

Respuesta numérica y funcional de *Tamarixia radiata* Waterston 1922 (Hymenoptera: Eulophidae) a diferentes densidades de ninfas de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)

Heyker L Baños Díaz, Ileana Miranda Cabrera, María de los Ángeles Martínez, Susana Ramírez, Adayakni Sánchez Castro

Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). Autopista Nacional y Carretera de Jamaica. Apdo 10, San José de las Lajas. Provincia Mayabeque. Cuba. E-mail: hlellani@censa.edu.cu

Resumen

BAÑOS D HL, MIRANDA CABRERA I, MARTÍNEZ MA, RAMÍREZ S, SÁNCHEZ CASTRO A. 2014. Respuesta numérica y funcional de *Tamarixia radiata* Waterston 1922 (Hymenoptera: Eulophidae) a diferentes densidades de ninfas de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). ENTOMOTROPICA 29(3): 139-148.

Tamarixia radiata Waterston constituye uno de los enemigos naturales más estudiados desde el punto de vista del control biológico de *Diaphorina citri* Kuwayama, plaga devastadora para la citricultura mundial. Se realizaron estudios de la respuesta funcional y numérica de *T. radiata*, utilizando ninfas del cuarto y quinto instar de *D. citri*. La respuesta funcional del enemigo natural mostró un aumento del parasitismo hasta un valor de 35 individuos parasitados en 24 horas, correspondiéndose con una curva de tipo II según el modelo de Roger 1972, con una tasa de ataque de 0,027 y un tiempo de manipulación de 0,048 s/hospedante, con un coeficiente de determinación (R^2) de 0,99. La descendencia de *T. radiata* aumentó con el incremento de la densidad del hospedero hasta un nivel de 45 individuos y a esta misma densidad, disminuyó la eficacia del parasitoide para regular las poblaciones de *D. citri*; a su vez, la tasa de ataque mostró los mayores valores cuando se liberó una sola pareja del parasitoide que cuando se liberaron 5 y 10 parejas. Los resultados obtenidos sustentan la selección de *T. radiata* para el control biológico de *D. citri* en Cuba y sientan las bases para futuros estudios con el parasitoide.

Palabras clave adicionales: Control biológico, citricultura, parasitoides, respuesta reproductiva.

Abstract

BAÑOS D HL, MIRANDA CABRERA I, MARTÍNEZ MA, RAMÍREZ S, SÁNCHEZ CASTRO A. 2014. Numerical and functional response of *Tamarixia radiata* Waterston 1922 (Hymenoptera: Eulophidae) to varying nymphal densities of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). ENTOMOTROPICA 29(3): 139-148.

Tamarixia radiata Waterston is one of the most studied natural enemies in the biological control of *Diaphorina citri* Kuwayama, a devastating pest for citrus industry worldwide. Studies were conducted to evaluate the numerical and functional response of *T. radiata*, using nymphs of fourth and fifth instar of *D. citri*. The functional response showed an increase to 35 individuals parasitized in 24 hours corresponding with a curve of type II according to the Roger model (Roger 1972) with an attack rate of 0,027 and handling time of 0,048 s/host, with a coefficient of determination (R^2) of 0,99. Offspring increased when increasing density to 45 individuals, but at this same density, the effectiveness of the parasitoid to regulate *D. citri* populations decreased. The attack rate showed the highest values when one single parasitoid pair was released, compared with the release of 5 or 10 pairs. The results obtained support the selection of *T. radiata* as biological control agent of *D. citri* in Cuba and laid the foundation for future studies with this parasitoid.

Additional key words: Biological control, citrus crop, parasitoids, reproductive response.

Introducción

Los cítricos es uno de los cultivos de mayor importancia económica a nivel mundial (FAO 2012). De todas las enfermedades de los cítricos descritas hasta ahora, la enfermedad Huanglongbing, se considera como la más destructiva y es transmitida por el vector *Diaphorina citri* Kuwayama, 1907 (Bellis et al. 2005).

