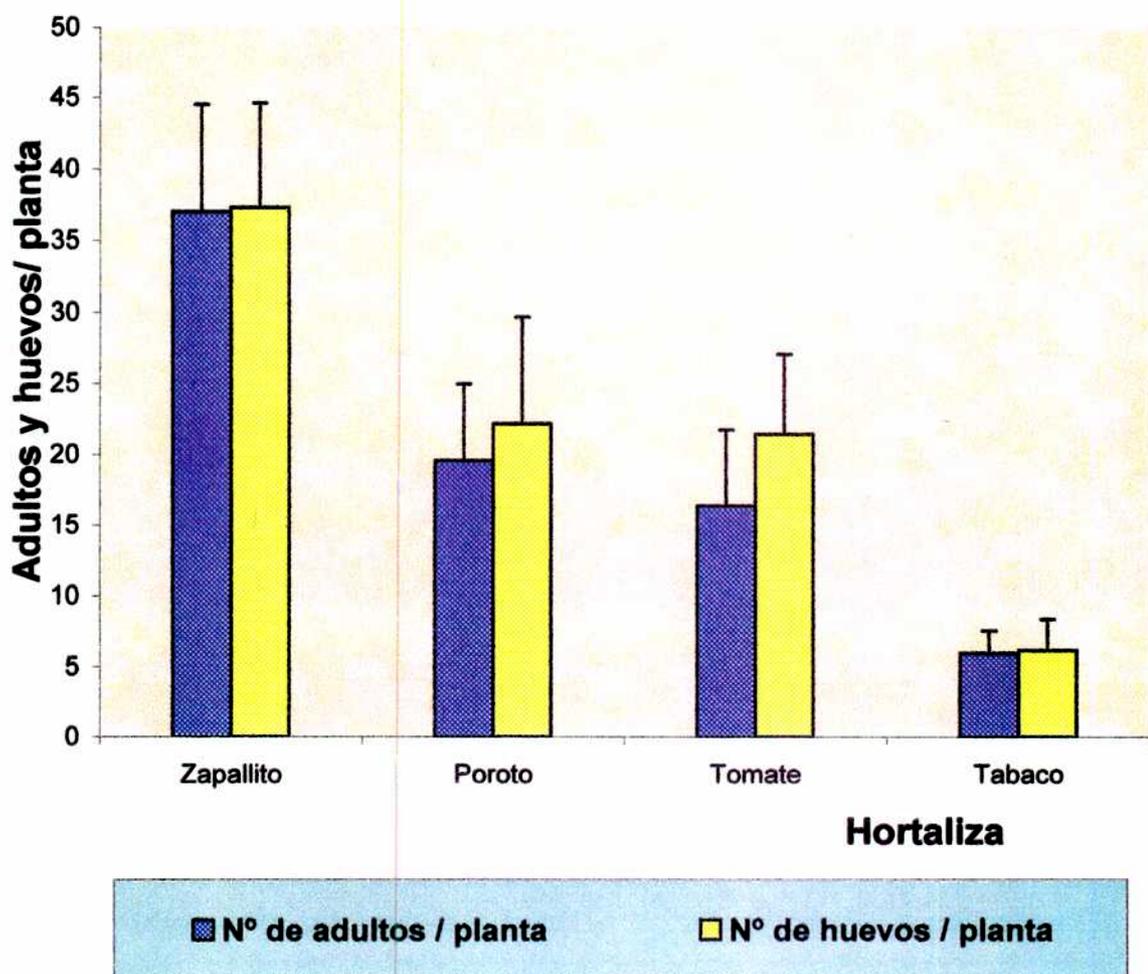
El zapallito fue la hospedera preferida por los adultos de *T. vaporariorum* sobre la base de la cantidad de adultos posados en ella a las 24 h de liberados. Este resultado hace de esta hortaliza una buena candidata para la cría masiva de la mosca blanca en el laboratorio.

El tiempo de desarrollo del adulto de la mosca blanca fue el mismo sobre el zapallito y el tomate, en tanto el desarrollo de los estadios ninfales preferidos por los parasitoides para la oviposición (3º y 4º), ocupó la misma proporción del tiempo total. Asimismo, estos estadios presentaron una supervivencia superior a la de las ninfas más pequeñas en ambas hospederas. De este modo, al parasitarlos los entomófagos aseguran una mayor supervivencia de su propia descendencia.

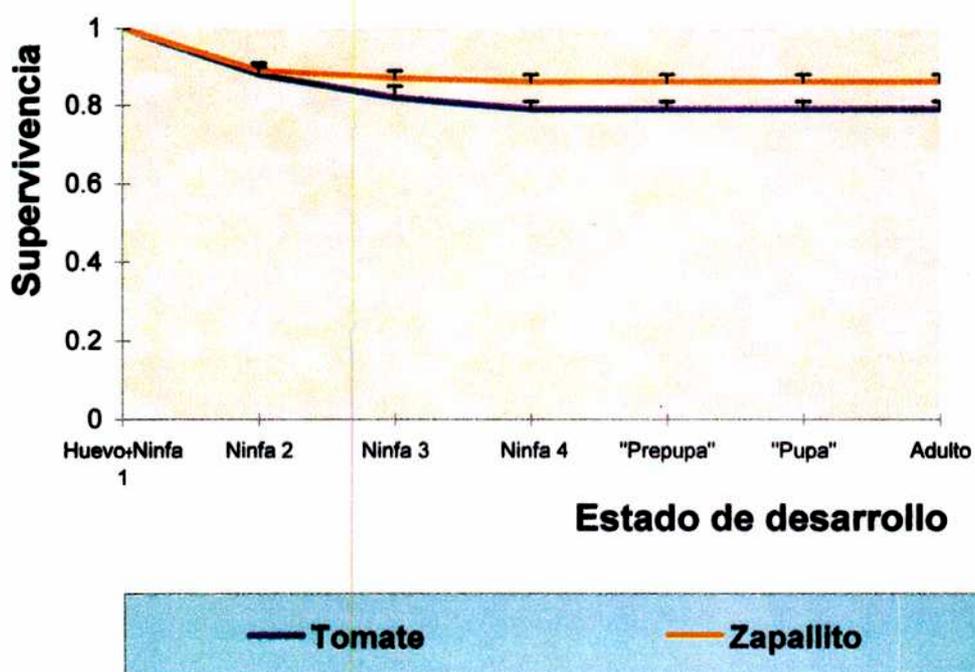
**Figura 1: Preferencia de hospederas por los adultos de *Trialeurodes vaporariorum***  
(Media + error estándar)



**Figura 2: Abundancia de adultos y huevos de *Trialeurodes vaporariorum* en diferentes hospederas**  
(Media + error estándar)



**Figura 3: Supervivencia de los estados inmaduros de *Trialeurodes vaporariorum* sobre tomate y zapallito**  
(Media + error estándar)



## CAPITULO II

# ESTUDIOS BIOLÓGICOS SOBRE LOS ENEMIGOS NATURALES DE *Trialeurodes vaporariorum*

## II-a. Parasitismo de *Trialeurodes vaporariorum* por *Eretmocerus corni*

### Introducción

Las investigaciones sobre los parasitoides de *Trialeurodes vaporariorum* comenzaron con su búsqueda en invernáculos experimentales y de producción comercial de cultivo de tomate del cinturón hortícola de La Plata. Se procuró de este modo obtener información básica sobre las posibles asociaciones huésped-plaga-enemigos naturales con el objeto de analizar la dinámica de sus interacciones (abundancia estacional, mortalidad, etc.).

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos durante un estudio de la abundancia poblacional de *T. vaporariorum* en el que se detectó la presencia de *Eretmocerus corni* parasitando espontáneamente a la mosca blanca.

### Material y métodos

El estudio se realizó en un invernáculo de producción comercial de tomate libre de insecticidas, localizado en el cinturón hortícola de La Plata, provincia de Buenos Aires, entre diciembre de 1993 y abril de 1994. El invernáculo de madera y plástico tenía una superficie de 315 m<sup>2</sup> y contenía aproximadamente 1200 plantas (ver Anexo Fotografía 12). Fue rodeado por una malla para trips (Thysanoptera: Thripidae) con el fin de evitar la entrada de estos insectos vectores de la enfermedad denominada "peste negra" (Tomato Spotted Wilt Virus, TSWV).

La abundancia de la plaga durante el desarrollo fenológico del cultivo se evaluó estimando semanalmente las variaciones de la densidad de adultos e inmaduros (ninfa 4, "prepupa" y "pupa") y la mortalidad ocasionada por parasitoides.

La estimación de la densidad de adultos se hizo registrando el número de adultos por planta, en tanto la de los estados inmaduros se realizó contando las formas inmaduras presentes en una hoja de la parte media de la planta. Para ambos registros se escogieron al azar un total de 16 plantas en el invernadero. El material fue examinado utilizando un microscopio estereoscópico (100X-300X), contándose

la cantidad de individuos sanos y con signos de parasitismo. Estos últimos se aislaron individualmente en tubos de vidrio (6cm largo, 1cm de diámetro, tapa de algodón) con una traza de miel, observándose su desarrollo hasta la emergencia de los adultos.

La abundancia de parasitoides se cuantificó a través del parasitismo, estimado como el porcentaje del número de ninfas con evidencias de parasitismo respecto del total de "prepupas" y "pupas" del huésped registradas en cada unidad de muestreo.

## Resultados y discusión

La densidad de adultos de mosca blanca en las plantas aumentó progresivamente a lo largo de las fechas de muestreo (Figura 4). Debido al crecimiento vegetativo de las plantas y al aumento del número de moscas blancas en el cultivo, a partir del 19/1/94 se modificó la unidad de muestreo, registrándose la abundancia de los adultos en las primeras 10 hojas apicales de la planta.

La abundancia de adultos llegó a niveles tan elevados que a partir del 16/3 sólo fue posible estimarla en forma aproximada (~ 1300 adultos/10 hojas apicales). Las principales causas de ello fueron las elevadas temperaturas (mayores a 40°C) y la humedad relativa (máximas de 100%), generadas por la escasa ventilación debido a la malla antitrips. Este ambiente favoreció el desarrollo de plagas presentes al momento de colocarse la malla (*T. vaporariorum* y la "polilla del tomate" *Tuta absoluta* (Meyrick) [Lepidoptera: Gelechiidae] y aceleró el crecimiento del cultivo. A partir del 16/3 la población de adultos de mosca blanca decreció en las hojas apicales, debido a que migraron hacia los brotes de las plantas, no considerados en el muestreo (Figura 4).

La población de estados inmaduros de la mosca blanca presentó un crecimiento sostenido a lo largo de todo el verano. Debido a ello, a partir del 16/3/94 se registró su número en los 3 folíolos basales de cada hoja muestreada. El máximo de abundancia (346,27 estados inmaduros/3 folíolos) ocurrió entre el 30/3 y el 20/4 (Figura 4).

El análisis de la población de estados inmaduros permitió registrar el 19/1 la presencia de pupas de *T. vaporariorum* de coloración naranja, las que resultaron

estar parasitadas por el afelínido *Eretmocerus corni*. Parte del material recolectado fue utilizado para su identificación, realizada por el Dr. Andrew Polaszek del International Institute of Entomology (del Centre for Agriculture and Biosciences – CAB- International), Londres, Reino Unido.

El resto de los adultos parasitoides fue utilizado para su cría en el IILB previa separación por sexo, distinguiéndose los machos de las hembras por el abdomen más corto, la ausencia de ovipositor, y por sus antenas con maza más prominente. A lo largo de todo el verano se trajeron del invernáculo más de 450 adultos, con una proporción de sexos de 0,53 hembras:0,47 machos (n= 259 individuos).

El parasitismo fue aumentando gradualmente hasta alcanzar un máximo de 34,25% hacia el final del muestreo (Figura 5). La tendencia en los niveles de parasitismo fue semejante a la de la abundancia de estados inmaduros (Figuras 4 y 5), lo que muestra una aparente buena sincronización entre el parasitoide y la plaga.

Cabe destacar que en un invernáculo contiguo al de este estudio, en el que se aplicaron insecticidas, se realizaron observaciones periódicas de las plagas presentes. Allí se hallaron ninfas de *T. vaporariorum* parasitadas por *E. corni* sólo en el inicio del estudio, no obstante que la mosca blanca estuvo presente toda la temporada. Esto pondría de manifiesto el efecto perjudicial de los tratamientos químicos sobre *E. corni*.

*Eretmocerus corni* fue la única especie de parasitoide de *T. vaporariorum* hallada durante el estudio.

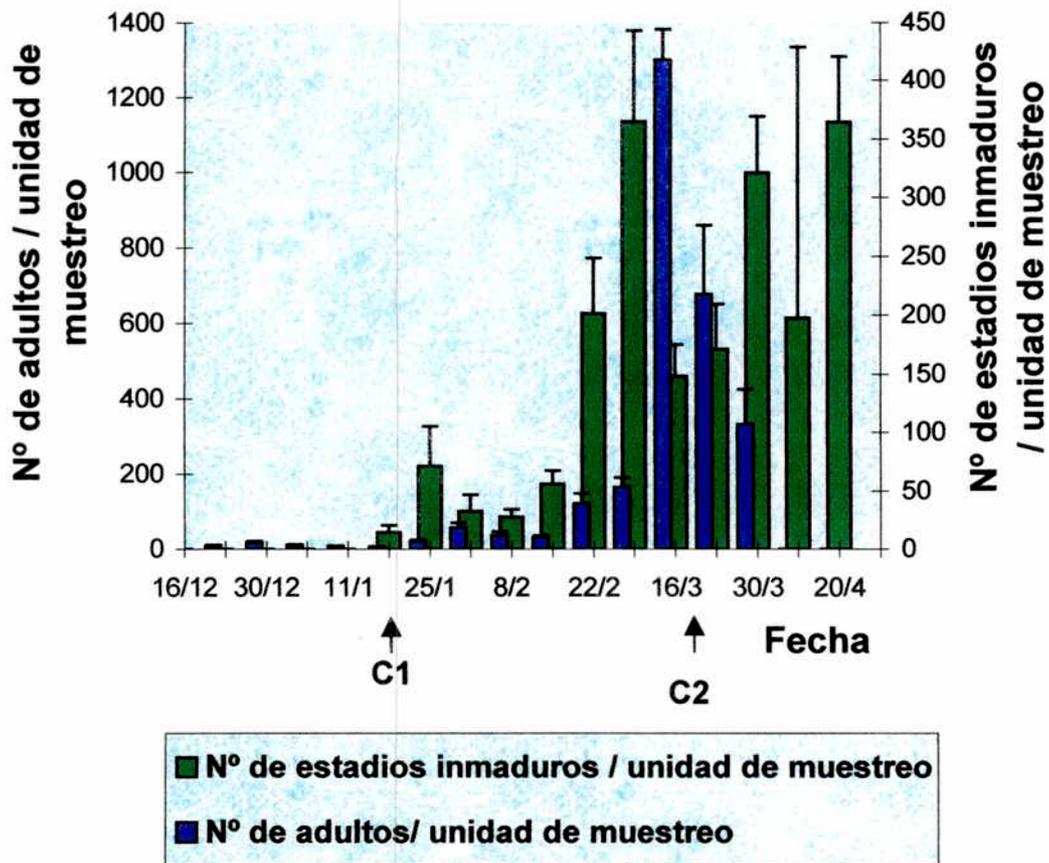
Las escasas referencias bibliográficas sobre el empleo de especies de este género para el control biológico de *T. vaporariorum* contemplan el estudio de parámetros biológicos del parasitoide bajo condiciones de laboratorio (Gerling, 1966b; Vet & van Lenteren, 1981). En general los estudios sobre parasitismo natural de moscas blancas por *Eretmocerus* spp. se han conducido sobre *Bemisia tabaci*. En estos trabajos los niveles de parasitismo observados han sido inferiores (McAuslane *et al.* 1993), semejantes (Gameel, 1969) o superiores (Gerling, 1967; Bellows & Arakawa, 1988) a los registrados en este estudio. Los diferentes cultivos y especies de mosca blanca y parasitoides referidas en dichos trabajos hacen difícil la comparación con los resultados de este estudio.

## Conclusiones

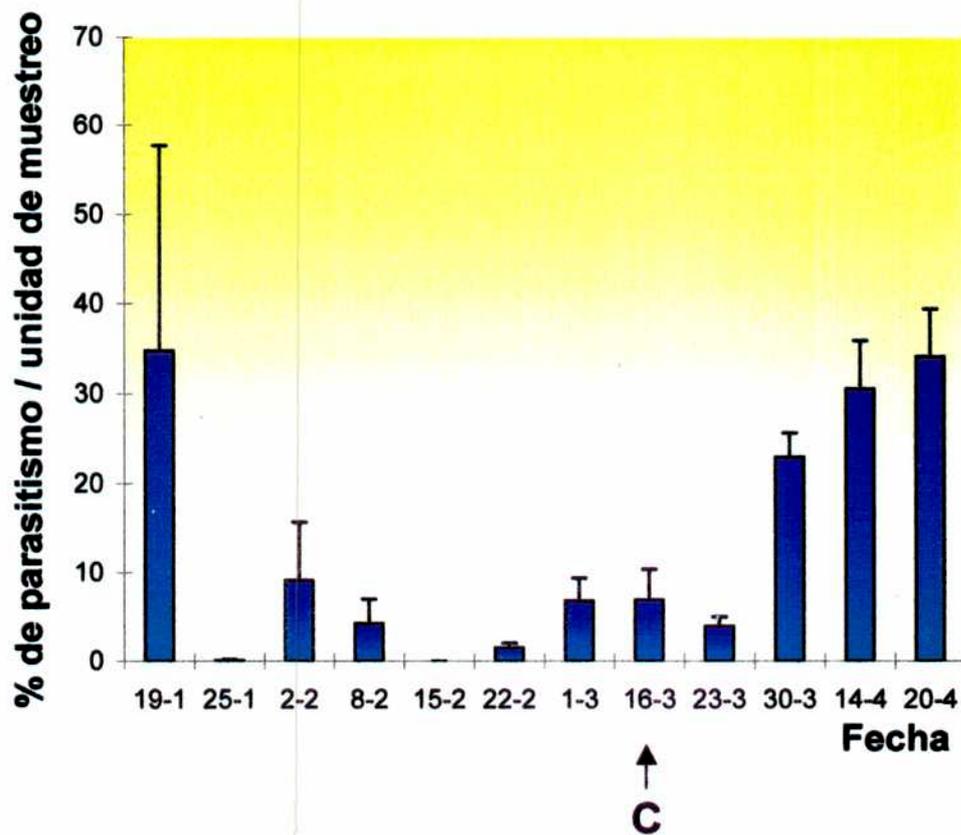
El nivel de parasitismo espontáneo hallado permitió considerar a *E. corni* como un posible candidato para ser empleado en estrategias aumentativas de control biológico de *T. vaporariorum* en invernáculos. Existen en este sentido antecedentes alentadores como los resultados obtenidos por Simmonds & Minkenberg (1994) quienes consiguieron mejorar sustancialmente el control biológico natural de *B. tabaci* en algodón mediante liberaciones inundativas de *Eretmocerus nr. californicus* en jaulas de campo.

Por lo general el control biológico de *T. vaporariorum* en invernáculos es realizado mediante el empleo de *E. formosa* en estrategias aumentativas (Benuzzi *et al.*, 1990; Eggenkamp-Rotteveel Mansveld *et al.*, 1982; Nicoli & Benuzzi, 1989). Estas experiencias son conducidas en países con condiciones climáticas diferentes, y con sistemas de producción bajo cubierta más sofisticados (invernáculos de paredes de vidrio climatizados) que los que hay en la Argentina. En este sentido, los resultados de este estudio indicarían una alta adaptación de *E. corni* a las condiciones de los invernáculos comerciales de nuestro país, lo que constituye uno de los requisitos necesarios para considerar a un enemigo natural como un agente potencialmente apto para el control de la plaga.

