Ecología Austral: 5:105-110,1995
Asociación Argentina de Ecología

Parámetros biológicos del parasitoide *Encarsia formosa* (Gahan) (Hymenoptera: Aphelinidae) en condiciones de laboratorio

Silvia N. López y Eduardo N. Botto
INTA, Insectario de Investigaciones para Lucha Biológica, IMYZA, CICA, Castelar (1712) Buenos Aires, Argentina

Resumen. Encarsia formosa *es el parasitoide más utilizado para el control biológico de la mosca blanca de los invernáculos,* Trialeurodes vaporariorum*. Dado que en la Argentina no existen antecedentes sobre estudios biológicos de este entomófago, el objetivo de este trabajo fue analizar los siguientes parámetros biológicos de* E. formosa*: supervivencia (1_x) fecundidad específica (m_x), tasa intrínseca de incremento poblacional (r_m) tasa neta de reproducción (R_0) y tiempo generacional (T). Para ello se obtuvieron las tablas de vida y de fecundidad utilizando a* T. vaporariorum *como huésped y al tomate como planta hospedera. Bajo las condiciones experimentales utilizadas se obtuvieron los siguientes resultados: mortalidad en el estado de pupa =4%; longevidad media del adulto =10.4 d; l_{x50} (adultos)=8-9 d; r_m=0.283 pupas parasitadas / ♀ / d, R_0=155.6 pupas parasitadas/hembra; T=17.9 d. Las curvas l_x-m_x y los parámetros poblacionales analizados indican que la población local de* E. formosa *estudiada posee un gran potencial para ser utilizada como agente de biocontrol de* T. vaporariorum.

Abstract. *The estimation of biological parameters of natural enemies is an important tool in applied biological control since it contributes to reduce the risk of selecting the wrong agents. Population parameters like the intrinsic rate of increase (r_m) have been widely used as indices of the potencial performance of natural enemies. This paper deals with the development of life and fecundity tables to estimate r_m and other biological parameters (i.e., the net reproductive rate R_0, survival lx, specific fecundity m_x, generational time T) in the parasitic wasp* Encarsia formosa*, a biological control agent to be used against the greenhouse whitefly* Trialeurodes vaporariorum*, in Argentina. Under the experimental conditions performed the estimated parameters were: r_m=0.283 parazitized pupae / ♀ / d; l_x, (immature stages) =96%; mean longevity of adults =10.4 days; survival ($lx_{50\%}$) of adults =8-9 days; R_0= 155.6 parasitized pupae / ♀ ; T=17.9 days. This is the first time that* E. formosa *is evaluated regarding its potential as a biocontrol agent of the greenhouse whitefly in Argentina.*

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, especialmente en aquellos basados en la introducción de enemigos naturales (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 1986, van Lenteren y 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 1986).

Entre los atributos biológicos que permiten estimar el potencial de un enemigo natural como agente de biocontrol se destacan el tiempo de desarrollo, la capacidad reproductiva y la supervivencia. Bajo condiciones no limitantes 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 según Messenger (1964), radica en (a) el conocimiento del potencial de crecimiento de la población bajo determinadas condiciones, aun cuando éstas sean ideales, (b) la utilización de r_m como un índice de la respuesta de la especie a los factores bioclimáticos y (c) la comparación del 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).

El objetivo de este trabajo es evaluar los atributos biológicos (ej. supervivencia, fecundidad, r_m del parasitoide *Encarsia Formosa*. Este entomófago fue introducido en la Argentina en 1981 para el control biológico de la mosca blanca de los invernáculos *Trialeurodes vaporariorum* (Homóptera: Aleyrodidae), una importante plaga de cultivos protegidos (Botto comunicación personal). Si bien *E. Formosa* ha sido exitosamente utilizada en todo el mundo para el control de moscas blancas (Vet et al. 1980), su empleo en el país no ha sido convenientemente evaluado. La información disponible sobre numerosos aspectos de su biología es abundante (Vet et al. 1980, Vet y van Lenteren 1981), pero los estudios que contemplan la evaluación de sus principales parámetros poblacionales son escasos (Arakawa 1982). En tal sentido, este trabajo permitirá evaluar el potencial de *E. Formosa* como agente de control biológico de *T. vaporariorum* en la Argentina.