El método más usado para el control del hemíptero-vector es la aplicación de productos químicos; sin embargo, esto ha traído como consecuencia el desequilibrio ecológico y la resistencia de insectos a los plaguicidas, así como la aparición de plagas secundarias y la disminución de los enemigos naturales, por lo que los esfuerzos de las investigaciones para el manejo del psílido se han concentrado en el control biológico de este insecto (Rae et al. 1997).

Se conoce que las especies asiáticas *Tamarixia radiata* Waterson (Hymenoptera: Eulophidae) y *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Shafee, Alam & Argarwal) (Hymenoptera: Encyrtidae) fueron importadas a numerosos países para su empleo en programas de control biológico clásico con muy buenos resultados (Vaccaro y Bouvet 2006). Ambas especies disminuyeron sustancialmente las poblaciones del fitófago y con ello se limitó la transmisión de la enfermedad (Mc Farland and Hoy 2001, Grafton-Cardwell et al. 2006).

La influencia del comportamiento de los parasitoideos sobre la dinámica de sus poblaciones y las de sus hospedadores posee su mejor ejemplo en la respuesta funcional. El término, usado originalmente por Solomon (1949), describe la relación entre el número de presas consumidas por un depredador en función de la densidad de la presa, en un espacio e intervalo de tiempo fijo.

Según Ceballos y Martínez (2002), un enemigo natural efectivo es aquel capaz de regular la densidad de población de una plaga, y mantenerla en niveles por debajo del umbral

económico establecido para un determinado cultivo. Existen criterios para la evaluación y detección de enemigos naturales potencialmente promisorios (Lenteren et al. 2008), dentro de los cuales, la eficiencia de búsqueda, la respuesta funcional y numérica, y la interferencia son contribuciones claves para la caracterización de los enemigos naturales (Lenteren 2009, Tahriri et al. 2007, Bayoumy 2011). Estas interacciones y otras que puedan ocurrir entre los parasitoideos, son aspectos relevantes para comprender el éxito o fracaso como agentes de control biológico. Así mismo, son factores a tener en cuenta tanto para la selección de los agentes adecuados, así como para las tomas de decisiones acerca de sus liberaciones (López et al. 2005).

En Cuba, el parasitoide *T. radiata* no se introdujo intencionalmente, fue encontrado asociado a la plaga (Gonzales et al. 2000). Investigaciones llevadas a cabo en Cuba por González et al. (2007) evidenciaron niveles de parasitismo entre 30,72 % y 97,26 %. Posteriormente, Fernández y Miranda (2007) informaron que los niveles de parasitismo por *T. radiata* en la Isla de la Juventud fueron de 37 %, lo que indica que el control aún era bajo y no se solucionaba de forma eficaz el problema fitosanitario que requería ese territorio. El objetivo del presente estudio fue evaluar en el laboratorio el potencial del parasitoide *T. radiata* para regular las poblaciones de *D. citri* en Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Determinación de la respuesta funcional y numérica. Potencial y eficiencia de búsqueda a diferentes densidades.

Se utilizaron 30 frascos de cristal de 30 ml de capacidad, con agua en su interior y la boca cubierta con papel de aluminio, sobre el cual se practicó un orificio por donde se introdujo una hoja de *Murraya paniculata* con tres foliolos. Dichos frascos fueron introducidos en otros de mayor capacidad (500 ml) y posteriormente

se inoculó cada hoja con diferentes densidades (5,10, 15, 20, 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85, 95,105) de ninfas del cuarto y quinto instar de *D. citri* procedentes de la cría del fitófago sobre *M. paniculata*, en el Laboratorio de Entomología del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA) en Mayabeque, Cuba. Para cada tratamiento se realizaron cinco repeticiones. La opción de utilizar plantas de esta especie como hospedante alternativo para las crías fue recomendada por Etienne 2007 (comunicación personal), quien señaló que constituyen un hospedante de más fácil manejo, en comparación con las plantas de lima, limón o naranja.