**Figura 4: Densidad de adultos y de estadios inmaduros de *Trialeurodes vaporariorum***  
 (Media + error estándar; **C1**: cambio de unidad de muestreo para densidad de adultos; **C2**: cambio de unidad de muestreo para estadios inmaduros)



**Figura 5: Parasitismo de *Trialeurodes vaporariorum* por *Eretmocerus corni***  
(Media + error estándar; C: cambio de la unidad de muestreo)



## II-b. Tiempo de desarrollo preimaginal de *Encarsia formosa* y de *Eretmocerus corni*.

### Introducción

La evaluación de los atributos biológicos de un enemigo natural previa a su empleo en el campo, constituye un aspecto de gran importancia en todo proyecto de control biológico de plagas (De Bach, 1964). Los estudios de evaluación proporcionan una base de juicio más racional para interpretar los resultados que podrían surgir de la práctica del control biológico (Price, 1972), y contribuyen a disminuir los riesgos que se asumen al intentar predecir la efectividad de un enemigo natural para controlar una plaga (Greathead, 1986; van Lenteren & Woets, 1988). Asimismo, algunos resultados variables observados en distintos proyectos de control biológico han podido ser explicados gracias a este tipo de estudios (van Lenteren & Woets, 1988).

Entre las características biológicas importantes de un parasitoide se encuentra el tiempo de desarrollo preimaginal, cuyo conocimiento permite entre otras cosas:

- 1) estimar el potencial del parasitoide como agente de biocontrol, puesto que el tiempo de desarrollo preimaginal se relaciona inversamente con la tasa de incremento poblacional ( $r_m$ ) a través del tiempo generacional (T) (ver Capítulo II-c). Tanto un desarrollo breve como una fecundidad elevada son características deseables en un enemigo natural, ya que aumentan su potencialidad para controlar a la plaga (De Bach, 1964),.
- 2) hacer más eficiente la cría del enemigo natural,
- 3) ajustar los tiempos de liberación del parasitoide en el campo.

Sobre la base de lo expuesto el presente estudio tuvo por objetivo determinar el tiempo de desarrollo preimaginal de *E. formosa* y *E. corni* en condiciones de laboratorio a dos temperaturas constantes.

## Material y métodos

Se utilizó como planta hospedera el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill., var. platense).

La experiencia fue realizada según un diseño experimental completamente aleatorizado. El tiempo de desarrollo (TdD) de los parasitoides en días se estimó para los siguientes períodos de desarrollo (PdD): de huevo a pupa (H-P), de pupa a adulto (P-A) y de huevo a adulto (H-A), a dos temperaturas: 26°C y 30°C. La primera es la temperatura media utilizada para la cría de los parasitoides, mientras que la segunda es aproximadamente la temperatura media alcanzada en un invernáculo convencional de producción de tomate durante el verano (Botto, comunicación personal).

Los parasitoides fueron expuestos a su huésped en jaulitas-clip (3 cm de diámetro), a razón de dos hembras adultas de *E. formosa* o una pareja de *E. comi* (de menos de 48 horas de vida) por jaulita-clip. Cada una de éstas fue expuesta durante cuatro horas a cohortes de más de 20 ninfas de mosca blanca del 3<sup>er</sup> y 4<sup>o</sup> estadio. Se utilizaron para cada especie 3 jaulitas-clip para cada combinación período evaluado-temperatura. El TdD y sexo de cada individuo de la progenie (F<sub>1</sub>) fue registrado.

La experiencia se desarrolló en dos cámaras de cría climatizadas con las siguientes condiciones ambientales: 1) temperatura: 26°C ± 1°C, HR: 30-75%, fotoperíodo: 14L:10O, y 2) temperatura: 30 ± 1°C, HR: 30-65%, fotoperíodo: 14L:10O.

Las diferencias en el TdD de los parasitoides entre especies, períodos de desarrollo (PdD), sexos y condiciones de temperatura fueron examinadas mediante análisis de varianza (ANOVA), previa transformación de los datos por el logaritmo natural. La separación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) (Sokal & Rohlf, 1981).

## Resultados y discusión

No se observaron diferencias significativas en el tiempo de desarrollo preimaginal (H-A) entre hembras y machos de *E. comi* ( $F_{1,66} = 0,03$ ;  $P = 0,85$ ), razón por la cual fueron considerados conjuntamente en análisis posteriores. Este

resultado es coincidente con el hallado por Gerling (1966b) para *E. californicus* Howard.

Respecto del tiempo de desarrollo total de H-A, *E. formosa* presentó un desarrollo más rápido que *E. corni* a ambas temperaturas ( $F_{1,185} = 1211,69$ ;  $P=0,000$ ). Las dos especies alcanzaron el estado adulto más lentamente a 26°C que a 30°C ( $F_{1,185} = 201,25$ ;  $P = 0,000$ ) (Tabla 4).

**Tabla 4: Tiempo de desarrollo preimaginal de *Encarsia formosa* y *Eretmocerus corni* sobre *Trialeurodes vaporariorum***  
(Media  $\pm$  desvío estándar en días; n= número de individuos).

ESPECIE	PERIODO DE DESARROLLO	Temperatura (°C)	n	TIEMPO DE DESARROLLO
<i>Encarsia formosa</i>	Huevo-Pupa	26	62	7,03 $\pm$ 0,90
		30	68	6,25 $\pm$ 0,85
	Pupa-Adulto	26	58	7,55 $\pm$ 0,80
		30	75	5,81 $\pm$ 0,71
	Huevo-Adulto	26	58	15,05 $\pm$ 1,10
		30	61	12,25 $\pm$ 0,79
<i>Eretmocerus corni</i>	Huevo-Pupa	26	45	13,36 $\pm$ 0,74
		30	29	12,38 $\pm$ 1,08
	Pupa-Adulto	26	48	6,94 $\pm$ 0,73
		30	22	7,14 $\pm$ 0,35
	Huevo-Adulto	26	48	19,81 $\pm$ 0,84
		30	22	19,27 $\pm$ 0,94

El ANOVA de tres factores (especie, PdD (H-P y P-A), temperatura) indicó que (Tabla 4): 1) *E. corni* tuvo siempre un desarrollo más lento que *E. formosa* excepto para el período P-A a 26°C; 2) el tiempo transcurrido H-P fue el mismo que de P-A para *E. formosa*, en tanto para *E. corni* el desarrollo de H-P fue más lento que de P-A; y 3) *E. formosa* se desarrolló en todos los períodos más lentamente a 26°C que a 30°C, mientras que para *E. corni* el desarrollo de H-P fue más lento a

26°C que a 30°C, pero el de P-A no presentó diferencias entre temperaturas ( $P < 0,05$ ).

Los desarrollos observados para *E. formosa* fueron consistentes con los hallados por Arakawa (1982) a 25°C, Burnett (1949) a 24°C y 30°C y Nechols & Tauber (1977) a 25°C sobre *T. vaporariorum*, y con el tiempo registrado por Enkegaard (1993) a 28°C sobre *B. tabaci*; pero fue menor que el registrado por Shishehbor & Brennan (1996a) a 25°C y 30°C sobre *T. ricini* (Misra).

Con respecto a *E. comi*, no obstante las diferentes condiciones experimentales (insecto huésped, planta hospedera, condiciones de temperatura y humedad, etc.) los tiempos de desarrollo obtenidos en este estudio fueron similares a los hallados en la bibliografía para otras especies del mismo género, con excepción del registrado por Gameel (1969) (Tabla 5). Se observó la relación inversa existente entre temperatura y duración del desarrollo de estados inmaduros también hallada por Powell & Belows (1992); Sengonca *et al.* (1994a); Sharaf & Batta (1985) y Tawfik *et al.* (1979).

En vista del uso potencial de estos parasitoides para el control biológico de *T. vaporariorum*, es importante comparar la duración de su desarrollo con la del huésped. *E. formosa* se desarrolló más rápidamente que el adulto de mosca blanca para intervalos de temperatura de 24 a 26°C y de 27 a 30°C (Capítulo I; Vet *et al.*, 1980). En el caso de *E. comi*, el tiempo de desarrollo del adulto parasitoide a 26°C y a 30°C resultó semejante o levemente menor que el de la mosca blanca (Capítulo I; Vet *et al.*, 1980).

## Conclusiones

Es importante destacar que los estudios sobre duración del desarrollo realizados a temperatura constante deben considerarse de carácter orientativo, y que la extrapolación de sus resultados a condiciones naturales donde la temperaturas fluctúan debe hacerse con precaución. Con esta aclaración en mente, los resultados de este estudio permitirían concluir que el ciclo de desarrollo más breve de *E. formosa*, en relación al de *E. comi* y *T. vaporariorum*, le confiere una ventaja relativa como agente de biocontrol de la plaga.

**Tabla 5: Tiempo medio de desarrollo preimaginal (en días) de *Eretmocerus* spp. registrado por otros autores**

(T= temperatura; PdD= período de desarrollo; H-A= huevo-adulto; H-P= huevo-pupa; "palán-palán"= *Nicotiana glauca*, Solanaceae) .

T (°C)	Insecto huésped	PdD	Tiempo de desarrollo	Planta hospedera	Referencia
22,0	<i>T. vaporariorum</i>	H-P	16,0	Algodón	Gerling (1966 b)
22,0	<i>T. vaporariorum</i>	H-A	27,0	Algodón	Gerling (1966 b)
26,7	<i>T. vaporariorum</i>	H-A	20,0	"Palán-palán"	Vet & van Lenteren (1981)
25,0	<i>B. tabaci</i>	H-P	12,5	Algodón	Foltyn & Gerling (1985)
25,0	<i>B. tabaci</i>	H-A	20,5	Algodón	Foltyn & Gerling (1985)
27-30	<i>B. tabaci</i>	H-A	28-32	Algodón	Gameel (1969)
29,0	<i>B. tabaci</i>	H-A	18,3-19,1	Algodón	Powell & Bellows (1992)
25,0	<i>B. tabaci</i>	H-A	16,0	Tomate	Sharaf & Batta (1985)
29,8	<i>B. tabaci</i>	H-P	11,5	Batata	Tawfik <i>et al.</i> (1979)
29,8	<i>B. tabaci</i>	H-A	17,9	Batata	Tawfik <i>et al.</i> (1979)
24,0 - 28,0	<i>B. argentifolii</i>	H-A	16,4	<i>Hibiscus</i>	McAuslane & Nguyen (1996)

## II-c. Parámetros poblacionales de *Encarsia formosa*.

### Introducción

La eficiencia de un parasitoide puede ser descripta según Huffaker *et al.* (1976) sobre la base de cuatro características principales: 1. su adaptación a las condiciones físicas medioambientales, 2. su capacidad de búsqueda, incluyendo su movilidad general, 3. su poder de incremento poblacional en relación al huésped y su capacidad de parasitarlo, 4. otros factores intrínsecos como la especificidad y sincronización con el huésped, etc. La importancia relativa de estas características dependerá de la estrategia de control biológico a utilizar (van Lenteren & Woets, 1988).

Entre los atributos biológicos que determinan el incremento de la población de un parasitoide se destacan, entre otros, el tiempo de desarrollo, la capacidad reproductiva y la supervivencia. Bajo condiciones no limitadas y asumiendo para las poblaciones una estructura estable de edades, los atributos referidos son convenientemente descriptos por la tasa intrínseca de incremento poblacional  $r_m$  (Southwood, 1978). La importancia de estimar  $r_m$  para los enemigos naturales, ha sido analizada por Messenger (1964), quien destaca el valor de este parámetro según tres criterios: a) para conocer el potencial de crecimiento de la población bajo determinadas condiciones, aun cuando éstas sean ideales; b) como índice de la respuesta de la especie a los factores bioclimáticos y c) para comparar el crecimiento del enemigo natural y su huésped/presa, o de distintos enemigos naturales bajo idénticas condiciones. Este último aspecto ha sido también utilizado para poder discriminar entre potenciales biotipos de un mismo enemigo natural (Botto, 1990).

Los estudios que contemplan la evaluación de la tasa de incremento poblacional de *E. formosa* son escasos (Arakawa, 1982; Enkegaard, 1993; Shishehbor & Brennan, 1996a). En tal sentido, el objetivo de esta investigación fue evaluar éste y otros parámetros poblacionales de la población local del parasitoide.

### Material y métodos

Para el estudio de los parámetros poblacionales de *E. formosa* se

emplearon técnicas de tablas de vida y de fertilidad (Southwood, 1978).

Plantas de tomate desarrolladas en invernáculo, fueron infestadas con 50-70 adultos de mosca blanca, dispuestos en jaulitas-clip de 3 cm de diámetro ubicadas sobre los folíolos de las plantas, a fin de que ovipusieran. Se empleó un máximo de 4 jaulitas/planta. Tras 24 h de infestación, las jaulitas y los adultos se retiraron. Este procedimiento se efectuó diariamente durante 30 días posibilitando la obtención de varias cohortes del huésped, las que se mantuvieron en una cámara a  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ , HR:50-70%, hasta que las ninfas alcanzaron el 3<sup>er</sup> y 4<sup>o</sup> estadio (aproximadamente unos 14 días).

Un total de 16 hembras de *E. formosa*, de menos de 21 h de vida y sin experiencia previa de parasitismo ("naive"), fueron expuestas individualmente (en jaulitas similares a las descritas) a las cohortes de aproximadamente 20-60 ninfas de *T. vaporariorum*. Una traza de miel en cada jaulita sirvió como alimento para los parasitoides. Las condiciones ambientales durante la exposición fueron: temperatura:  $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ , HR: 50-80%, fotoperíodo: 14L:10O, iluminación provista por 6 tubos fluorescentes de 40W. Cada 24 h y durante la vida reproductiva, cada hembra parasitoide fue expuesta a nuevas cohortes del huésped similares a las descritas. Las plantas con las cohortes de moscas blancas expuestas al parasitoide fueron colocadas en una cámara con condiciones ambientales semejantes a las ya referidas. Diariamente y para cada hembra del parasitoide se registraron el número de ninfas del huésped parasitadas, reconocidas por su color negro, y la progenie (adultos de la generación filial -F<sub>1</sub> -).

Para la construcción de la tabla de vida y de fertilidad de *E. formosa* se registraron la edad del parasitoide en cada estado de desarrollo expresada en días (x) y la proporción de sobrevivientes ( $l_x$ ) a la edad x.

La estimación de la  $l_x$  de los estados inmaduros de endoparasitoides es en general difícil para las etapas del desarrollo que transcurren entre la oviposición y el estado de pupa, dado que requiere de la disección de una gran cantidad de ninfas parasitadas durante cada día del desarrollo. Debido a la falta de suficiente material, y no obstante cometer una sobreestimación, se utilizó como  $l_x$  preimaginal para la construcción de la tabla de vida, la  $l_x$  del período pupal. Esta se estimó como la proporción del número de adultos nacidos de la F<sub>1</sub> respecto del total de pupas

formadas.

La fertilidad específica por edades de los adultos ( $m_x$ ) se expresó de dos maneras, como el promedio de prole hembra/hembra de la edad  $x$ /día y como el promedio de ninfas parasitadas/hembra/día.

Los siguientes parámetros poblacionales fueron estimados:

-**Tasa neta de reproducción ( $R_0$ )**: promedio de descendientes hembras producidos por un individuo en el transcurso de su vida (Begon *et al.*, 1988). Indica la capacidad de multiplicación de la población en el lapso de una generación.

$$R_0 = \sum l_x m_x$$

-**Tiempo de generación de la cohorte ( $T$ )**: tiempo promedio que transcurre desde que un individuo nace hasta que alcanza la edad reproductiva promedio ponderada del estado adulto (Messenger, 1964).

$$T = \sum x l_x m_x / R_0$$

-**Tasa intrínseca de crecimiento poblacional ( $r_m$ )**: representa el crecimiento poblacional de tipo instantáneo. Es estimada a partir de la siguiente ecuación:

$$\sum l_x m_x e^{-r_m x} = 1 \quad (\text{Birch, 1948})$$

-**Tiempo de duplicación**: tiempo requerido por una población para duplicar su número (Messenger, 1964). Se calcula a partir de:

$$t = \ln 2 / r_m$$

Para el cálculo de estos parámetros poblacionales se utilizó el programa Life48 (Abou-Setta *et al.*, 1986).

## Resultados y Discusión

### Supervivencia de los estados inmaduros

La  $l_x$  del período pupal fue de 96.6 % (d.s: 1.9; n: 16). Este valor de  $l_x$  resultó comparativamente mayor que el obtenido por Agekyan (1981) (56-75%) a 21-24°C, pero semejante al registrado por Nechols y Tauber (1977) a 25±2°C (87-93%). Cabe reiterar que esta  $l_x$  fue utilizada como la  $l_x$  preimaginal de *E. formosa* para la construcción de la tabla de vida, no obstante constituir una aproximación (sobrestimación), ya que sólo considera el lapso pupa - adulto, y no considera la

mortalidad de huevos y larvas.

La elevada supervivencia del estado de pupa registrada en este estudio resultó de interés considerando la importancia que tiene este parámetro en la determinación de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional ( $r_m$ ).

### **Longevidad, supervivencia y fertilidad del adulto**

La longevidad de los adultos resultó en promedio de 10,4 días variando entre 3 y 20 días. La longevidad máxima fue menor que aquella observada para hembras no expuestas al huésped y alimentadas con miel (36 días) (López, datos no publicados).

La longevidad media resultó semejante a las halladas por Burnett (1949) sobre *T. vaporariorum* a 27°C, y por Enkegaard (1993) sobre *B. tabaci* a 28°C, pero fue mayor que las registradas por Heinz & Parrella (1994) sobre *B. argentifolii* Bellows y Perring a 27,6°C y por Shishehbor & Brennan (1996a) sobre *T. ricini* a 25°C. Se hace difícil establecer si esta disparidad de resultados es el producto de las características intrínsecas de las poblaciones del parasitoide utilizadas (respuesta adaptativa) o se debe a las condiciones experimentales empleadas (especies de insecto huésped, valor nutricional de las ninfas y del "honeydew", planta hospedera, temperatura, fotoperíodo, etc.).

Tanto la supervivencia como la fertilidad de *E. formosa* fueron evaluadas mediante el análisis de las curvas  $l_x - m_x$  (Figura 6). La curva  $l_x$  refleja una alta supervivencia de los adultos de *E. formosa*, ya que 50% de los individuos de la población ( $l_{x50\%}$ ) sobrevive hasta alcanzar aproximadamente la mitad de su edad reproductiva (8° - 9° d), lo que permite al parasitoide expresar un elevado porcentaje de su potencial reproductivo en el laboratorio.

La curva de  $m_x$  (progenie hembras/hembra/día) de *E. formosa*, muestra una fertilidad variable pero continua hasta la muerte de los adultos (Figura 6). Si bien no fue posible describir un período de fertilidad máxima, la  $m_x$  decreció significativamente con el aumento de la edad reproductiva (coeficiente de correlación de Kendall  $t = -0,27$ ,  $n = 20$ ,  $P < 0.05$ ) (Daniel, 1978). Este patrón de oviposición fue semejante al hallado por Vet & van Lenteren (1981) a una temperatura inferior (17°C) y una mayor disponibilidad de huéspedes (75-100

ninfas/día), pero no coincidió con los hallados para éste u otros afelinidos, como *Encarsia formosa* (Arakawa, 1982), *Prospaltella perniciosi* Tower (= *Encarsia perniciosi*) y *Encarsia pergandiella* Howard (Gerling, 1966a), *Encarsia deserti* Gerling y Rivnay (Gerling et al., 1987), *Encarsia inaron* (Walker) (Gould et al., 1995) y *Eretmocerus* spp. (MacAuslane & Nguyen, 1996; Powell & Bellows, 1992) en los que el período de oviposición se concentró en los primeros 10 a 15 días independientemente de la longevidad de la hembra. De acuerdo con Gerling (1966a) una alta disponibilidad de huéspedes determinaría un patrón de oviposición tal que, tras un pico inicial, la oviposición cesaría debido a un agotamiento de la provisión de huevos del parasitoide. Por el contrario, una baja disponibilidad de huéspedes determinaría un patrón de oviposiciones que abarcaría toda la vida reproductiva del parasitoide. De acuerdo con estudios de respuesta funcional realizados (Capítulo II-d), la disponibilidad de huéspedes ofrecida a *E. formosa* en este trabajo (20-60 ninfas/día) no habría limitado la actividad de oviposición del parasitoide, al menos para los cinco primeros días de vida reproductiva.