Materiales y Métodos

Para el estudio de los parámetros poblacionales de *E. Formosa* se emplearon técnicas de tablas de vida y de fecundidad (Southwood 1978). Tanto el huésped (*T. vaporariorum*) como el parasitoide (*E. Formosa*) utilizados en este estudio, procedieron de crías mantenidas en el Insectario de Investigaciones para Lucha Biológica, IMYZA, INTA, Castelar. La generación parental de *E. Formosa* fue obtenida de pupas parasitadas de *T. vaporariorum* sobre cultivos de tomate (*Lycopersicum esculentun*) en invernáculos de Castelar, provincia de Buenos Aires, Argentina.

Plantas de tomate desarrolladas en invernáculo, fueron infestadas con 50-70 adultos de moscas blancas dispuestos en jaulitas-clip de 3 cm de diámetro ubicadas sobre los folíolos de las plantas. 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±2°C y 50-70% de humedad relativa (HR), hasta que las ninfas alcanzaron el 3er y 4° estadío, (aproximadamente unos 14 días).

Un total de 16 hembras de *E. Formosa*, de menos de 21 h de vida y sin experiencia previa (naive), fueron expuestas individualmente (en jaulitas similares a las descriptas) a cohortes de aproximadamente 20-60 ninfas del 3er y 4° estadío de *T. vaporariorum*. Una traza de miel en cada jaulita sirvió como alimento para los parasitoides. Las condiciones ambientales durante la exposición fueron: temperatura =25±1°C, HR=50-80%, fotoperíodo=14L:10O. La iluminación fue provista por 6 tubos fluorescentes de 40W. Cada 24 h durante la vida reproductiva cada hembra parásita fue expuesta a nuevas cohortes del huésped similares a las descriptas. Las plantas con las cohortes de moscas blancas expuestas al parasitoide fueron colocadas en una cámara bajo condiciones ambientales semejantes a las ya referidas. Diariamente y para cada hembra del parasitoide se registraron el número de ninfas del huésped parasitadas (éstas adquieren una coloración negra característica) y la progenie (F_1).

Para la construcción de las tablas de vida y de fecundidad de *E. Formosa* se registraron la edad del parasitoide en días (x) y la proporción de sobrevivientes (l_x) a la edad x. Para los estados inmaduros (huevo-pupa), l_x, se estimó como la proporción del número de adultos nacidos de la F_1 respecto del total de pupas parasitadas. La fecundidad específica por edades de los adultos (m_x) se expresó de dos maneras, como el promedio de progenie ♀/♀ de la edad x por día y como el promedio de pupas parasitadas / ♀ /d.

Los siguientes parámetros poblacionales fueron estimados:

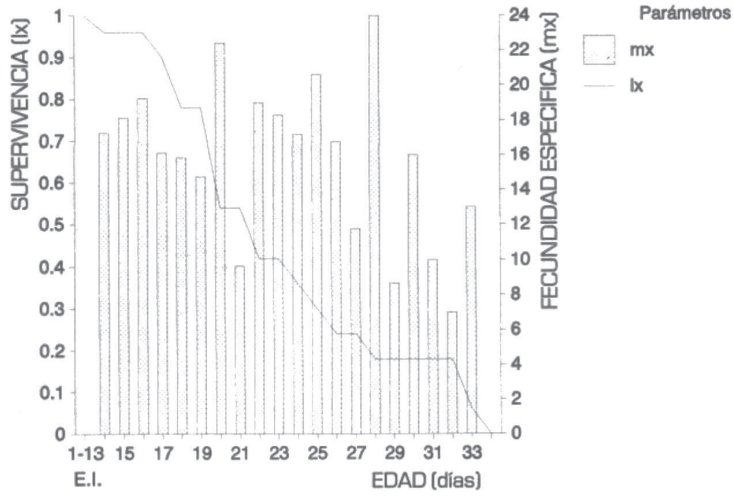

Figura 1. Curvas de supervivencia (l_x) y fecundidad específica (m_x) de *Encarsia formosa.* EI: estados inmaduros.

Figure 1. Survivorship (l_x) and specific fecundidy (m_x) curves of *Encarsia formosa.* EI: immature stages.