Para cada densidad se utilizó una hembra y un macho del parasitoide de 24 horas de emergidos. Al cabo de las 24 horas, los machos fueron retirados con ayuda de un aspirador, de forma rápida para evitar que escaparan las hembras, mientras que estas últimas permanecieron por 24 horas en el interior de los frascos, los cuales fueron tapados con mallas antiáfidos y mantenidos a $28^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, 70 % ± 10 % humedad relativa y 14 horas luz. Trascurrido las 24 horas, las hembras fueron retiradas y se observaron diariamente para determinar el número de ninfas parasitadas y el número de descendientes por densidad en estudio.

A partir de los resultados obtenidos se determinó el tipo de respuesta funcional (número de hospederos parasitados), número de descendientes del parasitoide (respuesta numérica), el tiempo de manipulación y el coeficiente de ataque según la ecuación de disco de Holling (1959), un modelo polinomial y la ecuación de ataque aleatorio de Rogers (1972).

Holling

$$\text{Na} = aT\text{No} / 1+aT\text{No}$$

Dónde: Na: número de ninfas parasitadas por parasitoide; No: número inicial de hospedadores; a: tasa de búsqueda; T: tiempo evaluado y Th: tiempo de manipulación.

Modelo polinomial

$$\text{Na} = \beta_0 + \beta_1 \text{No} + \beta_2 \text{No}^2$$

Donde: β_i : coeficientes del polinomio ($i = 0,1,2$); Na: número de ninfas parasitadas por parasitoide; No: número inicial de hospedadores.

Rogers

$$\text{Na} = \text{No} [1 - \exp(-aTPt / 1+aThNo)]$$

Dónde: Na: número de ninfas parasitadas por el parasitoide; No: número inicial de hospedadores; a: tasa de búsqueda; T: tiempo evaluado; Pt: número de parasitoides y Th: tiempo de manipulación.

También se estimó el potencial individual de *T. radiata* bajo las densidades en estudio y eficiencia en la búsqueda mediante la fórmula de Hassell (1978):

$$E = \text{Na}/\text{No}$$

Dónde: E: eficiencia de búsqueda; Na : número de ninfas parasitadas por el parasitoide y No: número inicial de hospedadores.

El potencial individual de una hembra de *T. radiata* para suprimir a las ninfas de *D. citri* a diferentes densidades fue determinado mediante el producto de las ninfas parasitadas y la tasa de ovoposición (Cantidad de huevos/hembra/día), dividido entre la densidad del hospedador y expresada en porcentaje de parasitismo por día (Sandness and McMurtry 1972).

Eficiencia de búsqueda (Interferencia)

Se conformaron tres tratamientos con densidades de 1, 5 y 10 parejas de adultos de *T. radiata* de 24 horas de emergidas y cada variante se replicó cinco veces.

Para cada densidad del parasitoide, se utilizaron placas Petri de 90 mm de diámetro a las cuales se le colocó una hoja de *Citrus sinensis* Osbeck var. Valencia, a la que se le practicó un corte transversal en el pecíolo y se cubrió con un algodón embebido en agua. Sobre la hoja se depositaron 30 ninfas del 4to - 5to instar de *D.*

citri y las placas se colocaron en una incubadora. Transcurridas 24 horas se retiraron las parejas y se realizaron revisiones diarias hasta la aparición de las momias y la emergencia de los adultos. El experimento se mantuvo bajo condiciones de temperatura de $28^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, humedad relativa $70 \pm 10\%$ y 14 horas luz.