Si bien otros autores expresaron  $m_x$  en función del número de huevos y no de progenie femenina como en este trabajo, debido a la baja mortalidad preimaginal de *E. formosa* sobre *T. vaporariorum* (Arakawa, 1982), se considera válida la comparación de los resultados. Así, la  $m_x$  media estimada en este estudio ( $15,2 \pm 4,6$  hembras/hembra/día;  $n=20$ ), resultó similar en magnitud a la registrada por Arakawa (1982) (10-20 huevos/hembra/día). Sin embargo, fue mayor que la fecundidad media diaria de *E. formosa* evaluada en otros estudios de laboratorio. Burnett (1949) observó una producción media de 2,74 huevos/hembra/día a 24°C y 5,30 huevos/hembra/día a 27°C sobre *T. vaporariorum*, aunque vale aclarar que este autor ofrecía diariamente a las hembras una cantidad muy pequeña de ninfas para parasitar (4 a 5). Heinz & Parrella (1994) estimaron un parasitismo de 8 ninfas a lo largo de 3 días sobre *Bemisia argentifolii* a 27,6°C. Finalmente, la fecundidad media diaria hallada por Shishehbor & Brennan (1996a) sobre *T. ricini* a 25°C fue de 6,7 huevos/hembra/día.

La fertilidad total media registrada durante la edad reproductiva ( $\Sigma m_x$  media = 303,3 hembras/hembra) resultó más baja que la obtenida por Arakawa (1982) ( $\Sigma m_x = 423,7$  huevos/hembra) debido a la menor longevidad promedio, pero

fue comparativamente mayor que los valores obtenidos por Agekyan (1981) ( $\Sigma m_x = 50-120$  huevos/hembra) y por Burnett (1949) (32,67 huevos/hembra a 24°C y 30,50 huevos/hembra a 27°C) y los citados por Vet *et al.* (1980) (entre 100 y 150 huevos/hembra), en todos los casos sobre *T. vaporariorum*. Shishehbor & Brennan (1996a) hallaron una media de 36,1 huevos / hembra sobre *T. ricini* a 25°C.

La  $m_x$  estimada en función de las ninfas parasitadas/hembra/día produjo una curva de fertilidad semejante a la de la Figura 6. Este resultado es lógico si se tiene en cuenta que la mortalidad durante el período pupa-adulto no superó 4%, y que toda la descendencia es femenina.

### **Tasa neta de reproducción, tiempo generacional, tasa intrínseca de crecimiento poblacional y tiempo de duplicación**

Se estimaron los siguientes parámetros poblacionales para *E. formosa*:  $R_0 = 150,48$  hembras/hembra;  $T = 17,99$  días;  $r_m = 0,279$  hembras/hembra/día y  $t = 2,49$  días. Estos resultados indican que la población local de *E. formosa* es capaz de incrementarse a 26°C duplicando su tamaño en aproximadamente 2,5 días.

La  $R_0$  basada en la cantidad de ninfas parasitadas/hembra resultó mayor debido a que no incluye la mortalidad que ocurre durante el estado de pupa del parasitoide (4%). Sin embargo, esta variación de  $R_0$  no provocó cambios importantes en el valor de  $r_m$  (0,281 ninfas parasitadas/hembra/día). En general los factores que afectan la duración del ciclo de vida, y en consecuencia el valor de  $T$ , ejercen efectos más importantes sobre  $r_m$  que aquellos factores que afectan la productividad numérica (fertilidad) (Messenger, 1964). No obstante, es importante tener presente las consideraciones expuestas, por cuanto condiciones ambientales distintas de las ensayadas aquí, podrían producir un aumento importante en la mortalidad específica en las formas inmaduras (ej., pupa) provocando una disminución significativa de  $r_m$ .

Los valores de  $R_0$  de *E. formosa* sobre *T. vaporariorum* estimados por Arakawa (1982) a 25°C fueron mayores que el registrado en este estudio (393,5 a 398,0 huevos/hembra dependiendo del estadio ninfal ofrecido). Pero dado que este autor midió un tiempo generacional también mayor (27,53 a 28,53 días), la  $r_m$  resultó menor que la aquí hallada (0,252 a 0,264 huevos/hembra/día).

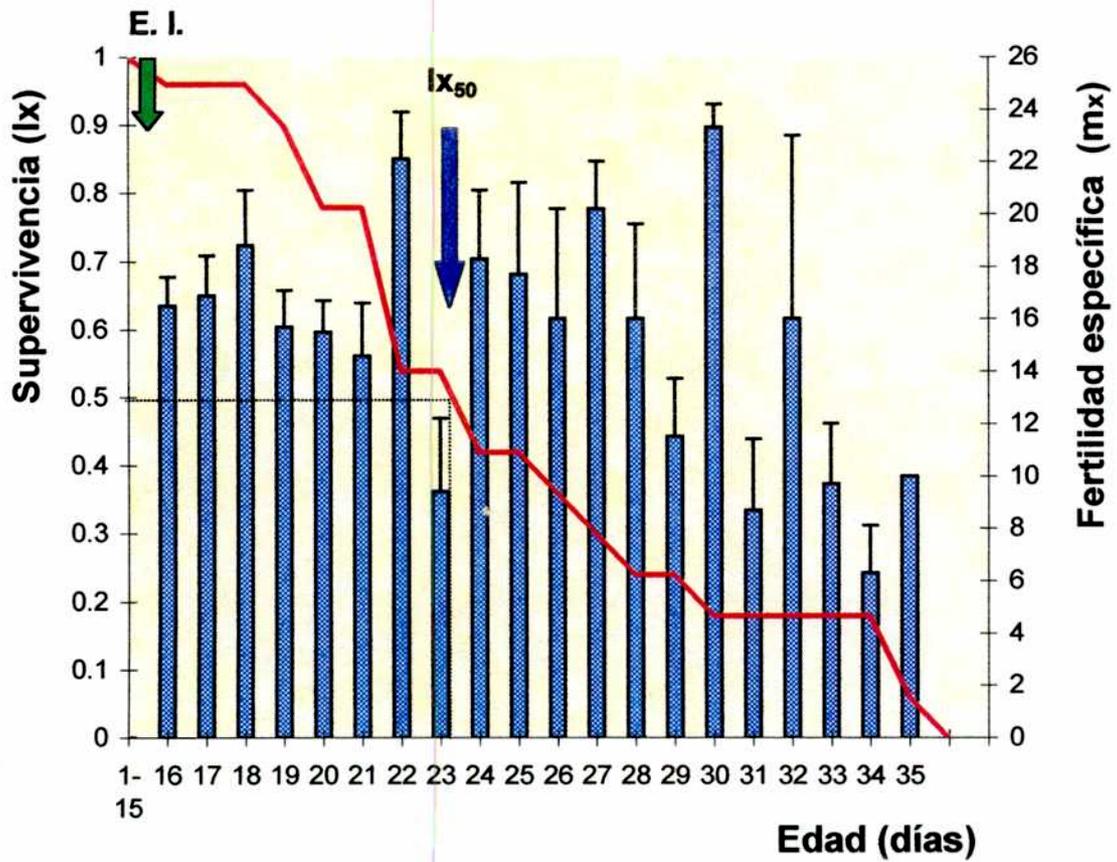
Con respecto a los parámetros poblacionales del parasitoide sobre otras especies huéspedes, tanto Enkegaard (1993) sobre *B. tabaci* a 22°C y 28°C como Shishehbor & Brennan (1996a) sobre *T. ricini* a 25°C, registraron tasas netas de reproducción y de incremento poblacional menores que las de este trabajo, así como tiempos generacionales más prolongados. Este resultado refleja la mayor mortalidad preimaginal y menor supervivencia, fecundidad y longevidad de *E. formosa* sobre estas especies huéspedes, a las que el parasitoide parece estar menos adaptado y respecto de las cuales tendría un potencial de control limitado.

La  $r_m$  de *E. formosa* fue comparativamente superior a la referida por Zabudskaya (1989) para *T. vaporariorum* ( $r_m = 0.061$  hembras/hembras/día) trabajando a una temperatura de 27°C. Este resultado es alentador ya que indica que la población local del parasitoide poseería una tasa de incremento superior a la de su huésped, requisito fundamental de un agente de biocontrol eficiente.

## Conclusiones

La evaluación de los principales atributos biológicos de *E. formosa* indican que posee una elevada capacidad intrínseca de crecimiento, producto de: a) el elevado número de descendientes que deja cada hembra durante toda su vida; b) la progenie totalmente femenina; c) la elevada supervivencia preimaginal y del adulto, y d) el tiempo generacional corto. Estos resultados, analizados en relación con los datos disponibles sobre la plaga y otras poblaciones del parasitoide, permiten concluir que la población local de *E. formosa* tiene atributos que la convierten en un potencial agente de biocontrol de *T. vaporariorum*.

**Figura 6: Supervivencia (lx) y fertilidad específica (mx) de *Encarsia formosa***  
 (Media + error estándar; E.I.: estados inmaduros)



## II-d. Efecto de la densidad del huésped sobre el parasitismo y la eficiencia de búsqueda de *Encarsia formosa*

### Introducción

Una elevada eficiencia de búsqueda, es decir la habilidad de encontrar y utilizar al huésped aun a bajas densidades, es uno de los atributos biológicos de mayor importancia en cuanto a la efectividad de un enemigo natural, especialmente si se considera que el objetivo básico del control biológico es mantener a la plaga en densidades que no provoquen daños económicos. Dicha eficiencia puede ser afectada por diversos factores, tales como la densidad del parasitoide, la densidad y distribución del huésped, la presencia de especies competidoras y huéspedes alternativos, el clima, etc.

La capacidad de búsqueda de un enemigo natural puede ser evaluada a través del análisis de su respuesta funcional, esto es, la relación entre la tasa de ataque y la densidad del huésped (Hassell, 1978).

Algunos autores han evaluado la eficiencia de búsqueda de *E. formosa* a través de su respuesta funcional en laboratorio (Arakawa, 1981; Enkegaard, 1994; Perera, 1982; Shishehbor & Brennan, 1996b), en tanto otros lo han hecho en invernáculo, sobre la base de la capacidad de dispersión en la superficie en estudio, y la presencia de parasitismo en áreas con baja densidad de mosca blanca (Eggenkamp-Rotteveel Mansveld *et al.*, 1982).

El propósito de esta investigación fue analizar la influencia de la densidad del huésped sobre el parasitismo y la eficiencia de búsqueda de *E. formosa* en condiciones de laboratorio.

### Material y métodos

Los parámetros biológicos parasitismo y capacidad de búsqueda del parasitoide se estimaron en los siguientes niveles de disponibilidad de huéspedes: 5 (intervalo 4-6), 10 (intervalo 8-12), 20 (intervalo 18-22), 40 (intervalo 36-41) y 60 (intervalo 53-62) ninfas por día. Cada densidad se logró separando las ninfas del 3<sup>er</sup> y 4<sup>o</sup> estadio de *T. vaporariorum* mediante el uso de un microscopio estereoscópico (100X-300X).

Hembras de *E. formosa* de menos de 17 h de vida sin experiencia previa de parasitismo ("naive"), fueron asignadas al azar a cada uno de los cinco tratamientos (densidad de huésped). Las hembras fueron expuestas a las ninfas individualmente en jaulitas-clip de 3 cm de diámetro, siendo transferidas a nuevos folíolos con huéspedes cada 24 h y durante los primeros cinco días de vida de la edad reproductiva del parasitoide. Este lapso de tiempo corresponde aproximadamente a la mitad de la longevidad promedio de las hembras cuando a estas se les permite oviponer y alimentarse sobre su huésped en condiciones de laboratorio (Capítulo II-c). En cada jaulita-clip se colocó una traza de miel como suplemento alimenticio.

El número de hembras evaluado (réplica) para cada densidad fue 10.

El estudio se condujo bajo las siguientes condiciones ambientales: temperatura=  $26 \pm 1^\circ\text{C}$ , HR= 40-60%, fotoperíodo= 14L:10O, iluminación provista por seis tubos fluorescentes de 40 W.

Se estimó el número de ninfas parasitadas/hembra/día para cada densidad con el propósito de analizar el parasitismo diario y la respuesta funcional de *E. formosa*.

Para cada densidad de huésped, las diferencias en el número de ninfas parasitadas/hembra/día entre los cinco primeros días de vida del parasitoide, fueron evaluadas aplicando un ANOVA de dos factores sin repetición para la resolución de un diseño de medidas repetidas. Previamente se comprobó el supuesto de igualdad de los coeficientes de correlación entre tiempos (días) consecutivos (Sokal & Rohlf, 1981).

La respuesta funcional de *E. formosa* se analizó mediante la ecuación de Rogers (1972):

$$N_a = N \{1 - \exp [-T a / (1 + a T_h N)]\}, \text{ donde}$$

$N_a$ : número de ninfas parasitadas/hembra/día,

$N$ : número de ninfas expuesta al parasitoide/día,

$T$ : tiempo de exposición del parasitoide al huésped (14 horas de iluminación continua),

$T_h$ : tiempo de manipuleo,

$a$ : tasa de búsqueda del parasitoide.

Los datos se ajustaron mediante regresión no lineal (PROC NLIN) (SAS Institute, 1985). Los valores iniciales de los parámetros  $a$  y  $T_h$  de la respuesta funcional necesarios para correr el programa, fueron estimados a través del método de la transformación recíproca de la ecuación de Holling (1959) (Livdahl & Stiven, 1983).

El porcentaje (%) de parasitismo se estimó como el cociente entre el número de ninfas parasitadas y el total de ninfas expuestas durante los cinco días de exposición. Posibles diferencias en este parámetro entre las distintas densidades de huésped se analizaron mediante un ANOVA de un factor. Los datos fueron transformados según la función  $\arcsen(\% \text{ de parasitismo}/100)^{1/2}$ . Las medias se separaron mediante la prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) (Sokal & Rohlf, 1981).

## Resultados y discusión

### Parasitismo

La cantidad de ninfas parasitadas/hembra fue la misma para cada día de los primeros cinco días de la edad reproductiva, independientemente de la densidad del huésped disponible (densidad 60:  $F_{4,32}= 0,94$ ;  $P= 0,45$ ; densidad 40:  $F_{4,32}= 0,54$ ;  $P= 0,71$ ; densidad 20:  $F_{4,32}= 1,52$ ;  $P= 0,22$ ; densidad 10:  $F_{4,36}= 1,68$ ;  $P= 0,18$ ; densidad 5:  $F_{4,36}= 0,54$ ;  $P= 0,71$ ). El parasitismo fue significativamente variable entre las hembras de un mismo tratamiento, excepto para la densidad de 5 ninfas/día (densidad 60:  $F_{8,32}= 7,38$ ;  $P= 0,00$ ; densidad 40:  $F_{8,32}= 2,82$ ;  $P= 0,02$ ; densidad 20:  $F_{8,32}= 9,41$ ;  $P= 0,00$ ; densidad 10:  $F_{9,36}= 12,88$ ;  $P= 0,00$ ; densidad 5:  $F_{9,36}= 1,38$ ;  $P= 0,23$ ) (Figura 7).

El parasitismo diario uniforme observado aun para las densidades de huésped más elevadas difirió del hallado para otros afelínidos, los que bajo densidades no limitadas de huésped presentaron un pico inicial de parasitismo seguido por su declinación gradual (Arakawa, 1982; Gerling, 1966a; Gerling *et al.*, 1987; Gould *et al.*, 1995; Mackauer, 1982; McAuslane & Nguyen, 1996; Powell & Bellows, 1992). En este estudio *E. formosa* no presentó un incremento inicial o un pico de fertilidad con densidades de huésped elevadas (20 o más ninfas/día). Esto fue coincidente con lo mencionado por Vet & van Lenteren (1981) y en la sección c

de este capítulo, bajo condiciones experimentales de 17°C y 26°C respectivamente y con plena disponibilidad de huéspedes. Los resultados obtenidos parecerían indicar que, independientemente de la disponibilidad del recurso alimentario, *E. formosa* presenta un parasitismo aproximadamente constante durante su edad reproductiva.

### **Eficiencia de búsqueda**

La respuesta funcional del parasitoide, de acuerdo con el total de ninfas parasitadas/hembra/día durante el período estudiado, resultó ser del tipo II de Holling (Holling, 1959). Este resultado es coincidente con los obtenidos por Arakawa (1981) y Perera (1982) sobre *T. vaporariorum*, por Enkegaard (1994) sobre *B. tabaci* y por Shishehbor & Brennan (1996b) sobre *T. ricini*. El parasitismo aumentó a una tasa decreciente con el incremento en la densidad del huésped, alcanzando una meseta a partir de las 40 ninfas/día (Figura 8).

El parasitismo promedio máximo fue de 13,8 ninfas parasitadas/día para una densidad de 40 ninfas (Figura 8). Este valor fue superior a las 6,6 ninfas parasitadas/hembra/día obtenido por Perera (1982) para *E. formosa* trabajando en un intervalo de temperaturas de 18 a 22°C, pero semejante a las 12 ninfas atacadas que hallaron Shishehbor & Brennan (1996b) al estudiar la respuesta funcional del parasitoide sobre *T. ricini*.

El número máximo teórico de ninfas que pueden ser parasitadas por día, estimado por el cociente  $T/Th$  (Hassell, 1978), resultó ser 18,32. Este valor resultó mayor que los observados por Arakawa (1981) (10 a 14 ninfas parasitadas) sobre *T. vaporariorum*, por Enkegaard (1994) (10,4 ninfas) sobre *B. tabaci*, y por Shishehbor & Brennan (1996b) (13 ninfas parasitadas) sobre *T. ricini*, trabajando con un tiempo de exposición de las hembras parasitoides de 3 h, 16 h y 24 h respectivamente.

La eficiencia de búsqueda de *E. formosa* estimada con base en el porcentaje de parasitismo (pupas parasitadas x 100 / ninfas expuestas) resultó máxima con bajas densidades de huésped (Figura 9). Con el aumento de la disponibilidad de huéspedes, la eficiencia de búsqueda disminuyó significativamente ( $F= 7.48$ ;  $GL= 4,42$ ;  $P= 0.0001$ ). Para altas densidades de huésped el tiempo de manipulación total representó una proporción creciente del tiempo del consumidor,

lo que redujo el tiempo de búsqueda de nuevas ninfas. Esto determinó que el número de huéspedes parasitados permaneciera relativamente constante a pesar de su mayor disponibilidad. La elevada capacidad de parasitismo con bajas densidades de huésped cobra particular importancia en el marco de las prácticas habituales realizadas en Europa y América del Norte para el control de *T. vaporariorum* mediante el empleo de *E. formosa*. En estos países se ha demostrado que para que el control sea exitoso, la primera liberación de *E. formosa* debe realizarse al aparecer los primeros adultos de moscas blancas en el cultivo, es decir cuando la densidad de ninfas de la plaga es muy baja (Vet et al., 1980).

En este estudio no se pudo evaluar el "host feeding" practicado por *E. formosa*. Esta actividad causa mortalidad adicional a la provocada por el parasitismo, por lo que la capacidad para matar del parasitoide sería mayor que la aquí mencionada.

Es oportuno aclarar que, si bien los estudios de respuesta funcional en condiciones controladas permiten obtener información sobre la potencialidad de los agentes de biocontrol, sus resultados deben interpretarse con cautela, ya que son numerosos los factores, intrínsecos y extrínsecos, que condicionan dicha respuesta en la naturaleza. O'Neil (1989), trabajando con predadores en estudios comparativos de respuesta funcional bajo condiciones de laboratorio y de campo, observó que para una misma cantidad de presa, la tasa de predación en el campo es consistentemente menor debido a la dificultad del predador para encontrar a su presa distribuida en el follaje. Una de las consecuencias de esta sobreestimación de la eficiencia del predador bajo condiciones artificiales, sería la imposibilidad de identificar correctamente los niveles a partir de los cuales la plaga escaparía al control del enemigo natural (Wiedemann & O'Neil, 1991). Lamentablemente no siempre es factible reproducir en laboratorio las condiciones naturales, especialmente para sistemas biológicos complejos como el de *E. formosa* - *T. vaporariorum* - planta hospedera.