Tasa neta de reproductón (Ro): promedio de descendientes femeninos producidos por un individuo en el transcurso de su vida (Begon 1988): $Ro = \Sigma\ lx\ m_x$

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): $T= \Sigma\ x\ lx\ m_x/R_0$

Tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r_m), estimada a partir de la siguiente ecuación: $T= \Sigma\ l_x\ m_x\ e^{-rmx}= 1$ (Birch 1948)

Los intervalos de confianza para r_m se estimaron de acuerdo con el método de "bootstrap" utilizado por Verde (1992).

Resultados y Discusión

Supervivencia de los estados inmaduros

Durante este estudio, sólo se evaluó la l_x del período pupa-adulto (promedio: 96.6 % ; d.s: 1.9; n: 16). Este valor de l_x fue comparativamente mayor que el obtenido por Agekyan (1981) (56-75 %) a 21-24°C, pero semejante al registrado por Nechols y Tauber (1977) (87-93%) a 25±2°C. La estimación de la l_x de los estados inmaduros de endoparasitoides es en general difícil, especialmente para las etapas del desarrollo que transcurren entre la oviposición (estado de huevo) y el estado de pupa. Los resultados aquí obtenidos para *E. Formosa,* representan una aproximación (sobrestimación) de la l_x de los estados inmaduros ya que sólo se considera el lapso pupa-adulto. La elevada supervivencia del estado pupal observada en este estudio resultó satisfactoria considerando la importancia de este parámetro para la multiplicación masiva del parasitoide bajo condiciones controladas.

Supervivencia y Fecundidad de los adultos

Tanto la supervivencia como la fecundidad de *E. Formosa* fueron evaluadas mediante el análisis de las curvas l_x - m_x (Figura 1). La curva l_x refleja una alta supervivencia de los adultos de *E. Formosa,* ya que el 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 longevidad resultó en promedio de 10.4 d variando entre 3 y 20 d. La longevidad máxima fue menor que aquélla observada para hembras no expuestas al huésped y alimentadas con miel (36 d) (López, datos no publicados). En este estudio, la

Tabla 1. Parámetros poblacionales de *E. Formosa* estimados según dos formas de cálculo de la fecundidad específica (m_x). PPRS: promedio de pupas parasitadas; PRG: progenie; d.s: desvío estándard de r_m; IC 95%: intervalo de confianza para r_m, α : 0.05.
Table 1. Population parameters of *E. formosa* estimated from two ways of calculating the specific fecundity (m_x). PPRS: mean of parasitized pupae; PRG: progeny; d. s.: standard deviation of r_m; IC 95%: confidence interval for r_m, α: 0.05.

	Fecundidad específica	
Parámetros poblacionales	PPRS/♀/d	PRG/♀/♀/d
Ro	155.639	150.482
r_m	0.283	0.281
d.s.	0.004	0.004
IC 95%	0.275-0.29	0.272-0.288
T (días)	17.966	17.994

longevidad promedio resultó menor que las registradas por otros autores trabajando bajo condiciones experimentales similares (Arakawa 1982) o diferentes (ver Vet y van Lenteren 1981). La comparación entre los valores de la longevidad aquí presentados y aquellos obtenidos por otros autores es difícil debido a las diferentes condiciones experimentales utilizadas (ej., temperatura, disponibilidad de alimento).

Respecto de la fecundidad, la curva de m_x obtenida para las hembras de *E. formosa,* muestra una actividad de oviposición variable pero continua hasta la muerte de los adultos. Si bien no fue posible describir un período de fecundidad máxima, la m_x decreció significativamente con el aumento de la edad reproductiva (coeficiente de correlación de Kendall τ = -0.31, n = 20, P < 0.05) (Daniel 1978). Este patrón de oviposición fue semejante al hallado por Vet y van Lenteren (1981) a una temperatura menor (17°*C*) y una mayor disponibilidad de huéspedes (75-100 ninfas/día), pero no coincidió con los hallados para otros afelínidos, como *Prospaltella perniciosi* (= *E. perniciosi*) (Flanders 1955), *E. pergandiella* (Gerling 1966) y *E. deserti* (Gerling et al. 1987), en los que el período de oviposición se concentró en los primeros 15 días independientemente de la longevidad de la hembra. De acuerdo con Gerling (1966) 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 oviposturas que abarcaría toda la vida reproductiva del parasitoide. De acuerdo con estudios de respuesta funcional realizados en este laboratorio (López, no publicados), la disponibilidad de huéspedes ofrecida a *E. Formosa* en este trabajo (20-60 ninfas/día) no habría actuado como limitante de la actividad de oviposición del parasitoide, al menos, para los cinco primeros días de vida reproductiva.