Para el análisis de este efecto se empleó la ecuación de mutua interferencia de Hassell y Valley (1969):

$$\log a = \log Q - m \log P$$

Dónde: a: tasa de ataque del parasitoide = $1/P \ln(N_0/N)$; m: constante mutua de interferencia. Log Q: intercepto, valor del Log cuando el log de la densidad del parasitoide es cero (número de parasitoides = 1). N_0 : número total de hospedadores; N: número de hospedadores que sobreviven al parasitismo y P: densidades del parasitoide.

Resultados y Discusión.

Respuesta funcional

Las hembras del parasitoide mostraron un aumento en la actividad parasítica, en relación con el incremento en la densidad del hospedero *D. citri*, hasta alcanzar un valor alrededor de los 34 individuos parasitados en 24 horas, a la densidad de 45 ninfas; a las densidades más altas (55-95 ninfas) la tendencia fue a estabilizarse el número de ninfas parasitadas (Cuadro 1). Esto probablemente se debió a diferentes factores dentro de los cuales se podrían mencionar un gasto excesivo de energía por parte del parasitoide, o lo que Trivers (1972) llamó inversión parental, que se define como el tiempo o energía consumida por un organismo, en este caso las hembras del parasitoide, que causa incrementos de la probabilidad de supervivencia de la progenie. Estos resultados se ajustan al modelo de Roger (1972) (Figura 1), el cual muestra el momento en que se produce la estabilidad en el parasitismo de la especie,

resultado que se corresponde con la respuesta tipo II descrita por Holling (1959).

El modelo de Holling (1959) fue desarrollado originalmente para sistemas presa-depredador, por lo que al desarrollar sistemas hospedante-parasitoide, asume dos limitaciones en este tipo de interacción, la fecundidad del parasitoide y el rango de búsqueda, los cuales son limitados. Posteriormente, Rogers (1972) identificó que el comportamiento de ataque de los parasitoides es biológicamente diferente a la de los depredadores, por lo que describió un modelo que permite la estimación de la respuesta funcional específicamente para insectos parasitoides el cual es hasta el momento el único descrito para este tipo de enemigo natural.

La respuesta funcional tipo II o cyrtoid ha sido mostrada como la más común entre artrópodos depredadores bajo condiciones de laboratorio (Holling 1959, 1961; Hull et al. 1977, Hassell 1978, Kfir y Luck 1979, Morales y Burandt 1985, Morales 1991, Wang y Ferro 1998) al igual que en artrópodos parasitoides (Messenger 1968, Cave y Gaylor 1989, Huffaker y Gutiérrez 1999)

El análisis de los coeficientes de determinación (R^2) mostró una fuerte correlación entre el número de huevos parasitados por *T. radiata* y las diferentes densidades de ninfas del hospedero *D. citri* para el modelo de Roger (Cuadro 1), lo cual indica que los valores del parasitismo se ajustaron mejor a ese modelo que al resto de los modelos empleados.

A la densidad de presa de 35 individuos ofrecidos en 24 horas, la tasa de búsqueda (a) fue de 0,027 y el tiempo de manipulación (Th) de 0,048 horas por individuo, lo que indica que *T. radiata* dedica poco tiempo a la manipulación y más a la búsqueda del hospedero, lo cual se corresponde con lo señalado por Hassell (2000), quien planteó que tiempos largos de manipulación, conducen a bajas tasa de búsqueda y viceversa. Como resultado se presenta un parasitismo

Cuadro 1. Densidad de hospederos (N_0), número de hospederos parasitados (Na) y número esperado de hospederos parasitados según los modelos polinomial, de Holling (1959) y Roger (1972).