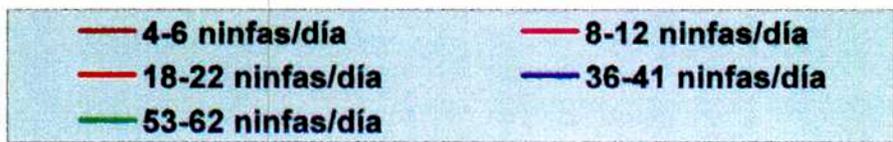
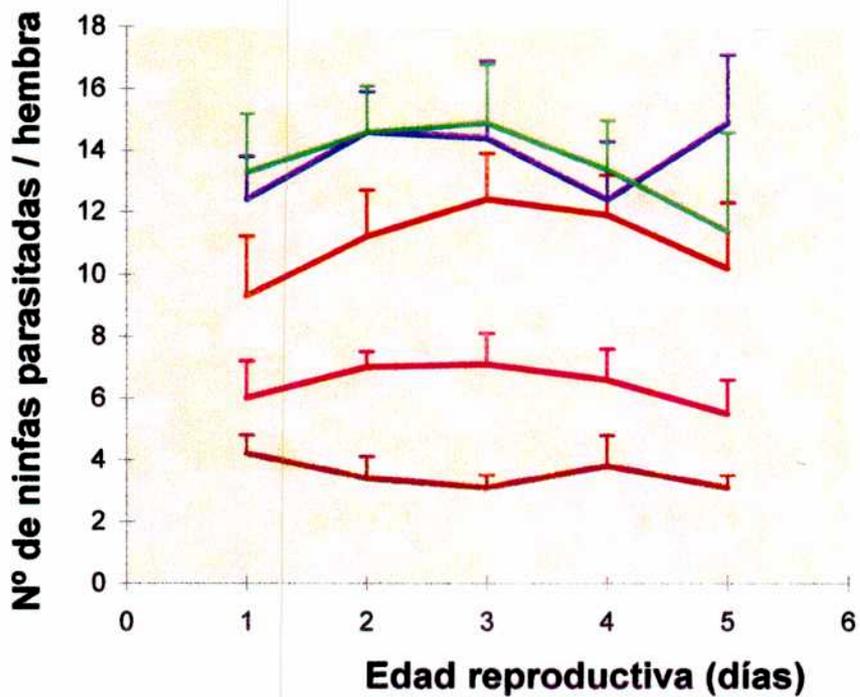
Desde un punto de vista teórico los estudios de respuesta funcional brindan información sobre la estabilidad de la interacción huésped-parasitoide. Así, la respuesta funcional de tipo II observada en este estudio contribuiría poco a dicha estabilidad (Hassell, 1978). Sin embargo en ambientes inestables como los

invernaderos donde *E. formosa* se emplea en estrategias de control biológico aumentativo, la estabilidad no sería una condición limitante.

### **Conclusiones**

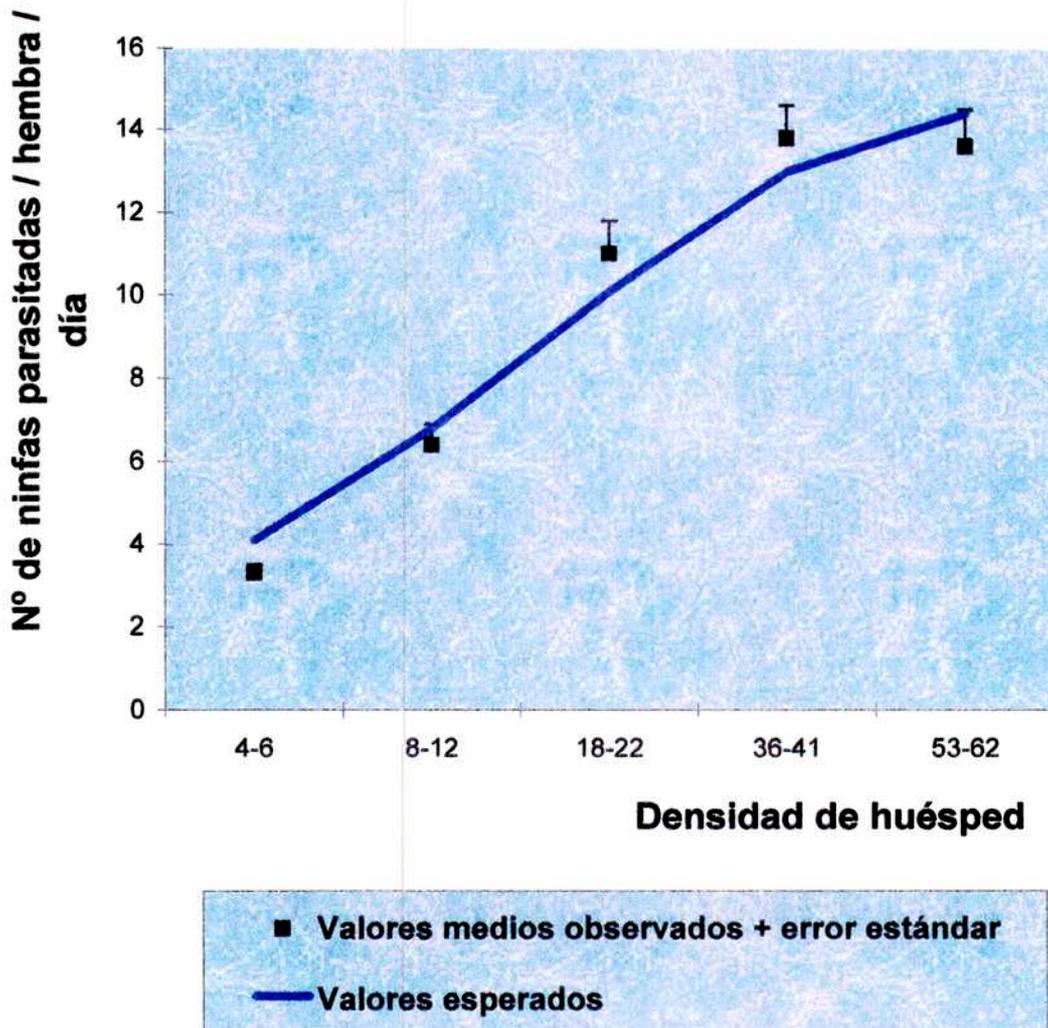
El presente estudio permite concluir que: 1) *E. formosa* presenta un parasitismo diario uniforme a lo largo de sus primeros cinco días de vida, independientemente de la cantidad de mosca blanca presente, 2) la eficiencia de búsqueda de *E. formosa* depende de la disponibilidad de huésped, siendo máxima con bajas densidades de ninfas, y 3) la respuesta funcional de tipo II tendría un efecto desestabilizador sobre la dinámica poblacional del huésped.

**Figura 7: Parasitismo de *Encarsia formosa* sobre distintas densidades de ninfas de *Trialeurodes vaporariorum***  
(Media + error estándar)

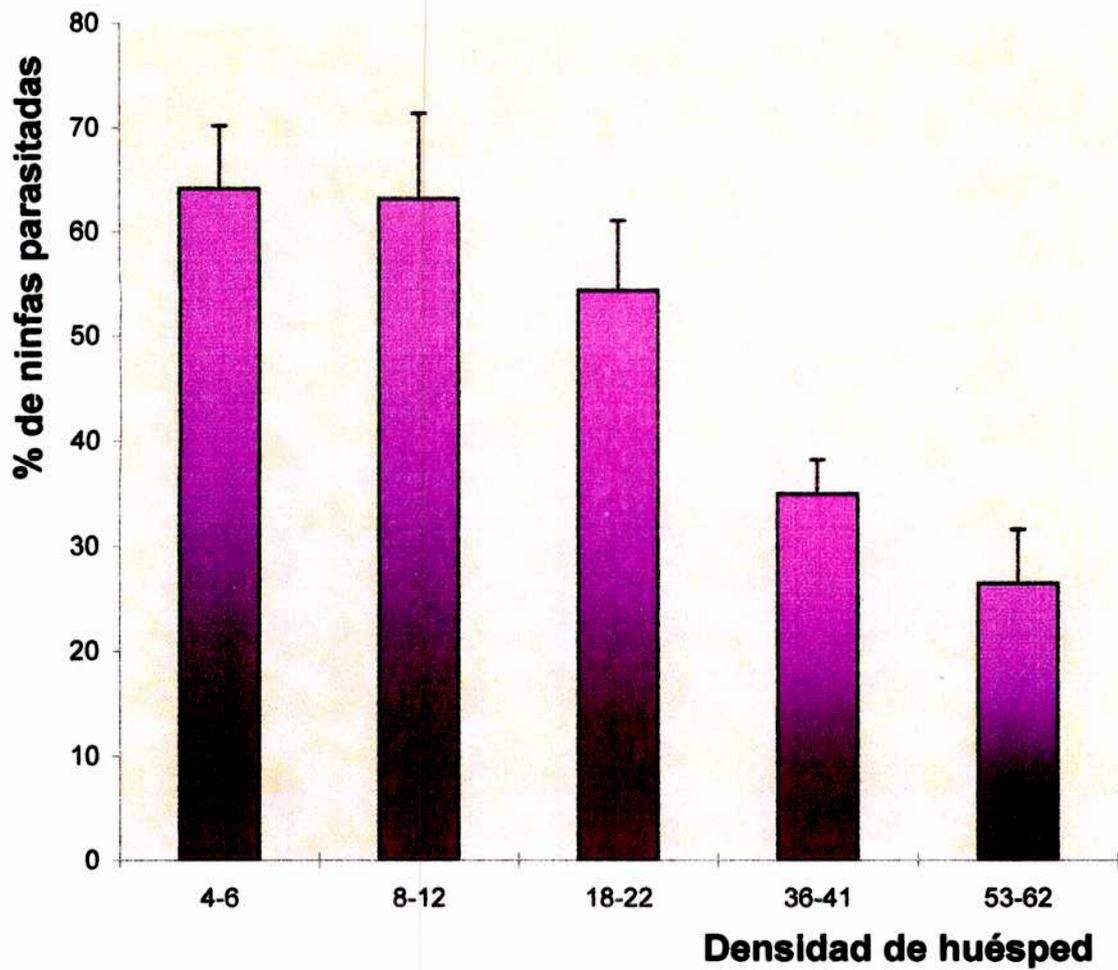


**Figura 8: Respuesta funcional de *Encarsia formosa* sobre *Trialeurodes vaporariorum***

Parámetros estimados: tasa de ataque ( $a$ )= 0,212 (IC 95%= 0,049-0,375); tiempo de manipuleo ( $T_h$ )= 0,764 (IC= 0,648-0,880) (Rogers, 1972)



**Figura 9: Eficiencia de búsqueda de *Encarsia formosa* sobre *Trialeurodes vaporariorum***  
(Media + error estándar)



## II-e. Parámetros poblacionales de *Eretmocerus corni*.

### Introducción

La presente sección tuvo por objetivo contribuir al conocimiento de atributos biológicos de *Eretmocerus corni*, parasitoide de *T. vaporariorum*, útiles para evaluar su potencial como agente de biocontrol de esta plaga. En tal sentido se procuró determinar los principales parámetros poblacionales de la especie.

### Material y métodos

Los atributos biológicos del parasitoide fueron estimados empleando técnicas de tablas de vida y de fertilidad (Southwood, 1978).

Para la obtención de las cohortes de huéspedes (ninfas de 3<sup>er</sup> y 4<sup>o</sup> estadio), se siguió el método descrito en la Capítulo II-c.

Diecinueve (19) parejas de *E. corni*, de menos de 24 h de vida, y sin experiencia previa de parasitismo ("naive"), fueron expuestas individualmente en jaulitas-clip a cohortes de aproximadamente 100 ninfas del 3<sup>er</sup> y 4<sup>o</sup> estadio de *T. vaporariorum* sobre plantas de tomate. Una traza de miel en cada jaulita sirvió como alimento para los parasitoides. Las condiciones ambientales durante la exposición fueron: temperatura:  $26 \pm 1^\circ\text{C}$ , HR: 30-70%, fotoperíodo: 14L:10O, iluminación provista por 4 tubos fluorescentes de 40W. Cada 24 h y durante la vida reproductiva de la hembra, cada pareja (o cada hembra en los casos en los que el macho murió), fue expuesta a nuevas cohortes del huésped similares a las descritas. Aquellos machos que murieron antes del 3<sup>er</sup> día de vida de la hembra fueron reemplazados por otro. Las plantas con las cohortes de moscas blancas expuestas fueron colocadas en una cámara en condiciones ambientales semejantes a las ya referidas. Diariamente y para cada hembra del parasitoide se registraron el número de ninfas del huésped parasitadas, reconocidas por su color anaranjado, y el número y sexo de la progenie ( $F_1$ ).

Para la construcción de las tablas de vida y de fertilidad de *E. corni* se registraron la edad del parasitoide en días ( $x$ ) y la proporción de hembras sobrevivientes ( $l_x$ ) a la edad  $x$ . La fertilidad específica por edades de los adultos ( $m_x$ ) se expresó de dos maneras, como el promedio de progenie hembra/hembra de la

edad  $\times$ /día y como el promedio de ninfas parasitadas/hembra/día.

La supervivencia del período pupa-adulto (P-A) se estimó como la proporción de adultos emergidos respecto del total de pupas formadas de una muestra obtenida a tal efecto, e identificadas por el color naranja de las ninfas parasitadas.

Con el objeto de medir la longevidad del adulto sin exponer a su huésped, se separaron individualmente 101 ninfas parasitadas en tubos de vidrio con miel, registrándose la fecha de nacimiento y de muerte del adulto.

Se estimaron además los siguientes parámetros poblacionales: tasa neta de reproducción ( $R_0$ ), tiempo de generación de la cohorte (T), tasa intrínseca de crecimiento poblacional ( $r_m$ ) y tiempo de duplicación (t) ya definidos en el Capítulo II-c.

Para el cálculo de estos parámetros poblacionales se utilizó el programa Life48 (Abou-Setta *et al.*, 1986).

## Resultados y discusión

### Longevidad y supervivencia del adulto

La longevidad media de *E. corni* a 26°C fue de 12,8 días (d.e.= 5,6; intervalo=3-22; n=19) para las hembras y 7,0 días (d.e.=2,4; intervalo= 3-11; n=18) para los machos. La longevidad de las hembras resultó mayor que las registradas por otros autores para especies de este género bajo condiciones de temperatura y humedad semejantes (McAuslane & Nguyen, 1996; Powell & Bellows, 1992; Sharaf & Batta, 1985; Tawfik *et al.*, 1979).

Las hembras y machos de *E. corni* expuestos a su huésped sobre la planta hospedera vivieron más que los individuos confinados en tubos de vidrio con trazas de miel, cuya longevidad fue: 3,9 días (d.e.=1,2, n=53) para las hembras y 4,8 días (d.e.=1,8, n=48) para los machos. Esto es coincidente con lo hallado por Powell & Bellows (1992), Tawfik *et al.* (1979) y Vet & van Lenteren (1981) quienes adjudican esta diferencia a la mejor calidad nutricional de la melaza ("honeydew") eliminada por las ninfas de la mosca blanca.

La longevidad media de las hembras de *E. corni* fue mayor que la obtenida bajo las mismas condiciones de laboratorio para la población local de *E. formosa*

(10.4 días) (Capítulo II-c).

La supervivencia del período pupa-adulto resultó ser de 90% (d. e.= 0,06, n=19), valor semejante al hallado por Vet & van Lenteren (1981) para *Eretmocerus* sp. a 17°C. Este valor, si bien constituye una sobreestimación fue tomado como la supervivencia preimaginal para la construcción de la tabla de vida.

La supervivencia de las hembras adultas de *E. corni* fue elevada, puesto que 50% de la población ( $I_{x50\%}$ ) sobrevivió hasta los días 12 a 13 de la edad reproductiva (Figura 10). Powell & Bellows (1992) encontraron un valor de  $I_{x50\%}$  semejante para una población telitóquica de *Eretmocerus* sp. a 20°C, mientras que a mayor temperatura (29°C) y/o para poblaciones arrenotocas hallaron  $I_{x50\%}$  menores. También el  $I_{x50\%}$  de *E. corni* medido en este estudio fue mayor que el registrado para la población local de *E. formosa* (8°-9° día) (Capítulo II-c).

### Fertilidad

Para las condiciones experimentales no se observó un período de preoviposición definido (Figura 10). El período de oviposición abarcó en promedio 11,4 días (d.e.= 5,8 días, n= 19), y el de postoviposición de 1,37 días (d.e.= 1,46 días, n= 19). La fertilidad fue máxima el primer día reproductivo (21,1 hembras/hembra), para luego decrecer significativamente con la edad de la hembra (coeficiente de correlación de Kendall  $G = -0,91$ , n= 22,  $P < 0,05$ ) (Daniel, 1978).

La fertilidad específica por edades ( $m_x$ ) media fue de 5,9 hembras / hembra / día (d.e.= 5,7; n= 22), en tanto la fertilidad acumulada ( $\Sigma m_x$ ) resultó 130 hembras / hembra. La comparación de estos resultados con los publicados por otros autores para especies de este género debe realizarse con precaución debido a la disparidad de criterios para expresar la fertilidad, ya sea sobre la base de los huevos, las ninfas parasitadas o la progenie producida. No obstante se observó que la  $m_x$  media obtenida en este trabajo estuvo dentro del intervalo registrado por otros autores para temperaturas de 25°C a 30°C (Tabla 6). La fertilidad acumulada fue más grande que la estimada por estos autores, resultado explicable por la mayor longevidad promedio de las hembras en este estudio, mencionada anteriormente. De hecho el valor de fertilidad acumulada obtenido se encuentra en el límite superior del rango de 5 a 140 huevos/hembra reportado para distintos afelinidos (Viggiani, 1984).

Tabla 6: Fertilidad media ( en huevos / hembra / día) de *Eretmocerus* spp. registrada por otros autores

Insecto huésped	Planta hospedera	Fertilidad específica ( $m_x$ )	Fecundidad acumulada ( $\sum m_x$ )	Referencia
<i>T. vaporariorum</i>	Algodón	-	12,3	Gerling (1966b)
<i>B. tabaci</i>	Algodón	3,73-4,18	20-41,14	Powell & Bellows (1992)
<i>B. tabaci</i>	Pepino	5,40-6,19	35,91-47	Powell & Bellows (1992)
<i>B. tabaci</i>	Tomate	2,85	27,4	Sharaf & Batta (1985)
<i>B. tabaci</i>	Batata	8,7	48,0	Tawfik <i>et al.</i> (1979)
<i>B. argentifolii</i>	Hibiscus	17-22	92,8	McAuslane & Nguyen (1996)

*Eretmocerus corni* produjo menos progenie que la población local de *E. formosa*, la que presentó una  $m_x$  media de 15,2 hembras/hembra/día y una fertilidad acumulada de 303,3 hembras/hembra (Capítulo II-c). Sin embargo esta diferencia fue menor considerando la fertilidad en términos de ninfas parasitadas/hembra, debido a que *E. corni* es arrenotoca (progenie femenina y masculina) y dada la mortalidad que ocurre durante el período pupa-adulto. Así, la  $m_x$  media fue de 12,7 ninfas parasitadas/hembra/día (d.e.= 8,3; n= 22) y la fertilidad acumulada de 278,9 ninfas parasitadas/hembra. Para *E. formosa* los valores de estos parámetros fueron respectivamente 15,8 ninfas parasitadas/hembra/día (d.e.= 4,6; n= 20) y 315,7 ninfas parasitadas/hembra.

Esta diferencia cobra particular importancia desde el punto de vista del control biológico, en relación con el doble propósito que se persigue con las liberaciones inoculativas estacionales de los parasitoides:

- 1) generar una alta mortalidad en la población plaga a través del impacto

de las hembras liberadas, en cuyo caso es importante la cantidad de ninfas que parasiten, y

- 2) lograr una mortalidad a mediano plazo a través del parasitismo de la descendencia de los individuos liberados, mortalidad generada exclusivamente por la progenie femenina. En este aspecto influirán, además de la fertilidad y la proporción sexual, factores tales como el tiempo de desarrollo, la supervivencia preimaginal y del adulto, etc.

Sobre la base de los datos de ninfas parasitadas, los parasitoides no serían tan diferentes respecto del primer propósito. Inclusive *E. corni* podría tener un impacto sobre la plaga mayor que *E. formosa*, si se liberaran hembras recién nacidas, debido a que esta especie concentra su energía reproductiva en los primeros días de vida del adulto. De hecho, en los tres primeros días de vida *E. corni* parasitó en promedio 78,5 ninfas, lo que representa 28% del total de ninfas parasitadas en toda su edad reproductiva, valor superior al de 54,6 ninfas (17%) parasitadas por *E. formosa* para el mismo lapso de tiempo.