La m_x promedio estimada fue de 15.8 pupas parasitadas/♀ /d, valor que resultaría razonablemente similar al registrado por Arakawa (10-20 huevos/♀ /d) (Vet y van Lenteren 1981). La fecundidad total registrada durante la edad reproductiva (Σ m_x= 315.7 pupas parasitadas /♀) resultó más baja que la obtenida por el mismo autor (Σ m_x =442 huevos/♀) debido a la menor longevidad promedio, pero fue comparativamente mayor que la obtenida por Agekyan (1981), (Σ m_x=50-120 huevos/ ♀). Debe notarse que los referidos autores expresaron m_x en función del número de huevos y no de pupas parasitadas como en este trabajo.

La Σ m_x estimada en función de la progenie 4 /♀ /d produjo una curva de fecundidad semejante a la de la Figura 1. Este resultado es lógico si se tiene en cuenta que la mortalidad durante el período pupa-adulto no superó el 4%.

Parámetros poblacionales

Como se dijera oportunamente, r_m está íntimamente ligada al valor de parámetros tales como R_0, T

y la tasa sexual. Cualquier variación en estos afectará a la r_m. En este estudio el valor de R_0 varió según la m_x utilizada en su cálculo (pupas parasitadas/ ♀ /d o progenie ♀/♀ /d). La R_0 que considera la progenie♀ producida por los adultos resultó menor debido a que incluye la mortalidad que ocurre durante el estado de pupa del parasitoide (4 %). Sin embargo, esta variación de R_0 no provocó cambios significativos en el valor de r_m (Tabla 1).

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 especifica en las formas inmaduras (ej., pupa) provocando una disminución significativa de r_m. Del mismo modo la mortalidad diferencial entre sexos en la progenie podría conducir a desvíos marcados en la tasa sexual afectando a la r_m. En este sentido, cabe mencionar que *E. Formosa* es una especie telitóquica (su progenie es integramente femenina).

El valor de r_m estimado para el parasitoide (r_m=0.283 ♀/♀/d) resultó similar al obtenido por Arakawa (1982) trabajando bajo condiciones experimentales semejantes, excepto la planta hospedera: (tabaco). Sin embargo, el r_m de *E. Formosa* fue comparativamente superior al referido por Zabudskaya (1989) para *T. vaporariorum* (r_m=0.061 ♀/♀ /d) trabajando a una temperatura de 27ºC. 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. Vale aclarar aquí un aspecto importante no evaluado en este estudio: *E. Formosa* no sólo mata a su huésped al reproducirse, sino también al alimentarse de ciertos estadíos ninfales (host-feeding); esta causa de mortalidad adicional actúa aumentando la eficiencia del parasitoide para controlar a la plaga.

Es importante realizar una última consideración acerca de la influencia de la temperatura sobre los parámetros biológicos analizados y su importancia en la utilización del parasitoide en control biológico. Diversos autores han demostrado que para el sistema *E. Formosa - T. vaporariorum* el aumento de temperatura provoca un aumento de la fecundidad y una disminución del ciclo de vida del parasitoide en relación con su huésped (Vet et al. 1980), con lo que el control de la mosca blanca por el parasitoide mejora gradualmente. Sin embargo, estos estudios se llevaron a cabo a temperaturas no mayores de 27ºC, en virtud del clima y las necesidades de producción hortícola de los países del norte de Europa y América. En la Argentina, por el contrario, las condiciones de producción hortícola bajo cubierta (principalmente de tomate) son muy diferentes; los invernáculos comerciales generalmente carecen de regulación térmica, con lo que las temperaturas máximas en el periodo primavera-verano alcanzan valores que varían entre 30 y 40°C. Si bien es de esperar que la población local de *E. Formosa* esté adaptada a estas condiciones, seria de especial interés evaluar su desenvolvimiento como agente de biocontrol a mayores temperaturas, considerando el potencial evidenciado en estos estudios.