N_0	Na	Holling	Polinomial	Roger
5	5,00	2,39	4,94	4,99
10	8,00	4,75	7,17	9,67
15	7,50	7,10	9,82	13,47
20	14,50	9,42	12,90	16,38
35	24,50	16,25	24,68	21,83
45	34,0	20,71	34,66	23,96
55	30	25,08	46,34	25,47
65	29,60	29,37	59,72	26,60
75	23,60	33,58	74,80	27,47
85	24	37,72	91,58	28,16
95	22,5	41,79	110,06	28,73
R^2		0,9738	0,7342	0,9900

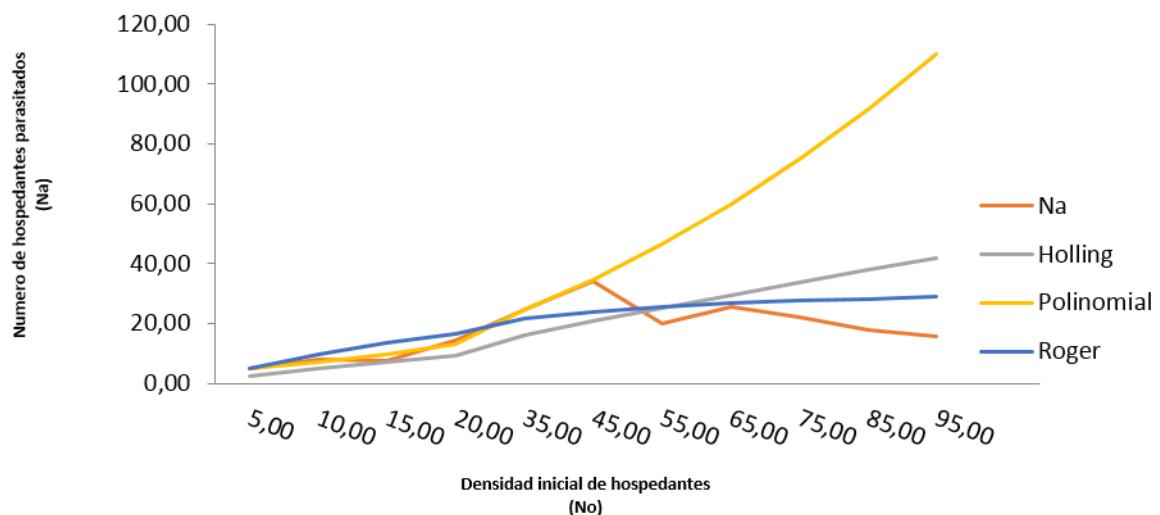


Figura 1. Respuesta funcional de hembras adultas de *T. radiata* a diferentes densidades de *D. citri*.

denso-dependiente inverso, lo que implica que cuando los hospederos se encuentran en densidades poblacionales altas, la probabilidad de ser atacados será menor que a densidades bajas, lo cual sugiere que las liberaciones de *T. radiata* deben realizarse a bajas densidades del fitófago.

En este tipo de relación específica entre el hospedero y el parasitoide, el tiempo de

manipulación (Th) es tomado como parámetro de estimación de la afinidad hospedero-parasitoide, añadiendo que este tipo de respuesta indica además, que el parasitoide se encuentra frente al hospedero adecuado y puede ser utilizada como una medida de la eficiencia de búsqueda cuando se evalúan agentes potenciales de control (Waage 1990). Según Flores et al. 2010, este tipo de respuesta es necesaria para

que un depredador (o parasitoide) realice una regulación efectiva de los insectos plagas.

El incremento en la densidad de alimento lleva a un aumento en la eficiencia de búsqueda del depredador o a una disminución de su tiempo de manipulación (Hassell et al. 1977, Gullan y Cranston 2000, Tahriri et al. 2007, Bayoumy 2011), aspecto que se pudiera tener en cuenta durante el análisis del resto de las curvas obtenidas al utilizar los modelos Holling y polinomial (Figura 1).

Respuesta Numérica

El número de progenie por hembra de *T. radiata* se incrementó progresivamente a 34 descendientes por hembra en 24 horas, hasta la densidad de 45 ninfas. A partir de ese valor, se produce un descenso en el número de parasitoides emergidos (Figura 2). Esto demuestra que la reproducción de *T. radiata* aumenta al incrementar el número de hospederos disponibles en un área determinada, hasta alcanzar su potencial máximo reproductivo (en este caso 34 descendientes obtenido en una densidad de 45 hospedantes disponibles) disminuyendo a partir de este valor el número de descendientes por hembra .