Por el contrario, si se considera el segundo aspecto, esto es, la acción de la descendencia de los individuos liberados, *E. formosa* tendría un potencial mayor que *E. corni* debido a su descendencia exclusivamente femenina.

### **Proporción sexual**

La proporción media de hembras de *E. corni* calculada sobre toda la edad reproductiva fue de 0,57 (d.e. = 0,29, n=199). Esto significa que a lo largo de su vida el parasitoide produjo una mayor cantidad de hembras que de machos. Como se discutiera en el punto anterior, la proporción sexual tiene gran importancia para el control biológico de la plaga, ya que al ser las hembras las que matan al huésped al parasitarlo, una mayor producción de éstas en cada generación contribuye a aumentar la efectividad del parasitoide (Messenger, 1964). El resultado obtenido fue inferior al que hallaron Tawfik *et al.* (1979) para *E. mundus* Mercet criado en laboratorio (70,6 % a 89,3 %), pero semejante a 60,6 % de hembras que registraron Sharaf & Batta (1985) para esa misma especie a 25°C.

Sin embargo, un análisis más realista del efecto de la proporción sexual sobre la multiplicación efectiva de la población, debe tener en cuenta que la

proporción de sexos en la progenie no es constante, sino que a su vez varía con la edad del parasitoide en la generación parental (Messenger, 1964). En el caso de *E. corni*, la edad de la hembra en el momento de la oviposición tuvo una influencia significativa sobre la proporción sexual de la descendencia (coeficiente de correlación de Kendall  $G = -0,81$ ,  $n=21$ ,  $P < 0,05$ ) (Figura 11). Esta fue máxima (0.77) en el 3<sup>er</sup> día de vida, fue mayor que 0,5 hasta el día 12, y disminuyó posteriormente hasta ser nula a partir del día 17.

### **Tasa neta de reproducción, tiempo generacional, tasa intrínseca de crecimiento poblacional y tiempo de duplicación**

Los parámetros poblacionales de *E. corni* calculados con base en la tabla de vida y fertilidad construida fueron: tasa neta de reproducción ( $R_0$ ): 100,75 hembras/hembra; tiempo generacional (T): 23,67 días; tasa intrínseca de incremento poblacional ( $r_m$ ): 0,195 hembras/hembra/día y tiempo de duplicación (t): 3,55 días.

Messenger (1964) propuso utilizar a la tasa intrínseca de incremento poblacional ( $r_m$ ) como un índice que, al combinar las tasas de desarrollo, reproducción y supervivencia, permite estimar la efectividad potencial de un enemigo natural para controlar a su plaga. De este modo, comparado con el del insecto huésped, el valor de  $r_m$  obtenido en este estudio para *E. corni* fue superior al de *T. vaporariorum* medido por Zabudskaya (1989) a 27°C ( $r_m = 0,061$  hembras/hembra/día). También fue mayor que las tasas que registraron para *B. tabaci* Enkegaard (1993) sobre poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd) ( $r_m < 0,1263$ ) y Powell & Bellows (1992) sobre distintas plantas hospederas ( $r_m < 0,13$  hembras/hembra/día).

También resulta de interés comparar los parámetros poblacionales de la especie, y el  $r_m$  en particular, con los de otras especies de este género, como un medio para comparar sus potenciales efectividades como agentes de biocontrol. Así, los valores de  $r_m$  y T obtenidos en este estudio resultaron semejantes a los estimados por Powell & Bellows (1992) en una población arrenotoca de *Eretmocerus* sp. parasitando *B. tabaci* sobre pepino a 29°C ( $r_m = 0,1824$  hembras/hembra/día, T=18,20 días, 72.8% progenie femenina), así como para una población telitóquica bajo las mismas condiciones ( $r_m = 0,2117$  hembras/hembra/día,

T= 19,2 días). Lo mismo puede decirse respecto de los valores medidos por Sengonca *et al.* (1994b) para el parasitoide de reproducción partenogenética *Eretmocerus debachi* Rose and Rosen parasitando *Parabemisia myricae* (Kuwana) a 25°C ( $r_m = 0,198$  hembras/hembra/día, T= 19,26 días). La  $R_0$  estimada para *E. corni* fue mayor que las estimadas en los estudios citados.

Con respecto a *E. formosa* parasitando *T. vaporariorum*, el  $r_m$  de *E. corni* fue semejante al obtenido por Arakawa (1982) para *E. formosa* a 25°C sobre tabaco, aunque fue menor que el de la población local evaluada en esta tesis (Capítulo II-c). Este resultado puede explicarse por el hecho de que *E. corni* parasitó menos ninfas durante su edad reproductiva, y parte de su potencial reproductivo se invirtió en la producción de machos. Sin embargo son los factores relacionados con la duración del desarrollo los que más influyen sobre el valor de  $r_m$ , más aun que los relacionados con la fertilidad (Messenger, 1964). Así, el ciclo de desarrollo de *E. corni* significativamente más largo que el de *E. formosa* (Capítulo II-b) fue lo que básicamente determinó un  $r_m$  menor. De hecho, considerando la fertilidad de *E. corni* sobre la base del número de ninfas parasitadas (machos y hembras), se produjo un leve aumento del valor de  $r_m$  (0,21 ninfas parasitadas/hembra/día), aunque siguió siendo menor que el de *E. formosa*. Como consecuencia de este resultado, la población de *E. corni* tardaría aproximadamente un día más en duplicarse ( $t = 3,55$  días) que la población local de *E. formosa*.

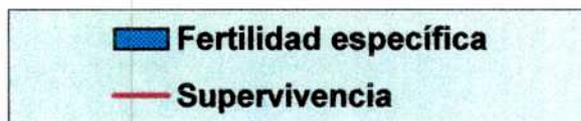
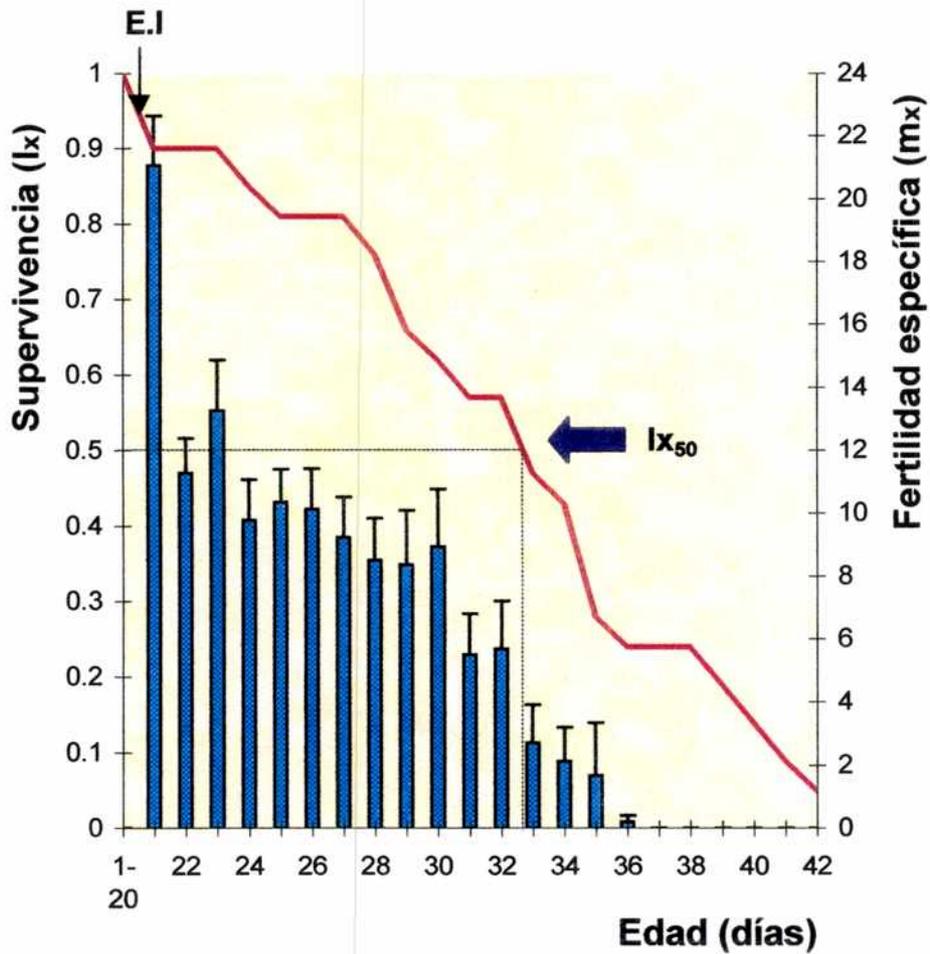
## Conclusiones

Este estudio aporta información nueva sobre las características biológicas de una especie muy poco conocida. Los resultados obtenidos indican que *E. corni* posee potencial para controlar a *T. vaporariorum* (mayor tasa de incremento poblacional que la plaga).

*E. corni* presenta ciertas características que lo muestran como un agente de biocontrol no tan eficiente como la población local de *E. formosa* (mayor tiempo de desarrollo preimaginal, inversión de parte de la capacidad reproductiva en la producción de machos, menor tasa neta de reproducción y tasa de incremento poblacional). No obstante ello otros atributos parecen contrarrestar dicha desventaja (mayor longevidad, mayor supervivencia del adulto, fertilidad

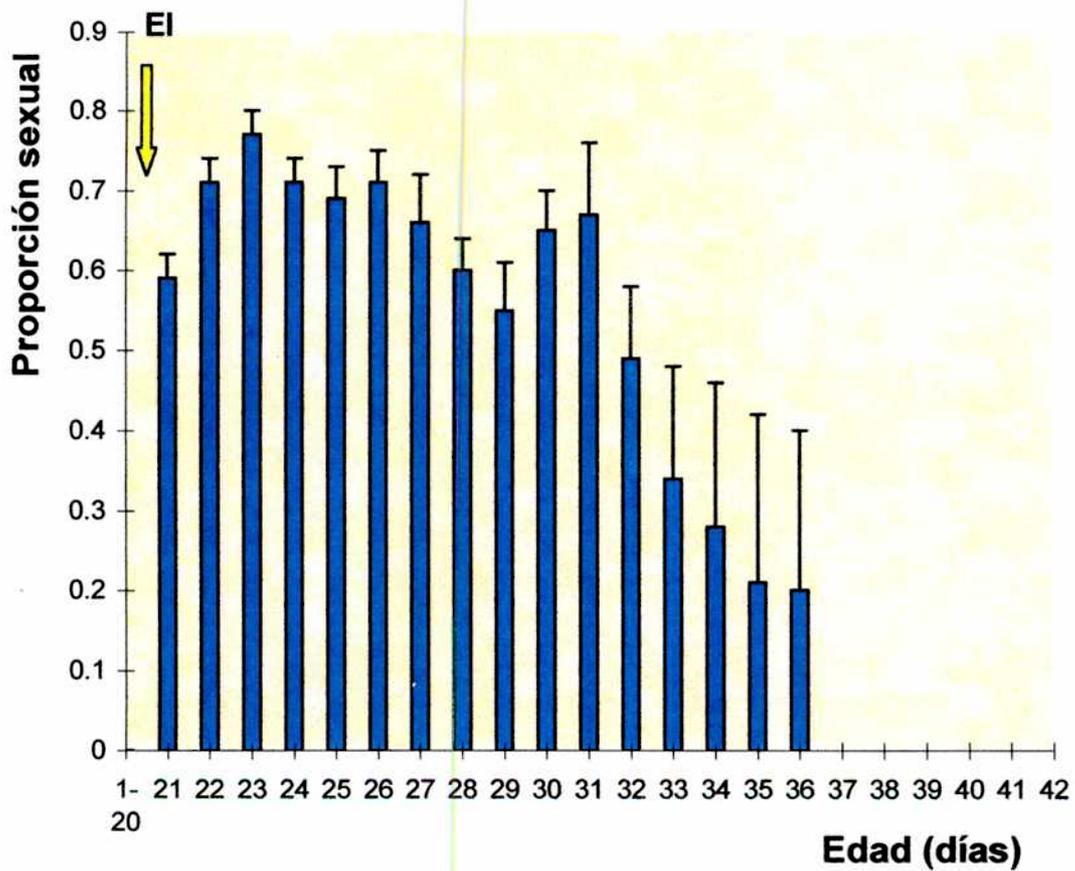
total semejante en términos de ninfas parasitadas). Además, la especie parece estar bien adaptada a las condiciones ambientales de los invernáculos de producción, ya que fue hallada desde temprano en cultivos con y sin insecticidas, y aun en condiciones de elevadas temperaturas (Viscarret *et al.*, en preparación).

**Figura 10: Supervivencia ( $lx$ ) y fertilidad específica ( $m_x$ ) de *Eretmocerus corni***  
 (Media + error estándar; E.I.: estados inmaduros)



**Figura 11: Proporción sexual de  
*Eretmocerus corni* sobre *Trialeurodes  
vaporariorum***

(Hembras / (hembras + machos); media + error estándar; E. I.:  
estados inmaduros)



## CAPITULO III

## ESTUDIOS DE INTERACCION ENTRE *Encarsia formosa* Y *Eretmocerus corni*

### Introducción

Uno de los aspectos considerados clave para comprender el éxito o fracaso de diferentes parasitoides como agentes de biocontrol es el modo como interactúan unos con otros (Ehler y Hall, 1982). Entre las causas que determinan la competencia entre especies de parasitoides himenópteros, Hagvar (1989) ha señalado las siguientes:

- las hembras dependen del huésped tanto para la oviposición como para el desarrollo;
- los parasitoides, a diferencia de los predadores, utilizan para su desarrollo una sola especie huésped o un grupo reducido de especies huéspedes;
- una determinada especie huésped es usualmente atacada por varias especies de parasitoides;
- las poblaciones huéspedes suelen presentar pronunciadas fluctuaciones en espacio y tiempo.

La coexistencia de parasitoides de distintas especies que atacan al mismo huésped requiere que haya algún tipo de diferenciación de nicho ecológico (estados del huésped preferido, microhábitat, preferencias temporales, etc.). De no existir tal diferenciación, puede ocurrir que una especie elimine a otra, aun cuando ésta tenga la potencialidad de controlar a la especie blanco cuando está sola (Huffaker *et al.*, 1976).

Desde el punto de vista del control biológico, la competencia interespecífica entre parasitoides es de gran importancia tanto para la selección del o de los parasitoides adecuados, así como en el proceso de liberación simple (una especie) o múltiple (varias especies) para el control de la plaga. En este sentido existen básicamente dos posturas:

- a) la interacción entre varias especies introducidas puede reducir la efectividad de cada una sobre la especie a controlar, especialmente con bajas densidades de esta última. Como resultado puede

obtenerse un menor control del que ejercería la especie más eficiente actuando aisladamente.

- b) varios enemigos naturales juntos pueden lograr un nivel de control de la plaga mayor que cualquiera por separado. Además puede ser un modo de identificar rápidamente a la "mejor" especie o combinación de especies sin correr riesgos de disminuir el control, y sin la necesidad de realizar estudios preintroductorios para evaluar a las especies a utilizar como agentes de biocontrol (Hagvar, 1989).

Con respecto a las introducciones múltiples, Keller (1984) ha destacado que la liberación simultánea de varias especies de enemigos naturales no necesariamente lleva a que interactúen competitivamente, ya sea porque se dispersan de un modo distinto, porque explotan diferentes microhábitats, etc. Entonces en lugar de hablar de número de especies liberadas sería más apropiado tomar como variable la cantidad de especies interactuantes. De aquí la importancia de estudiar las interacciones competitivas entre parasitoides potencialmente competidores, antes de su uso en biocontrol.

Si bien este debate se ha desarrollado en el marco del control biológico clásico, algunos autores han sugerido extender estos conceptos al diseño de estrategias de control biológico aumentativo. No obstante, aun son muy escasos los estudios en los que se hayan examinado los efectos favorables o deletéreos de las interacciones interespecíficas dentro de un complejo de enemigos naturales sobre las consecuencias de un programa de control biológico aumentativo (Heinz y Nelson, 1995; Heinz y Parrella, 1994).

Aun cuando los enemigos naturales sean liberados en momentos en que la especie plaga tiene niveles poblacionales elevados, y por lo tanto no constituya un recurso en cantidad limitada, puede ocurrir que compitan por algún otro recurso compartido que se encuentre en baja disponibilidad (ej. un huésped alternativo), disminuyendo el desenvolvimiento de la especie competitivamente inferior.

Con la finalidad de analizar el efecto de la posible interacción entre *E. formosa* y *E. corni* sobre el parasitismo en *T. vaporariorum* se realizaron dos estudios bajo condiciones experimentales diferentes:

### **a) Condiciones de laboratorio**

El objetivo de este estudio fue evaluar si la presencia de una especie afecta el parasitismo de la otra a distintos niveles de disponibilidad del huésped.

### **b) Condiciones semicontroladas**

El objetivo fue analizar el efecto de la liberación múltiple de los parasitoides sobre el parasitismo en *T. vaporariorum*.

## **Material y métodos**

### **a) Condiciones de laboratorio**

La explotación del recurso por ambos parasitoides se analizó en condiciones de **no interacción** (*E. formosa* y *E. corni* solos) y de **interacción** (ambas especies juntas) en distintos niveles de disponibilidad de huésped (= tratamientos): 4-8, 10-15, 18-21 y 37-40 ninfas del 3<sup>er</sup> y 4<sup>o</sup> estadio de mosca blanca sobre plantas de tomate. Se efectuaron 10 repeticiones para los dos primeros niveles de densidad de huésped y 5 para los dos últimos. Estas densidades se obtuvieron separando las ninfas de mosca blanca de hojas previamente infestadas, mediante el uso de un microscopio estereoscópico (100X-300X).

Los parasitoides adultos de menos de 72 h de vida y sin experiencia previa de parasitismo ("naive"), fueron expuestos a su huésped durante 5 h en jaulitas-clip de 3 cm de diámetro, según el siguiente esquema:

a) condición de no interacción: una hembra de *E. formosa* o de *E. corni* / jaulita-clip; y

b) condición de interacción: una hembra de *E. formosa* y una de *E. corni* / jaulita-clip.

Se registró el número de ninfas parasitadas/hembra de cada especie de parasitoide para cada densidad de huésped, en cada situación experimental.

El estudio se condujo bajo las siguientes condiciones ambientales: temperatura: 26±1°C, HR: 40-70% y fotoperíodo de 14L:10O, iluminación provista por seis tubos fluorescentes de 40W.

Posibles diferencias en el número de ninfas parasitadas por los dos parasitoides cuando actuaron aisladamente para las distintas densidades de huésped, se analizaron mediante un ANOVA de dos factores. Los datos fueron

transformados mediante  $\ln(x)$  para satisfacer los supuestos de normalidad y homocedacia. Para cada parasitoide se planeó comparar la cantidad media de ninfas parasitadas entre los niveles de densidad del huésped 4-8 y 10-15, 10-15 y 18-21, y 18-21 y 37-40, bajo la hipótesis alternativa de que el parasitismo aumenta entre niveles de densidad de ninfas sucesivos. Se utilizó para ello el método de la Mínima diferencia significativa (mds) ( $\alpha=0,05$ ) (Steel & Torrie, 1981).

Para *E. corni* el efecto de la interacción interespecífica (solo y en presencia de *E. formosa*) y de los niveles de densidad de huésped sobre la cantidad de ninfas parasitadas se analizó mediante un ANOVA de dos factores; los datos fueron previamente transformados por el  $\ln(x)$ . Para cada nivel de interacción (solo o con *E. formosa*) se comparó el parasitismo entre pares de niveles de densidad de ninfas sucesivos mediante el método planeado de la Mínima diferencia significativa (mds) ( $\alpha=0,05$ ) (Steel & Torrie, 1981).

## **b) Condiciones semicontroladas**

El estudio se realizó en octubre-noviembre de 1996 y de 1997 en un invernáculo de vidrio (4m x 8m) ubicado en el INTA, Castelar (ver Anexo-Fotografía 13).

En 1996 se dispusieron en el invernáculo 9 jaulas de exclusión de armazón de hierro y paredes y techo de voile (0,80m de alto x 0,55m de lado x 0,60m de lado) (ver Anexo - Fotografía 14).

En un diseño completamente aleatorizado, las jaulas se asignaron a los siguientes tratamientos:

T1) Liberación de *E. formosa*.

T2) Liberación de *E. corni*.

T3) Liberación de *E. formosa* y *E. corni*.