Agradecimientos. S. N. L es becaria de iniciación del CONICET. Los autores agradecen a dos referees anónimos por las sugerencias y valiosos comentarios efectuados sobre el manuscrito.

Bibliografía

Agekyan, N.G. 1981. The biological characteristics of the parasite *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae). Entomologicheskoe Obozrenie. 60:92-96.

Arakawa, R. 1982. Reproductive capacity and amount of host-feeding of Encarsiaformosa Gahan (hymenoptera: Aphelinidae). Zeitschrift für Angewandte Entomologie. 93:175-182.

Begon, M., J.L. Harper y C.R. Colin. 1988. Ecología: individuos, poblaciones y comunidades. Ediciones Omega. S. A. 886 pp.

Birch, L.C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. J. Anim. Ecol. 17:15-26.

Botto, E. N. 1990. Estudios básicos sobre *Aphidius ervi* Haliday (Hymenoptera: Aphidüdae) y análisis de su potencial biológico como agente de control de áfidos plaga. Tesis doctoral en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

Daniel, W.W. 1978. Applied nonparametric statistics. Houghton Mifflin Company, USA. Pp. 510 .

De Bach, P. 1964. Biological Control of Insect Pests and Weeds. De Bach, P. y E. Schlinger (eds.). Chapman and Hall, London. Pp. 844.

Flanders, S.E. 1955. The utilization of entomophagous insects. A mimeographed paper originating as a series of lectures presented at the University of Naples. Pp. 157. (*lnédito*).

Gerling, D. 1966. Studies with whitefly parasites of southern California. I. *Encarsia pergandiella* Howard (Hymenoptera: Aphelinidae). Can. Entomol. 98:707-724.

Gerling, D., D. Spivak, y S.B. Vinson. 1987. Life history and host discrimination of *Encarsia deserti* (Hymenoptera: Aphelinidae), a parasitoid of *Bemisia* tabaci (Homoptera: Aleyrodidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 80:224-229.

Greathead, D.J. 1986. Parasitoids in Classical Biological Control. Cap. 10, pp. 290-318. En: Insect Parasitoids. Waage, J. y D. Greathead (eds.), Academic Press Inc., London.

Messenger, P.S. 1964. Use of life tables in a bioclimatic study of an experimental aphid-braconid wasp host-parasite system. Ecology. 45:119-131.

Nechols, J.R. y M.J. Tauber. 1977. Age especific interaction between the greenhouse whitefly and *Encarsia formosa:* influence of host on the parasite's oviposition and development. Environ. Entomol. 6:143-149.

Price, P.W. 1972. Methods of sampling and analysis for predictive results in the introduction of entomophagous insects. Entomophaga. 17:211-223.

Southwood, T.R.E. 1978. Ecological Methods. Second Edition. Chapman and Hall. 524 pp, London

van Lenteren, J. C. 1986. Parasitoids in the Greenhouse: Successes with Seasonal Inoculative Release Systems. Cap. 12, pp. 342-374. En: Insect Parasitoids. Waage J. y D. Greathead (eds.), Academic Press Inc., London.

van Lenteren, J. C. y J. Woets. 1988. Biological and integrated pest control in greenhouses. Ann. Rev. Entomol. 33:239-269.

Verde, P. 1992. Inferencia sobre la velocidad de crecimiento de una población. Tesis Magister Scientiae. Escuela para Graduados. F.A.U.B.A.-I.N.T.A. 102 pp.

Vet, L.E.M., J.C. van Lenteren y 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. Entomol. 90:26-51.

Vet, L.E.M. y J.C. van Lenteren. 1981. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae)andTrialeurodesvaporariorum(Homoptera: Aleyrodidae). X. Acomparison of three *Encarsia* spp. and one *Eretmocerus sp. to* estimate their potentialities in controlling whitefly on tomatoes in greenhouses with a low temperatures regime. Z. ang. Ent. 91:327-348.

Zabudskaya, 1. A. 1989. Biological control of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera, Aleyrodidae). Acta Entomologica Fennica. 53:73-76.

Recibido: Julio 6, 1994
Aceptado: Marzo 15, 1995