La figura 3 muestra que la eficiencia de búsqueda de las hembras adultas disminuye a 50 % cuando la densidad de hospedantes es de 15 ninfas, ascendiendo a 75,5 % a una densidad del hospedante de 45 ninfas, lo que muestra un aumento de la eficiencia de una hembra del parasitoide a densidades entre 15 y 45 ninfas por brote. A partir de este último valor se aprecia una disminución sostenida de la eficiencia de la hembra, la cual puede tomar valores por debajo del 20 % a la densidad de 95 ninfas por brote. La densidad de 45 ninfas por brote es igualmente el punto máximo de la expresión del potencial individual reproductivo de la hembra del parasitoide *T. radiata*, pues es la densidad de hospedante a la cual se alcanza el mayor índice

de parasitoidismo- reproducción, por tanto un mayor número de descendientes por hembra.

Teniendo en cuenta este comportamiento, se puede decir que la mayor probabilidad para el control está a bajas densidades, lo cual es una ventaja tanto económica (en términos de gastos en la reproducción y liberación del parasitoide), como fitosanitaria (ya que a menor densidad del fitófago, menores daños). Se puede considerar que hasta 45 ninfas el parasitoide es eficiente, lo que concuerda con su respuesta funcional y que este valor podría ser utilizado para realizar estudios sobre las posibles tasas de liberación de este parasitoide en campo.

Por otra parte, la baja densidad del hospedero puede propiciar una alta mortalidad de este, pues la hembra de *T. radiata* además de parasitar, se alimenta de los primeros estadios ninfales de *D. citri* para satisfacer sus necesidades nutricionales, las cuales van aumentando en la medida que comienza la producción de huevos, lo que representa una ventaja adicional, pues con pocos individuos del parasitoide se puede lograr una mayor efectividad en la regulación del fitófago.

Eficiencia de búsqueda (Interferencia)

La tasa de ataque con diferentes densidades del parasitoide sobre un número constante de hospederos (30) se muestra en el Cuadro 2.

La tasa de ataque mostró los mayores valores cuando se liberó una sola pareja del parasitoide en relación con el resto de las densidades en estudio (5 y 10 parejas), lo que sugiere que se produce una interferencia al aumentar el número de parasitoides para una misma densidad (30 ninfas) y por tanto, una competencia intraespecífica que conlleva a un mayor gasto al liberar más individuos para obtener un mismo resultado. Según Tazerouni et al. (2011), el decrecimiento que se observa en la eficiencia de búsqueda (área de descubrimiento) como función del incremento de la densidad del enemigo natural , sugiere que la interferencia mutua entre estos es mayor a las mayores densidades del enemigo

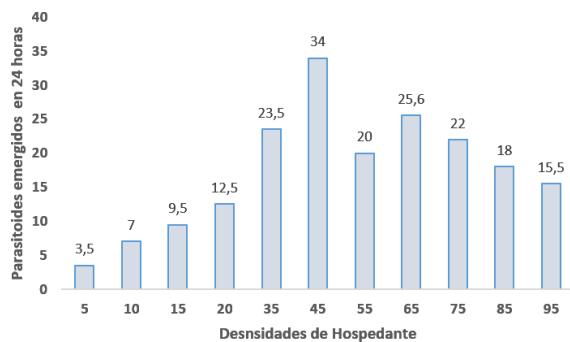


Figura 2. Progenie de hembras adultas de *T. radiata* en diferentes densidades de *D. citri*.