Se efectuaron 3 repeticiones para cada tratamiento (jaulas/tratamientos). Dentro de cada jaula se dispusieron en forma circular 6 plantas de tomate de aproximadamente 20 cm de altura, cada una en una maceta de plástico (ver Anexo - Fotografía 15). Las plantas estaban libres de mosca blanca.

La población de mosca blanca se inició con una inoculación de 120 adultos de mosca blanca por jaula, y se reiteró a los dos días con una liberación de 130

adultos por jaula. Los individuos liberados fueron obtenidos de la cría del IILB. Debido a que las moscas blancas tienen la tendencia a desplazarse hacia la luz (ventanales), y a los efectos de que todas las plantas dentro de la jaula tuvieran la misma probabilidad de recibir moscas, se tomó la precaución de rotarlas 60° en el sentido contrario a las agujas del reloj cada dos días.

Se asumió que las densidades iniciales de ninfas al momento de liberar los parasitoides eran las mismas.

Una vez que las ninfas alcanzaron el 3<sup>er</sup> y 4<sup>o</sup> estadio (estadios preferidos para ser parasitados) se realizó la liberación de los parasitoides. Estos se liberaron como adultos para asegurar su presencia, en dosis de 2 hembras/planta (1 hembra de cada especie/planta para T3), tomando como referencia la dosis máxima recomendada por los investigadores holandeses (Eggenkamp-Rotteveel Mansveld *et al.*, 1982). Las hembras parasitoides tenían no más de 5 días de vida, y las de *E. corni* tuvieron oportunidad de ser fecundadas antes de su liberación.

El parasitismo se registró una vez que pudieron visualizarse las ninfas con síntomas de parasitismo (aproximadamente a los 7 días para *E. formosa* y 14 días para *E. corni*), y fue estimado como: **número de ninfas de mosca blanca parasitadas / (número de ninfas parasitadas + número de exuvias de la ninfa 4 - donde emergió la mosca blanca -)** en cada planta. Con este cálculo se procuró acotar la estimación del parasitismo ocurrido aproximadamente dentro de los 3 primeros días tras la liberación de los parasitoides. Sobre la base del tiempo de desarrollo de la plaga y sus parasitoides en laboratorio (Capítulos I y II-b) se esperó que la emergencia del adulto de mosca blanca de aquellas ninfas que no resultaron parasitadas en ese lapso, ocurriera simultáneamente con el cambio de coloración de las ninfas parasitadas por *E. formosa*. Respecto a *E. corni*, debido a su mayor tiempo de desarrollo pupal, el registro de las ninfas anaranjadas debió hacerse con posterioridad, razón por la cual se acumularon exuvias correspondientes a individuos que pasaron por el 3<sup>er</sup> y 4<sup>o</sup> estadio ninfal con posterioridad a los días que se pretendió acotar. Esto podría significar una subestimación del parasitismo de *E. corni*.

La temperatura y humedad relativa (HR) dentro de las jaulas se midió cada dos días mediante un termohigrógrafo digital.

En 1997 este experimento se repitió con una menor densidad del huésped. Para ello se disminuyó el número de moscas blancas inoculadas a la cuarta parte (aproximadamente 64 adultos/jaula). También se aumentó el número de jaulas/tratamiento a cuatro.

Para ambos años el análisis de los datos fue similar. El parasitismo se analizó por un ANOVA anidado, con el factor jaula anidado en el factor tratamiento. Los datos del año 1996 se analizaron sin transformar, pero los del año 1997 necesitaron ser previamente transformados por  $[(\text{proporción})^{0,37352} - 1] / 0,37352$  para cumplir con los supuestos de normalidad y homocedacia (Sokal & Rohlf, 1981).

Las siguientes predicciones se comprobaron mediante contrastes ortogonales:

Predicción 1: liberados por separado ambos parasitoides provocarán el mismo parasitismo:  $T1=T2$ .

Predicción 2: liberados juntos el parasitismo total será similar al ejercido por cada parasitoide por separado  $(T1+T2)/2=T3$ .

## Resultados y discusión

### a) Condiciones de laboratorio

El análisis del parasitismo de los entomófagos en situación de **no interacción**, permitió observar que *E. corni* explotó más eficientemente el recurso (mejor respuesta funcional) que *E. formosa* para todas las densidades analizadas (62 a 88% y 29 a 82% de parasitismo de las ninfas disponibles respectivamente) ( $F_{1,40} = 15,98$ ;  $P = 0,000$ ) (Tabla 7 y Figura 12). Este resultado parece lógico en función del tiempo de exposición de los parasitoides a su huésped, de la edad de las hembras utilizadas, y del comportamiento reproductivo de los parasitoides. Tal como se discutiera en el Capítulo II-e, las hembras de *E. corni* expresan gran parte de su capacidad reproductiva en términos de ninfas parasitadas durante los primeros días de vida del adulto. Por el contrario, *E. formosa* distribuye su esfuerzo reproductivo de una manera más uniforme a lo largo de su vida reproductiva (Capítulo II-c), de ahí que su parasitismo fuese menor en esta experiencia.

Se observaron diferencias significativas en el parasitismo entre los distintos niveles de densidad de huésped ( $F_{3,40} = 35,23$ ;  $P = 0,000$ ). En ausencia de la otra

especie, *E. corni* presentó un parasitismo creciente a medida que aumentó la densidad de huésped. Las cantidades de ninfas parasitadas fueron significativamente diferente al compararse los dos primeros y los dos últimos niveles de densidad (mds,  $P < 0,05$ ). Para *E. formosa* se observó una respuesta similar, pero entre las dos últimas densidades no hubo diferencias significativas (mds,  $P < 0,05$ ). En términos de la respuesta funcional, mientras que *E. formosa* alcanzó un "plateau" con densidades superiores a 20 ninfas, no ocurrió lo mismo con *E. corni*, que aumentó su parasitismo dentro del intervalo de disponibilidad de ninfas estudiado. (Tabla 7 y Figura 12).

Para *E. corni*, la **interacción** con la otra especie no afectó su comportamiento parasítico, puesto que su parasitismo fue el mismo en ausencia y en presencia de *E. formosa* ( $F_{1,42} = 3,27$ ;  $P = 0,078$ ). En ambas situaciones la cantidad de ninfas parasitadas por *E. corni* aumentó con la mayor disponibilidad del huésped ( $F_{3,42} = 41,66$ ;  $P = 0,000$ ) (mds,  $P < 0,05$ ) (Tabla 7 y Figura 12).

Para *E. formosa*, la **interacción** tuvo efectos adversos ya que la cantidad de ninfas parasitadas decreció en presencia de *E. corni* para todas las densidades de huésped consideradas. Particularmente para bajas densidades no hubo ninfas parasitadas por *E. formosa*, razón por la cual no fue posible comparar estadísticamente estos datos con los obtenidos para la situación de **no interacción** (Tabla 7 y Figura 12).

Es importante destacar que cuando el recurso no fue limitado (más de 20 ninfas disponibles) *E. formosa* parasitó muy pocas ninfas (menos de 6), y aquellos huéspedes que no presentaron signos de parasitismo por ninguno de los dos entomófagos dieron lugar a la emergencia del adulto de mosca blanca.

**Tabla 7: Cantidad de ninfas parasitadas por *Eretmocerus corni* y *Encarsia formosa* en condiciones de interacción y no interacción interespecífica**  
(Media  $\pm$  error estándar; en cada columna medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente, mds,  $P \geq 0,05$ )

Densidad de ninfas	<i>E. corni</i> solo	<i>E. corni</i> con <i>E. formosa</i>	<i>E. formosa</i> solo	<i>E. formosa</i> con <i>E. corni</i>
4-8	5,33 $\pm$ 0,64 a	4,67 $\pm$ 0,50 a	4,8 $\pm$ 0,49 a	0 $\pm$ 0
10-15	11,29 $\pm$ 1,00 b	9,62 $\pm$ 0,90 b	7,43 $\pm$ 0,84 b	0,25 $\pm$ 0,16
18-21	15,00 $\pm$ 1,14 b	13,00 $\pm$ 1,08 bc	11,00 $\pm$ 1,00 c	2,00 $\pm$ 0,91
37-40	24,25 $\pm$ 5,15 c	19,00 $\pm$ 4,14 c	11,33 $\pm$ 1,20 c	2,50 $\pm$ 1,26

La competencia entre especies de parasitoides puede darse entre los adultos (hembras que compiten por los huéspedes para la oviposición) o más usualmente entre los estados inmaduros dentro o sobre el huésped (multiparasitismo) (Hagvar, 1989). En el caso de *E. formosa* y otras especies del género *Eretmocerus* se ha comprobado que la hembra parasitoide es capaz de discriminar ninfas no parasitadas de aquellas parasitadas por individuos de la misma especie, evitando oviponer en estas últimas (Gerling, 1990). Pero no existen trabajos en los que se estudie si especies de estos géneros evitan el multiparasitismo. En general la habilidad de los parasitoides de discriminar huéspedes ya parasitados por hembras no coespecíficas es un fenómeno raro (Hagvar, 1989).

Dado el ambiente (jaulita-clip) disponible por las hembras de *E. corni* y *E. formosa* para "buscar" a su huésped, es muy probable que la mayor competencia haya ocurrido en el estado adulto, dando lugar a interferencias durante su actividad de búsqueda.

Los resultados obtenidos indicarían claramente que dicha interferencia entre las hembras afectó en mayor medida a *E. formosa*, de allí su menor parasitismo en presencia de *E. corni*.

## b) Condiciones semicontroladas

Si bien los estudios realizados en 1996 y 1997 tuvieron el mismo objetivo básico y su diseño fue similar, ligeras diferencias entre las condiciones ambientales en las que se desarrollaron los experimentos y en la disponibilidad de ninfas en las plantas aconsejan el análisis de cada año por separado.

Para 1996 las condiciones ambientales fueron: temperatura mínima media de 15,12°C (d.e.= 2,69°C, n=17), temperatura máxima media de 27,65°C (d.e.= 2,78°C, n= 17), HR mínima media de 61,76% (d.e.= 7,89%, n= 17), y HR máxima media de 96,47% (d.e.= 2,85%, n= 17).

Respecto del parasitismo, no se observaron diferencias significativas para este parámetro entre los parasitoides cuando estos fueron liberados aisladamente ( $F_{1,51} = 0,70$ ;  $P = 0,41$ ) (predicción 1) (Figura 13). Cuando ambos parasitoides actuaron simultáneamente el parasitismo observado resultó igual a la suma de los efectos registrados al ser liberados por separado ( $F_{1,51} = 0,08$ ;  $P = 0,77$ ) (predicción 2) (Figura 13).

En 1997 las condiciones ambientales dentro de las jaulas fueron: temperatura mínima media de 13,39°C (d.e.= 3,06°C, n= 19), temperatura máxima media de 28,16°C (d.e.= 4,09°C, n= 19), HR mínima media de 47,78% (d.e.= 12,18%, n= 9), y HR máxima media de 92,77% (d.e.= 5,49%, n= 9).

Con una densidad de huéspedes menor, los resultados sobre el parasitismo fueron semejantes a los obtenidos en 1996, tanto cuando los parasitoides se liberaron por separado (predicción 1) ( $F_{1,63} = 2,53$ ;  $P = 0,12$ ), como cuando la liberación fue múltiple (predicción 2) ( $F_{1,63} = 0,65$ ;  $P = 0,42$ ) (Figura 13).

La igualdad en el parasitismo de ambas especies cuando actuaron aisladamente ( $T1=T2$ ), no coincidió con lo hallado en el estudio descrito en el punto anterior, en el que *E. corni* atacó más ninfas que *E. formosa* en ausencia de la otra especie. Varios factores pueden haber motivado esta diferencia: 1) el ambiente notablemente menos confinado utilizado en este estudio (jaulas de exclusión), que obligó a las hembras a una mayor movilidad en busca del huésped. En esta situación es de esperar que el parasitismo sea menor que en un ambiente confinado, puesto que, especialmente con bajas densidades de huésped, la

explotación eficiente del recurso dependerá en mayor medida de la capacidad de búsqueda del entomófago que de su fecundidad. En este sentido, los resultados podrían estar indicando que *E. formosa* poseería una mejor eficiencia de búsqueda; 2) las condiciones ambientales no controladas; en particular la temperatura, que puede afectar de manera importante la capacidad reproductiva (Burnett, 1949).

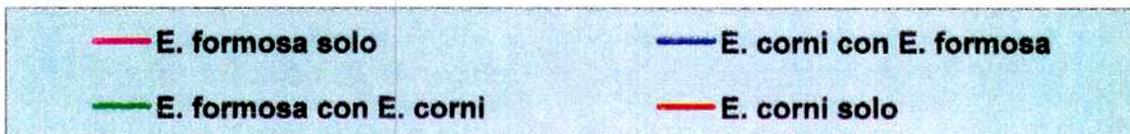
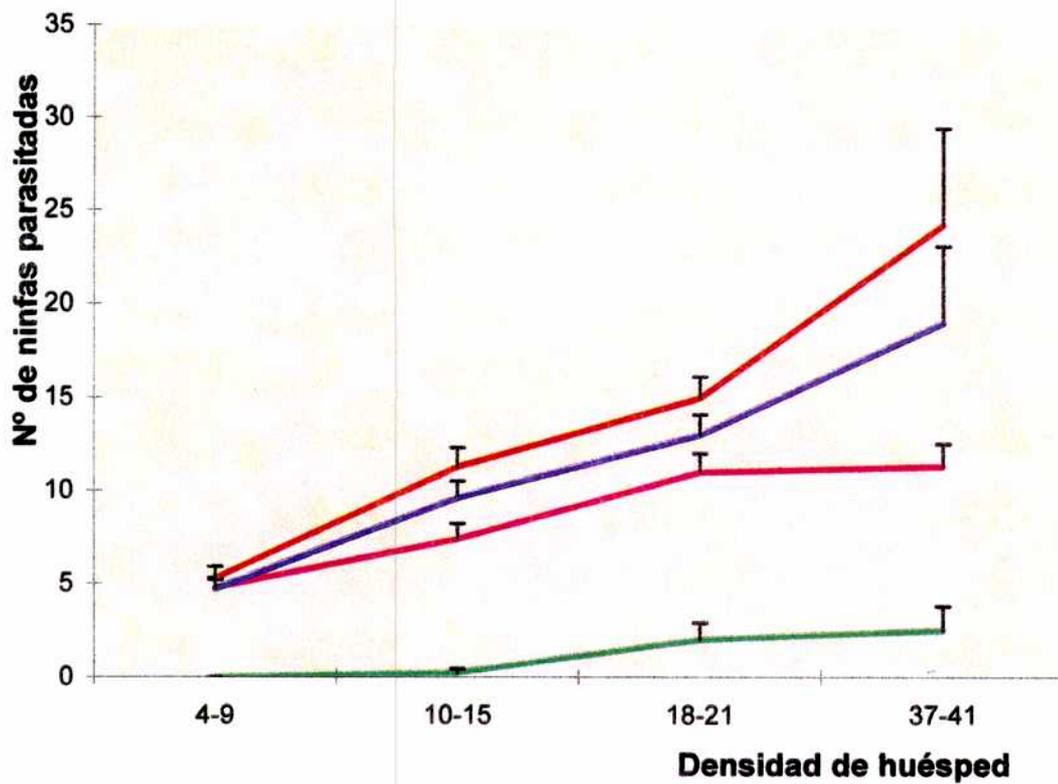
En ambos años se observó que la combinación de *E. corni* y *E. formosa* provocó el mismo parasitismo que cualquiera de los parasitoides solos, a igual número total de hembras en el sistema. Esto significa que la liberación múltiple no fue perjudicial respecto del parasitismo total provocado en la población de ninfas de mosca blanca, y que por lo tanto los parasitoides podrían utilizarse en forma complementaria en el control biológico de la mosca blanca.

A diferencia de este resultado, Heinz & Nelson (1995) observaron que la liberación múltiple de distintas combinaciones de dos parasitoides (*E. formosa* y *Encarsia pergandiella*) y un predador (*Delphastus pusillus* LeConte, Coleoptera, Coccinellidae) produjo mayores niveles de control biológico de la mosca blanca *Bemisia argentifolii* sobre poinsettia que el ejercido por cualquiera de los enemigos naturales por separado. Asimismo estos autores hallaron, en coincidencia con Keller (1984), que el **tipo** de interacciones interespecíficas es de mayor importancia que la **cantidad** de interacciones para la supresión de la plaga.

## Conclusiones

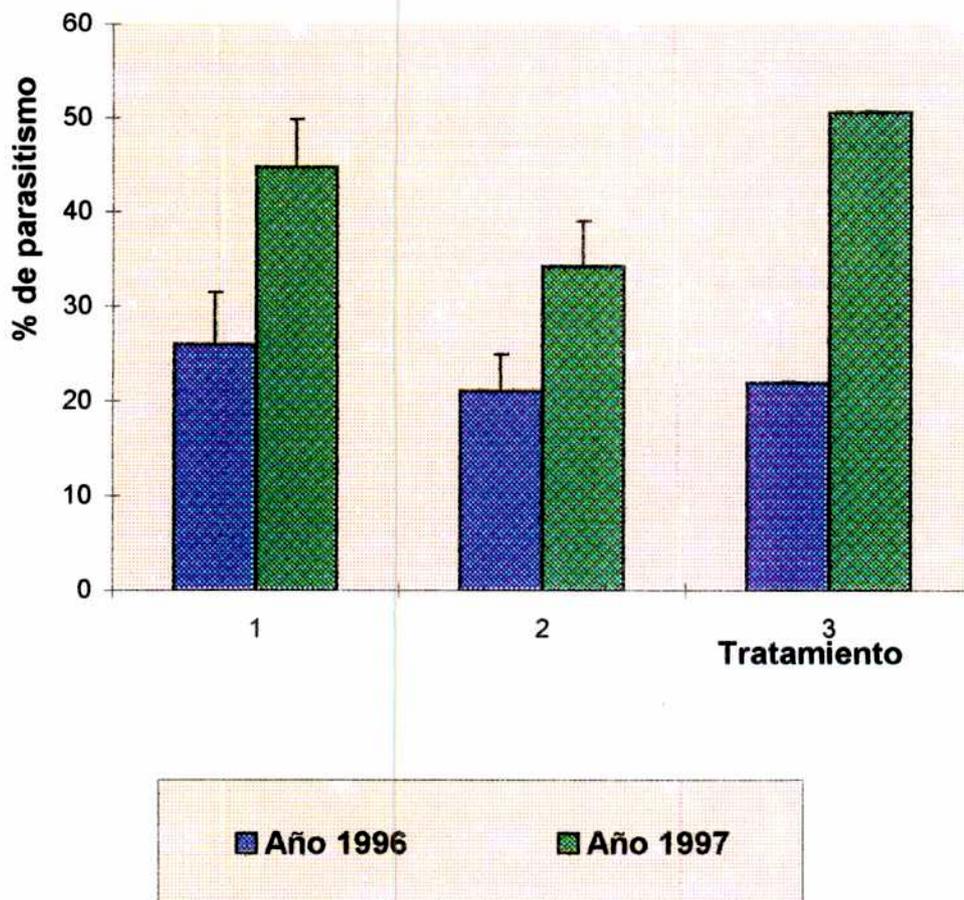
Los estudios realizados permiten elaborar las siguientes conclusiones: 1) en condiciones de no interacción (solos) tanto *E. corni* como *E. formosa* parasitaron más a densidades crecientes de huéspedes; 2) el parasitismo alcanzó una meseta para *E. formosa* con densidades mayores a las 20 ninfas mientras que para *E. corni* el parasitismo continuó incrementándose dentro del intervalo de densidades ensayadas; 3) en situaciones de interacción interespecífica en ambientes confinados (jaulitas clip) *E. corni* resultó un mejor competidor que *E. formosa* al explotar el recurso (mayor tasa de ataque), siendo la causa aparente de este resultado la probable interferencia entre los adultos durante el forrajeo; 4) cuando los parasitoides actúan juntos (liberación múltiple) el parasitismo total que producen ambas especies es similar al que ocurre cuando ellas actúan por separado.