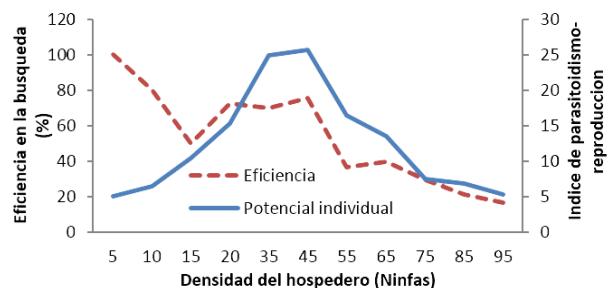


Figura 3. Potencial individual y eficiencia de búsqueda de *T. radiata* para suprimir *D. citri* a diferentes densidades del hospedero.

natural. Para mitigar este efecto en condiciones de campo, este elemento se debe tener en cuenta a la hora de determinar la tasa de liberación óptima para esta especie.

Otro factor que puede afectar el parasitoidismo o el consumo de presas en el caso de los depredadores pueden ser los mecanismos de defensa del hospedante o presa (García et al 2007). En este sentido Guerson y Gerling (1999) demostraron que las setas que presentan los estados inmaduros de algunos insectos como las ninfas de la mosca blanca actúan como barrera de defensa contra el ataque de sus enemigos naturales. Las ninfas de 3er a 5to instar de *D. citri* presentan esas proyecciones lo cual pudo ser una causa de la disminución en el número de ninfas parasitadas.

Según Hassell (1980) y Alphen y Jervis (1996) con un incremento en la disponibilidad de la presa, se espera que un depredador ataque más individuos. Este comportamiento puede presentar variaciones dependiendo fundamentalmente de dos parámetros: la tasa instantánea de ataque (a') (o eficiencia de búsqueda) y del tiempo de manipulación (Th) de las presas por el enemigo natural. La a' depende de la actividad del enemigo natural y la capacidad de encontrar a su presa, mientras que el Th es definido como el tiempo que el enemigo natural

gasta en atrapar, matar, consumir y digerir una presa y puede reducir directamente el tiempo disponible para realizar mayores búsquedas.

Si se tiene en cuenta el corto ciclo de desarrollo del parasitoide, que permite la obtención de al menos dos generaciones por una del hospedero, su alta capacidad de crecimiento poblacional, respuesta funcional de tipo II, su alta eficiencia de búsqueda, fácil manipulación y capacidad para actuar a bajas densidades, unido a su grado de especificidad, se puede concluir que están presentes los principales elementos que conllevan a la elección de *T. radiata* como un agente de control biológico promisorio.

Los elementos antes expuestos tienen su confirmación en los criterios emitidos por Vargas y Rodríguez (2008), quienes argumentaron que la utilización de enemigos naturales en programas de control biológico, deben estar basados en aquellos atributos biológicos que aumenten las probabilidades de alcanzar un grado de estabilidad con su hospedero a bajas densidades, como una elevada eficiencia en la capacidad de búsqueda, el menor tiempo de manipulación de la plaga con relación al tiempo total de búsqueda, una menor interferencia mutua que contribuya a la estabilidad de la interacción y un alto grado de agregación de los enemigos naturales con respecto a la distribución de la plaga.

Cuadro 2. Eficiencia de búsqueda de *D. citri* a diferentes densidades de *T. radiata*.

Densidades del parasitoide (P)	Hospedantes no parasitados (N)	Tasa de ataque (a)
1	17,2	23,807
5	15	0,3056
10	11	0,1003

Lenteren (2009), planteó que los resultados de estas investigaciones resultan útiles no solo para la selección, sino también porque ofrecen información esencial para la definición de métodos de producción masiva, el tipo de liberación más apropiado, programa de liberación (intervalo entre liberaciones, espacio entre locales de liberaciones y cantidades a ser liberadas) y para determinación de acciones adicionales.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en los estudios de laboratorio sustentan científicamente la selección de *T. radiata* para el control biológico de *D. citri*, lo cual permitirá tomar decisiones en cuanto a la posibilidad de ser reproducido masivamente.