**Figura 12: Número de ninfas de *Trialeurodes vaporariorum* parasitadas por *Encarsia formosa* y *Eretmocerus corni* en condiciones de interacción y no interacción interespecífica**  
(Media + error estándar)



### Figura 13: Parasitismo de *Trialeurodes vaporariorum*

(T1: liberación de *Encarsia formosa* ; T2: liberación de *Eretmocerus corni* ; T3: liberación de *Encarsia formosa* y *Eretmocerus corni*; media + error estándar)



## CONCLUSIONES GENERALES

La evaluación del potencial biológico de un enemigo natural que ha de ser utilizado como agente de biocontrol constituye uno de los aspectos prioritarios en todo programa de control biológico de plagas.

Si bien el ambiente natural es el verdadero "laboratorio" donde debería evaluarse el desempeño de un agente benéfico, los estudios en condiciones controladas permiten minimizar los riesgos de su mal empleo.

Las investigaciones aquí presentadas han contribuido a un mejor conocimiento del sistema biológico *Trialeurodes vaporariorum* -*Encarsia formosa* - *Eretmocerus corni*, lo que permitirá utilizar a los enemigos naturales de una manera adecuada.

Los resultados obtenidos permiten realizar las siguientes conclusiones generales:

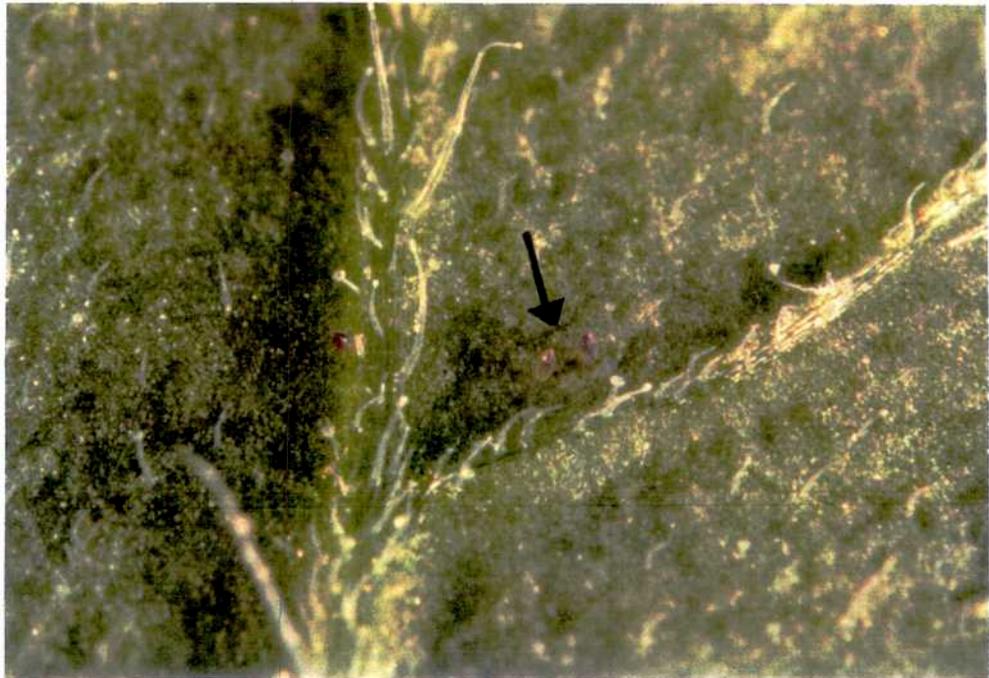
- 1) Se aportaron nuevos conocimientos sobre la relación planta hospedera-fitófago-enemigos naturales, útiles no sólo para comprender aspectos de la interacción tritrófica sino también para sentar las bases metodológicas para la cría masiva de los parasitoides.
- 2) Las investigaciones realizadas contribuyen significativamente al conocimiento del parasitoide *E. corni*, especie cuya biología era absolutamente desconocida hasta el presente, no obstante ser un enemigo natural de *T. vaporariorum* frecuentemente mencionado.
- 3) El estudio de las características biológicas de los parasitoides permitió acceder a una información básica esencial respecto de su potencial como agentes de control biológico de *T. vaporariorum*. En este sentido, *E. formosa* resultaría un candidato mejor que *E. corni* por su mayor tasa intrínseca de crecimiento poblacional, producto del menor tiempo de desarrollo, mayor fertilidad y reproducción por partenogénesis deuterotoca.
- 4) Los estudios de interacción en laboratorio mostraron que la presencia de *E. corni* afecta negativamente la actividad parasítica de *E. formosa*, siendo la posible causa de este hecho la interferencia entre adultos

debido al ambiente confinado. Esto condiciona la extrapolación de estos resultados a lo que ocurriría en condiciones naturales.

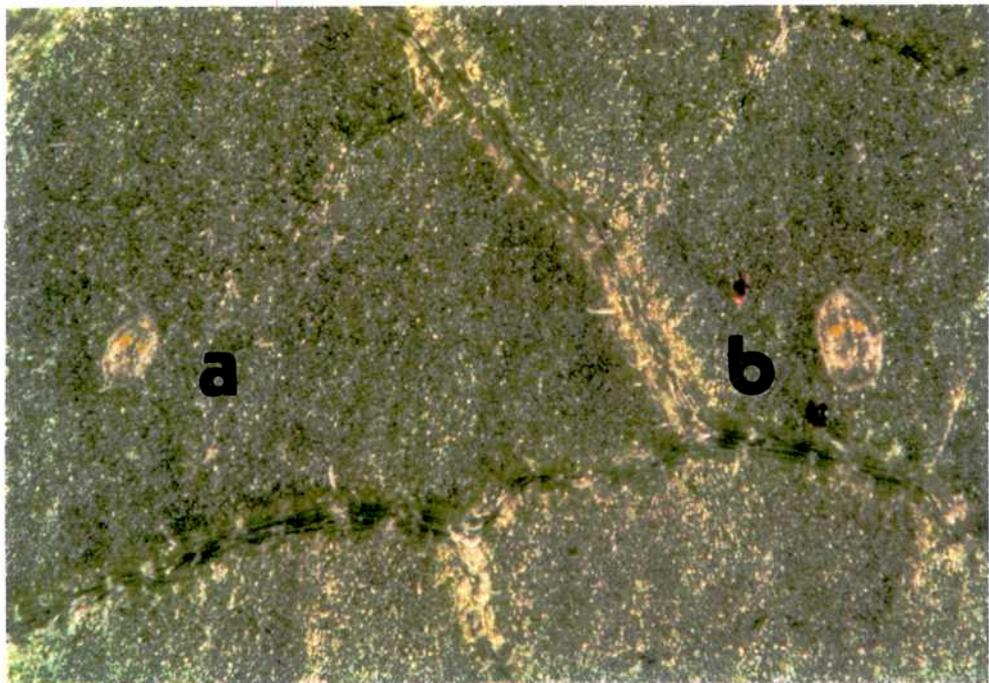
- 5) La liberación de ambos parasitoides en forma conjunta indica un parasitismo total igual al provocado por cualquiera de los parasitoides liberado aisladamente.
- 6) Los resultados de los estudios de interacción no contrabalancean las ventajas comparativas de *E. formosa* respecto de *E. corni* sobre la base de los atributos biológicos estudiados. No obstante, son una llamada de atención, puesto que *E. corni* se encuentra espontáneamente en los invernáculos de producción, y parece estar bien adaptado a las condiciones de elevadas temperaturas que se registran en el período estival.
- 7) Los resultados obtenidos permiten pensar en la posibilidad de utilizar ambos parasitoides de un modo complementario. Por ejemplo, liberando primero a *E. formosa* en etapas tempranas de la colonización de la plaga en el cultivo de tomate, durante los meses de octubre-noviembre. En estas circunstancias este parasitoide tendría mayores oportunidades para controlar a su huésped, por ser más fértil y más invasivo, puesto que su progenie es toda femenina. En pleno verano, y a medida que la densidad de la plaga aumente podría liberarse *E. corni*, especie más longeva y aparentemente bien adaptada a las condiciones climáticas.
- 8) La respuesta final a la pregunta sobre cuál candidato es el mejor, sólo se puede dar realizando estudios intermedios en condiciones de "campo", que contemplen factores decisivos tales como el momento adecuado y el número de parasitoides a introducir. Pero lo importante es tener presente que estos estudios sólo pueden ser provechosos en la medida en que se basen en el uso racional de los conocimientos obtenidos previamente en laboratorio.

DR. E. BORRO  
DIRECTOR TESIS

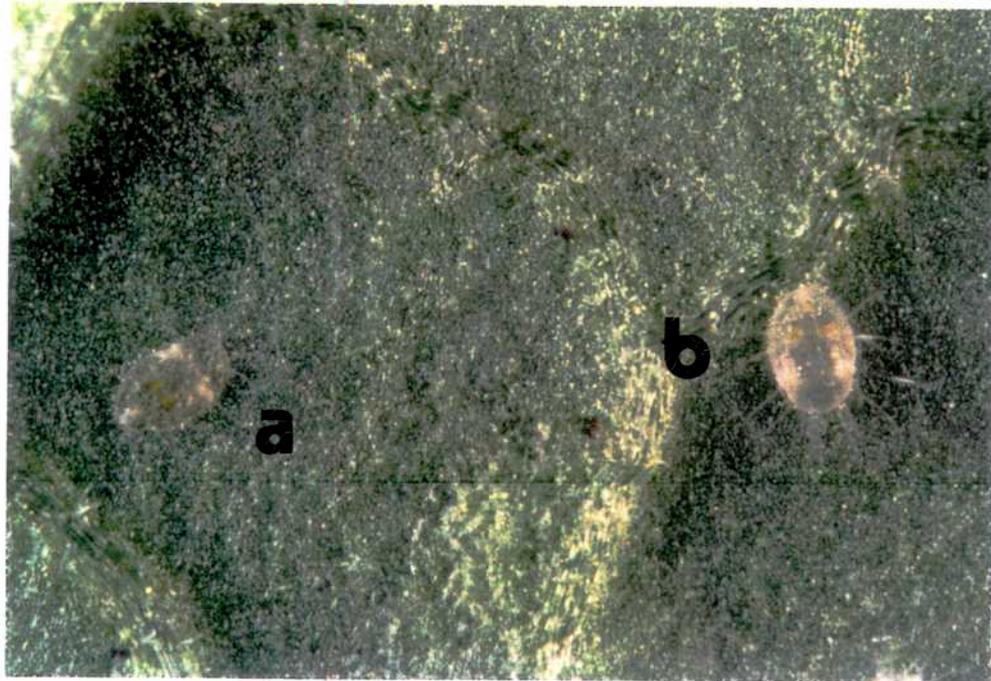
## **ANEXO - FOTOGRAFIAS**



**Fotografía 1:** Huevos de *Trialeurodes vaporariorum*.



**Fotografía 2:** Ninfa 2 (a) y ninfa 3 (b) de *Trialeurodes vaporariorum*.



**Fotografía 3:** Ninfa 4 (a) y "prepupa" (b) de *Trialeurodes vaporariorum*.



**Fotografía 4:** "Pupa" de *Trialeurodes vaporariorum*.



**Fotografía 5:** Adulto de *Trialeurodes vaporariorum*.



Fotografía 6: Adulto (hembra) de *Encarsia formosa*.



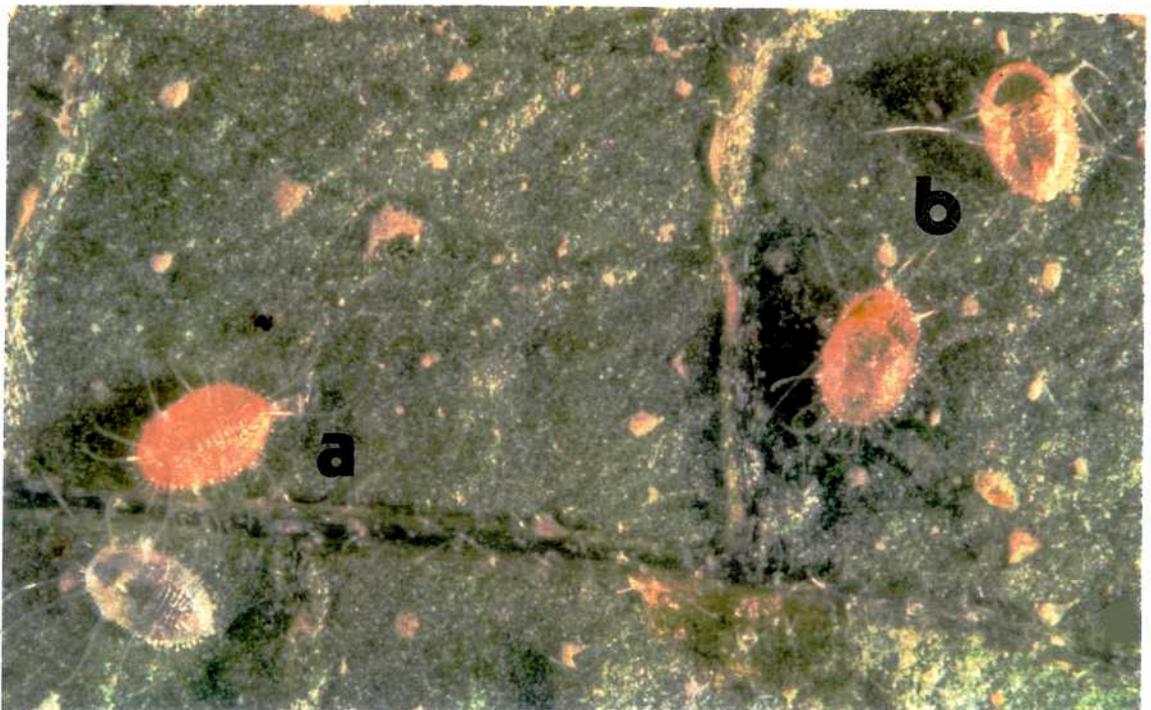
Fotografía 7: Exuvia del 4º estadio ninfal (a), ninfa parasitada por *Encarsia formosa* (b) y ninfa parasitada con orificio de emergencia del adulto parasitoide (c).



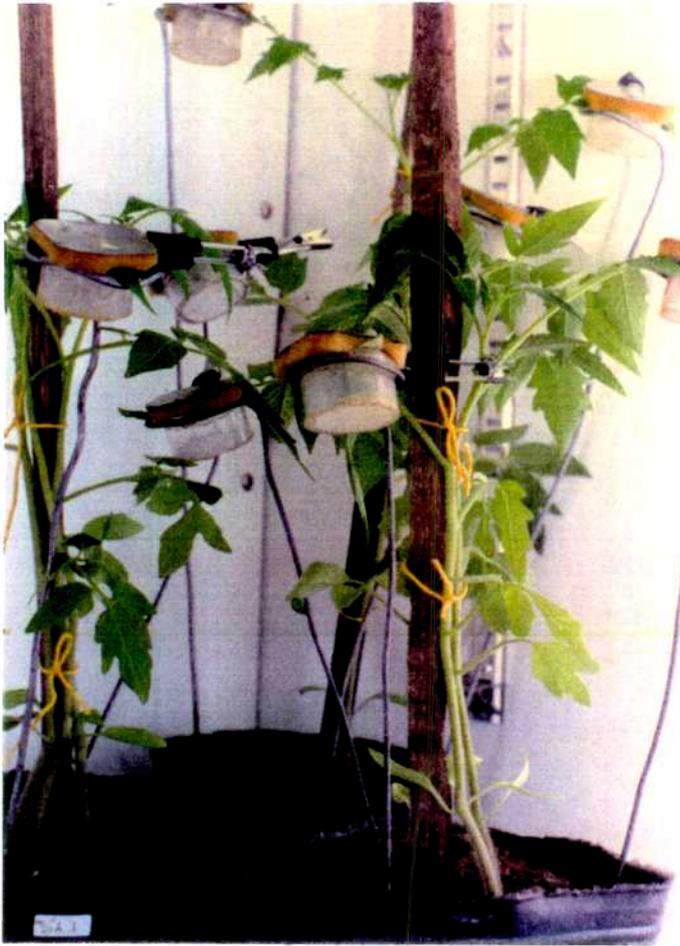
Fotografía 8: Macho de *Eretmocerus corni*.



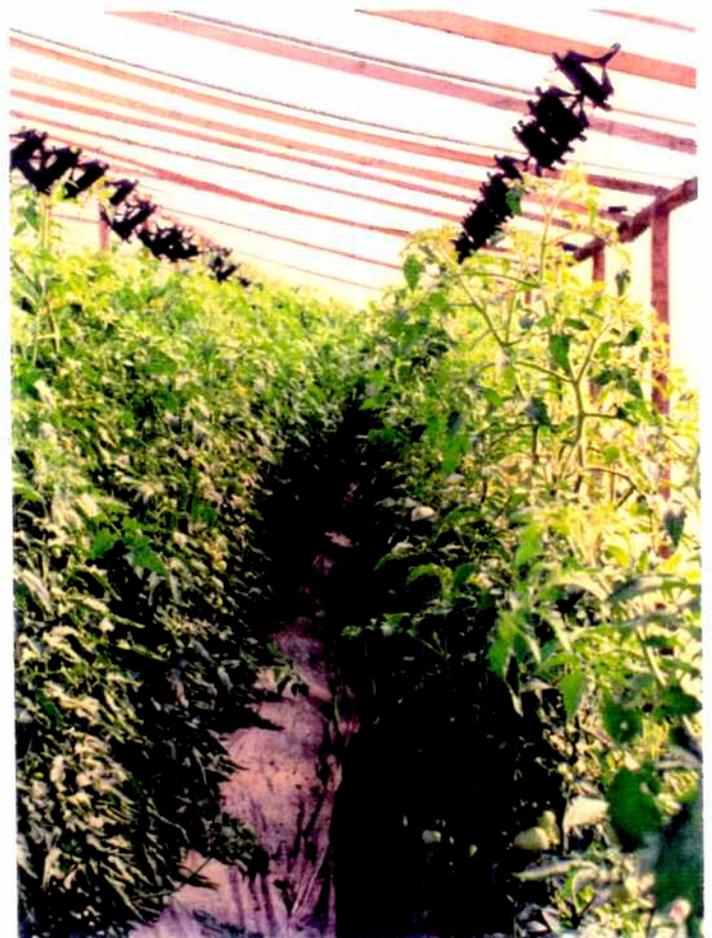
Fotografía 9: Hembra de *retmocerus corni*.



Fotografía 10: Ninfa parasitada por *Eretmocerus corni* (a) y ninfa parasitada con orificio de emergencia del adulto parasitoide (b).



**Fotografía 11:** Jaulitas-clip utilizadas en los estudios de laboratorio.



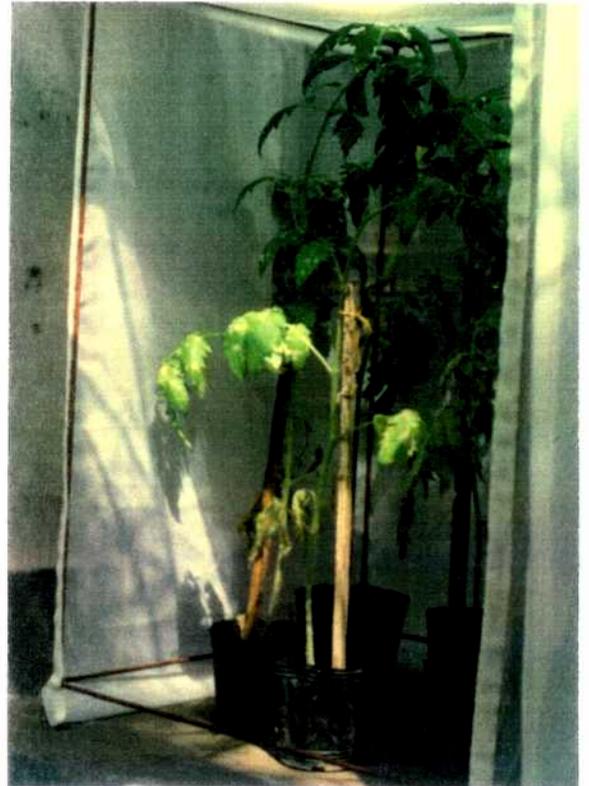
**Fotografía 12:** Vista interior de invernáculo de producción comercial de tomate.



**Fotografía 13:** Invernáculo experimental utilizado para los estudios de interacción interespecífica.



**Fotografía 14:** Jaulas de exclusión utilizadas en los estudios de interacción interespecífica.



**Fotografía 15:** Plantas de tomate en el interior de una jaula de exclusión.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Abou-Setta, M. M., Sorrell, R. W. & C. C. Childers.** 1986. LIFE 48: A basic computer program to calculate life table parameters for an insect or mite species. Florida Entom. 69 (4): 690-697.
- Affeldt, H. A., Thimijan, R. W., Smith, F. F. & R. E. Webb.** 1983. Response of the greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) and the vegetable leafminer (Diptera: Agromyzidae) to photospectra. J. Econ. Entom. 76: 1405- 1409.
- Agekyan, N. G.** 1981. The biological characteristics of the parasite *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae). Entom. Obozr. 60 (1): 92-96.
- Alphen, J. J. M. van, Nell, H. W. & L. A. Sevenstervan der Lelie.** 1976. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae).VII. The importance of host feeding as a mortality factor in greenhouse whitefly nymphs. Bull. IOBC/WPRS. 76: 165-169.
- Arakawa, R.** 1981. Functional response of *Encarsia formosa* Gahan, a solitary endoparasitoid of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* Westwood. Proc. Ass. Plant Protection Kyushu. 27: 94-96.
- Arakawa, R.** 1982. Reproductive capacity and amount of host-feeding of *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera, Aphelinidae). J. appl. Entom. 93: 175-182.
- Begon, M., Harper J. L., & C. R. Colin.** 1988. Ecología: individuos, poblaciones y comunidades. Ediciones Omega. S. A.
- Bellows, T. S. & K. Arakawa.** 1988. Dynamics of preimaginal populations of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) and *Eretmocerus* sp. (Hymenoptera: Aphelinidae) in Southern California Cotton. Environ. Entom. 17 (3): 483-487.
- Benuzzi, M., Nicoli, G. & G. Manzaroli.** 1990. Biological control of *Bemisia tabaci* (Genn.) and *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) by *Encarsia formosa* Gahan on poinsettia. Bull. SROP/WPRS. 5: 27-31.
- Birch, L. C.** 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. J. Anim. Ecol. 17:15-26.
- Blanchard, E. E.** 1936. Apuntes sobre Calcidoideos argentinos nuevos y conocidos. Rev. Soc. entom. Argent. VIII: 7-32.
- Botto, E.** 1990. Estudios básicos sobre *Aphidius ervi* Haliday (Hymenoptera:

Aphidiidae) y análisis de su potencial biológico como agente de control de áfidos plaga. Tesis de Doctorado. F.C.E.yN., Universidad de Buenos Aires. 104 pp.

- Boxtel, W. van, Woets, J. & J. C. van Lenteren.** 1978. Determination of host-plant quality of eggplant (*Solanum melongena* L.), cucumber (*Cucumis sativus* L.), tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) and paprika (*Capsicum annuum* L.) for the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae). Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent. 43/2: 397-408.
- Burnett, T.** 1949. The effect of temperature on an insect host-parasite population. Ecology. 30 (2): 113-133.
- Byrne, D. N. & T. S. Bellows.** 1991. Whitefly biology. Ann. Rev. Entom. 36: 431-457.
- Castañé, C. & R. Albajes.** 1994. Mortality of immature stages of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) on regal geranium, *Pelargonium X domesticum*. Environ. Entom. 23 (6): 1443-1449.
- Daniel, W. W.** 1978. Applied nonparametric statistics. Houghton Mifflin Company, USA. 510 pp.
- De Bach, P.** 1964. El alcance del control biológico. Cap1. Algunos conceptos y preguntas sobre control biológico. Cap.5. En Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas. De Bach, P. & E. Schlinger, eds. Chapman & Hall, London. 949 pp.
- De Santis, L.** 1948. Estudio monográfico de los afelinidos de la República Argentina (Hymenoptera, Chalcidoidea). Rev. Mus. La Plata. 5 (Zool. 32): 23-280.
- De Santis, L.** 1981. Catálogo de los Himenópteros Calcidoideos de América al Sur de los Estados Unidos. Primer Suplemento. Rev. peruana Entom. 24 (1): 1-38.
- Eggenkamp-Rotteveel Mansveld, M. H., Lenteren, J. C. van, Ellenbroek, J. M & J. Woets.** 1982. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). XII. Population dynamics of parasite and host in a large, commercial glasshouse and test of the parasite-introduction method used in the Netherlands. J. appl. Entom. 93: 113-130, 258-279.

- Ehler, L. E. & R. W. Hall. 1982. Evidence for competitive exclusion of introduced natural enemies in biological control. *Environ. Entom.* 11: 1-4.
- Enkegaard, A. 1993. *Encarsia formosa* parasitizing the Poinsettia-strain of the cotton whitefly, *Bemisia tabaci*, on Poinsettia: bionomics in relation to temperature. *Entom. exp. appl.* 69: 251-261.
- Enkegaard, A. 1994. Temperature dependent functional response of *Encarsia formosa* parasitizing the poinsettia-strain of the cotton whitefly, *Bemisia tabaci*, on poinsettia. *Entom. exp. appl.* 73: 19-29.
- Foltyn, S. & D. Gerling. 1985. The parasitoids of the aleyrodid *Bemisia tabaci* in Israel: development, host preference and discrimination of the aphelinid wasp *Eretmocerus mundus*. *Entom. exp. appl.* 38: 255-260.
- Gahan, A. B. 1924. Some new parasitic Hymenoptera with notes on several described forms. *Proc. U. S. Nat. Mus.* LXV, art. 4, nº 2517: 1-23.
- Gameel, O. I. 1969. Studies on whitefly parasites *Encarsia lutea* Masi and *Eretmocerus mundus* Mercet. *Hymenoptera Aphelinidae. Rev. Zool. Bot. Afr.* LXXIX (1-2): 65-77.
- Gerck, A. O., Vilela, E. F., Pires, C. S. S. & A. E. Eiras. 1995. Biometria e ciclo de vida da mosca branca, *Trialeurodes vaporariorum* (West.) e aspectos da orientacao do seu parasitóide *Encarsia formosa* Gahan. *Anles. Soc. Entom. Brasil.* 24 (1): 89-97.
- Gerling, D. 1966a. Studies with whitefly parasites of Southern California. I. *Encarsia pergandiella* Howard (Hymenoptera: Aphelinidae). *Can. Entom.* 98: 707-724.
- Gerling, D. 1966b. Studies with whitefly parasites of Southern California. II. *Eretmocerus californicus* Howard (Hymenoptera: Aphelinidae). *Can. Entom.* 98: 1316-1329
- Gerling, D. 1967. Bionomics of the whitefly-parasite complex associated with cotton in southern California (Homoptera: Aleyrodidae; Hymenoptera: Aphelinidae). *Annls. Entom. Soc. Am.* 60 (6): 1306-1321.
- Gerling, D. 1990. Natural enemies of whitefly: predators and parasitoids. Cap. 7. *Whiteflies: their bionomics, pest status and management.* Gerling, D., ed. Intercept, Andover, UK. 348 pp.
- Gerling, D., Spivak, D. & S. B. Vinson. 1987. Life history and host discrimination of

- Encarsia deserti* (Hymenoptera: Aphelinidae), a parasitoid of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Annls. Entom. Soc. Am.* 80: 224-225.
- Gould, J. R., Bellows, T. S. & T. R. Paine.** 1995. Preimaginal development, adult longevity and fecundity of *Encarsia inaron* (Hym.: Aphelinidae) parasitizing *Siphoninus phillyreae* (Hom.: Aleyrodidae) in California. *Entomophaga.* 40 (1): 55-68.
- Greathead, D. J.** 1986. Parasitoids in Classical Biological Control. Cap. 10. En *Insect Parasitoids.* Waage, J. y D. Greathead, eds. Academic Press, London. 389 pp.
- Hagvar, E. B.** 1989. Interspecific competition in parasitoids, with implications for biological control. *Acta Entom. Bohemoslov.* 86: 321-335.
- Hassel, M. P.** 1978. The dynamics of arthropod predator-prey systems. *Monographs in Population Biology.* Princeton, New Jersey. Princeton University Press. 237 pp.
- Hayward, K. J.** 1944. Las "moscas blancas" (Aleyrodidae) y su control. Estación Experimental Agrícola de Tucumán. Circular N° 128. 6 pp.
- Heinz, K. M. & M. P. Parrella.** 1994. Poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Koltz) cultivar-mediated differences in performance of five natural enemies of *Bemisia argentifolii* Bellows and Perring, n. sp. (Homoptera: Aleyrodidae). *Biol. Control.* 4: 305-318.
- Heinz, K. M. & Nelson.** 1995. Interspecific interactions among natural enemies of *Bemisia* in an inundative biological control program. *Biol. Control.* 6: 384-393.
- Hennessey, R. D., Arredondo Bernal, H. C. & L. A. Rodríguez-Del-Bosque.** 1995. Distribución geográfica y huéspedes alternativos de parasitoides afelínidos de *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Vedalia.* 2: 61-75.
- Holling, C. S.** 1959. Some characteristic of simple types of predation and parasitism. *Can. Entom.* 91: 385-398.
- Huffaker, C. B., F. J. Simmonds & J. E. Laing.** 1976. The theoretical and empirical basis of biological control. Cap. 3. En *Theory and practice of biological control.* Huffaker, C. B. & P. S. Messenger, eds. Academic Press, New York, San Francisco, London. 788 pp.
- Hussey, N. W. & N. E. A. Scopes.** 1985. Biological pest control. The glasshouse

- experience. Hussey, N. W. y N. Scopes, eds. Cornell University Press. 240 pp.
- INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos).** 1997. Sectores económicos. Cap. 6. Anuario Estadístico de la República Argentina. 700 pp.
- Kapadia, M. N. & S. N. Puri.** 1990. Development, relative proportions and emergence of *Encarsia transvena* (Timberlake) and *Eretmocerus mundus* Mercet, important parasitoids of *Bemisia tabaci* (Gennadius). Entomology. 15 (3-4): 235-239.
- Keller.** 1984. Reassessing evidence for competitive exclusion of introduced natural enemies. Environ. Entom. 13: 192-195.
- Lenteren, J. C. van, Nell, H. W., Sevenster-van der Lelie, L. A. & J. Woets.** 1976a. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). I. Host finding by the parasite. Entom. Exp. & appl. 20: 123-130.
- Lenteren, J. C. van, Nell, H. W., Sevenster-van der Lelie, L. A. & J. Woets.** 1976b. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). III. Discrimination between parasitized and unparasitized host by the parasite. J. appl. Entom. 81: 377-380.
- Lenteren, J. C. van, Vanroermund, H. J. W. & S. Sutterlin.** 1996. Biological control of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) with the parasitoid *Encarsia formosa* - How does it work?. Biol. Control. 6 (1): 1-10.
- Lenteren, J. C. van & J. Woets.** 1988. Biological and integrated pest control in greenhouses. Ann. Rev. Entom. 33: 239-269.
- Livdahl, T. P. & A. E. Stiven.** 1983. Statistical difficulties in analysis of predator functional response data. Can. Entom. 115: 1365-1370.
- López, S. N.** 1995. Informe final de Beca de Iniciación del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) (Inédito).
- Mackauer, M.** 1982. Quantitative assesment of *Aphidius smithi* (Hymenoptera: Aphididae): fecundity, intrinsic rate of increase, and functional response. Can. Entom. 115: 399-415.
- Martínez Quintana, O.** 1997. Cinturón hortícola de Buenos Aires y La Plata. pp. 28-

30. En Boletín Hortícola. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. Unidad de Extensión y Experimentación adaptativa, INTA Gran Bs. As. Año 5, N° 14.
- McAuslane, H. J., Johnson, F. A., Knauff, D. A. & D. L. Colvin.** 1993. Seasonal abundance and within-plant distribution of parasitoids of *Bemisia tabaci* (Homoptera, Aleyrodidae) in peanuts. *Environ. Entom.* 22 (5): 1043-1050.
- McAuslane, H. J. & R. Nguyen.** 1996. Reproductive biology and behavior of a thelytokous species of *Eretmocerus* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *Annls. Entom. Soc. Am.* 89 (5): 686-693.
- Merendonk, S. van de & J. C. van Lenteren.** 1978. Determination of mortality of greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae) eggs, larvae and pupae on four host-plant species: eggplant (*Solanum melongena* L.), cucumber (*Cucumis sativus* L.), tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) and paprika (*Capsicum annuum* L.). *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent.* 43/2: 421-429.
- Messenger, P. S.** 1964. Use of life tables in a bioclimatic study of an experimental aphid-braconid wasp host-parasite system. *Ecology.* 45 (1): 119-131.
- Mound, L. A. & S. H. Halsey.** 1978. Whitefly of the world. A systematic catalogue of the Aleyrodidae (Homoptera) with host plant and natural enemy data. British Museum (Natural History). 340 pp.
- Nechols, J. R. & M. J. Tauber.** 1977. Age specific interaction between the greenhouse whitefly and *Encarsia formosa*, influence of host on the parasite's oviposition and development. *Environ. Entom.* 6 (1): 143-149.
- Nell, H. W., Sevenster-van der Lelie, L. A., Woets, J. & J. C. van Lenteren.** 1976. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). II. Selection of host stages for oviposition and feeding by the parasite. *J. appl. Entom.* 81: 372-376.
- Nicoli, G. & M. Benuzzi.** 1989. Lotta biologica con *Encarsia formosa* Gahan (Hym. Aphelinidae) contro *Trialeurodes vaporariorum* (Wetw.) (Rhin. Aleyrodidae) su pomodoro in coltura protetta. *Boll. Ist. Ent. "G. Grandi" Univ. Bologna.* 43:

139-156.

- O'Neil, R. J. 1989. Comparison between laboratory and field measurements of the functional response of *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae). J. Kans. Entom. Soc. 62: 148-155.
- Perera, P. A. C. R. 1982. Some effects of insecticide deposit patterns on the parasitism of *Trialeurodes vaporariorum* by *Encarsia formosa*. Ann. appl. Biol. 101 (2): 239-244.
- Polaszek, A., Evans, G. A. & F. D. Bennett. 1992. *Encarsia* parasitoids of *Bemisia tabaci* (Hymenoptera: Aleyrodidae): a preliminary guide to identification. Bull. entom. Res. 82: 375-392
- Powell, D. A. & T. S. Bellows. 1992. Development and reproduction of two populations of *Eretmocerus* species (Hymenoptera: Aphelinidae) on *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Environ. Entom. 21 (3): 651-658.
- Price, P. W. 1972. Methods of sampling and analysis for predictive results in the introduction of entomophagous insects. Entomophaga. 17: 211-223.
- Rabinovich, J. E. 1980. Introducción a la ecología de poblaciones animales. Compañía Editorial Continental, S. A. México. 313 pp.
- Rogers, D. 1972. Random search and insect population models. J. Anim. Ecol. 41: 369-383.
- SAS Institute. 1985. SAS user's guide: statistics. SAS Institute. Cary, N. C.
- Sas, J. van, Woets, J. & J. C. van Lenteren. 1978. Determination of host-quality of gherkin (*Cucumis sativus* L.), melon (*Cucumis melo* L.) and gerbera (*Gerbera jamesonii* Hook) for the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae). Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent. 43/2: 409-420.
- Sengonca, C., Uygun, N., Ulusoy, M. R. & U. Kersting. 1994a. Laboratory studies on biology and ecology of *Eretmocerus debachi* Rose and Rosen (Hym, Aphelinidae) the parasitoid of *Parabemisia myricae* (Kuwana) (Hem, Aleyrodidae). J. appl. Entom. 118 (4-5): 407-412.
- Sengonca, C., Uygun, N., Ulusoy, M. R. & U. Kersting. 1994b. Parasite-host relationship between *Eretmocerus debachi* Rose and Rosen (Hymenoptera, Aphelinidae) and *Parabemisia myricae* (Homoptera, Aleyrodidae). J. Plant

- Diseases & Protection. 101 (5): 527-533.
- Sharaf, N. & Y. Batta.** 1985. Effect of some factors on the relationship between the whitefly *Bemisia tabaci* (Homopt., Aleyrodidae) and the parasitoid *Eretmocerus mundus* Mercet (Hymenopt., Aphelinidae). J. appl. Entom. 99: 267-276.
- Shishehbor, P. & P. A. Brennan.** 1996a. Parasitism of the castor whitefly, *Trialeurodes ricini* (Homoptera, Aleyrodidae) by *Encarsia formosa* (Hymenoptera, Aphelinidae). Bionomics in relation to temperature. Bull. entom. Res. 86 (1): 67-72.
- Shishehbor, P. & P. A. Brennan.** 1996b. Functional response of *Encarsia formosa* (Gahan) parasitizing castor whitefly, *Trialeurodes ricini* (Hom., Aleyrodidae). J. appl. Entom. 120 (5): 297-299.
- Simmonds, G. S. & O. P. J. M. Minkenberg.** 1994. Field-cage evaluation of augmentative biological control of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in Southern California cotton with the parasitoid *Eretmocerus nr. californicus* (Hymenoptera: Aphelinidae). Environ. Entom. 23 (6): 1552-1557.
- Smith, H. S.** 1919. On some phases of insect control by the biological method. J. Econ. Entom. 12: 288-292..
- Sokal, R. R. & F. J. Rohlf.** 1981. Biometry. Freeman, San Francisco. 453 pp.
- Southwood, T. R. E.** 1978. Ecological Methods. Second Edition. Chapman & Hall, London. 524 pp.
- Speyer, E. R.** 1927. An important parasite of the greenhouse whitefly. Bull. entom. Res. 17: 301-308
- Steel, R. G. D. & J. H. Torrie.** 1981. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. McGraw-Hill Book Company. 633 pp.
- Stehr, F. W.** 1975. Parasitoids and predators in pest management. Cap. 5. En Introduction to insect pest management. Metcalf, R. L. & W. H. Luckmann, eds. John Wiley & Sons, Inc. New York, London, Sydney, Toronto. 587 pp
- Tapia, E. A.** 1970. Estudio preliminar de los Aleirodideos hallados en la Argentina (Homoptera). Act. IV Congr. Latin. Zool. Vol I: 219-234.
- Tawfik, M. F. S., Awadallah, K. T., Hafez, H. & A. A. Sarhan.** 1979. Biology of the aphelinid parasite *Eretmocerus mundus* Mercet. Bull. Soc. entom. Egypte.

62: 33-48.

- Verschoor-van der Poel, P. J. & J. C. van Lenteren.** 1978. Host-plant selection by the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae). Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent. 43/2: 387-396.
- Vet, L. E. M. & J. C. van Lenteren.** 1981. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). X. A comparison of three *Encarsia* spp. and one *Eretmocerus* sp. to estimate their potentialities in controlling whitefly on tomatoes in greenhouses with a low temperature regime. J. appl. Entom. 91: 327-348.
- Vet, L. E. M., van Lenteren, J. C. & J. Woets.** 1980. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). IX. A review of the biological control of the greenhouse whitefly with suggestions for future researchs. J. appl. Entom. 90: 26-51.
- Viggiani, G.** 1984. Bionomics of the aphelinidae. Ann. Rev. Entom. 29: 257-276.
- Viscarret, M. M. & E. N. Botto.** 1997. Presencia de *Siphoninus phillyreae*, "la mosca blanca de los fresnos" (Homoptera: Aleyrodidae) en la Argentina. Rev. Soc. entom. Argent. 56 (1-4): 90.
- Viscarret, M. M., Botto, E. N. & A. Polaszek.** Whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of economic importance and their natural enemies (Hymenoptera: Aphelinidae, Eulophidae, Signiphoridae) in Argentina. En preparación.
- Visser, J. H.** 1986. Host odor perception in phytophagous insects. Ann. Rev. Entom. 31: 121-144.
- Wiedemann, R. N. & R. J. O'Neil.** 1991. Laboratory measurement of the functional response of *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae). Environ. Entom. 20 (2): 610-614.
- Williams, T. & A. Polaszek.** 1996. A re-examination of host relations in the Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea). Biol. J. Linnean Soc. 57: 35-45.
- Woets, J. & J. C. van Lenteren.** 1976. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). VI. The influence of the host plant on the

greenhouse whitefly and its parasite *Encarsia formosa*. Bull.O.I.L.B./S.R.O.P.  
76: 125-137.

**Zabudskaya, I. A.** 1989. Biological control of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera, Aleyrodidae). Acta Entom. Fennica. 53: 73-76.