Referencias

- ALPHEN J, JERVIS M. 1996. Foraging behaviour. En: Jervis, M. y N. Kidd (eds.) Insect natural enemies. Chapman & Hall, London. pp. 1-62.
- BAYOUMY, MH. 2011. Foraging behavior of the coccinellid *Nephus* includes (Coleoptera: Coccinellidae) in response to *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) with particular emphasis on larval parasitism. *Environmental Entomology* 40: 835-843.
- BELLIS G, HOLLIS D, JACOBSON, SARAH. 2005. Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) and huanglongbing disease do not exist in the staple ton station area of the Northern Territory of Australia. *Australian Journal of Entomology* 44(1): 68-70.
- CAVE RD, GAYLOR MJ. 1989. Functional response of *Telenomus reynoldsi* (Hym: Scelionidae) at five constant temperatures and in an artificial plant arena. *Entomophaga* 34: 3-10.
- CEBALLOS M, MARTÍNEZ MA. 2002. Comunidad parasítica asociada a pseudocóccidos del cafeto en la región central de Cuba: Taxonomía, biología y cría masiva de *Leptomastix dactylopii* Howard. Informe de Investigación. CENDA. Registro 010217-10217. Ciudad de la Habana.
- FAO. 2012. Comercio y Mercado. Frutos citricos - estadísticas anuales 2012. [Internet]. Diciembre 2012. Disponible en: <http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/citricos/es>.
- FERNÁNDEZ M, MIRANDA I. 2007. Comportamiento de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Parte III: Relación entre el ciclo de vida y el brote vegetativo foliar. *Revista de Protección Vegetal* 20(3): 161-164.
- FLORES MA, RODRÍGUEZ NS, RAMOS-ESPINOSA MG, PAYAN FZ. 2010. Estudio de *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) como bioagente de control de *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). *Interciencia* 35(7): 506-509.
- GARCÍA J, RICARDO EB, LÓPEZ-ÁVILA A. 2007. efecto de la densidad de población de *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) sobre la eficiencia del depredador *Delphastus pusillus* (Coleoptera: Coccinellidae). *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 8(2): 17-21.
- GUERSON M, GERLING D. 1999. Predatory behavior of *Delphastus pusillus* and the phenotypic plasticity of *Bemisia tabaci*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 92: 239-248.
- GONZÁLEZ C, HERNÁNDEZ D, RODRÍGUEZ JL. 2000. Primer informe de *Tamarixia radiata* Waterson como biorregulador de *Diaphorina citri* Kuw. en cítricos de Cuba. *Citrifrut* 18 (1, 2 y 3): 38-39.

- GONZÁLEZ C, VERA A, HERNÁNDEZ D, TAPIA JL. 2007. Comportamiento de *Diaphorina citri* Kuw. (Hemiptera: Psyllidae) y sus enemigos naturales en Naranjo Valencia de Arimao, Cienfuegos. In: Simposio Internacional de Fruticultura Tropical y Subtropical, 2., La Habana. Memorias. Ciudad de la Habana: Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, 2007. p 1-13.
- GRAFTON-CARDWELL E, GODFREY EK, ROGER EM, CHILDERES CC, STANSLY PA. 2006. Asian Citrus Psyllid. ANR. University of California ISBN-13:978-1-60107-395-9.
- GULLAN PJ, CRANSTON PS. 2000. The insects: an outline of Entomology. 2da edición. Blackwell Science. Carleton. Oxford. London. 505 p.
- HASSELL MP, LAWTON JH, BEDDINGTON JR. 1977. Sigmoid functional responses by invertebrate predators and parasitoids. *Journal of Animal Ecology* 46: 249-262.
- HASSELL MP, VARLEY GC. 1969. New inductive population model for insect parasites and its bearing on biological control. *Nature* 223: 1133-1137.
- HASSELL MP. 1978. The Dynamics of Arthropod Predatory-Prey Systems. Monogr.Popul.Biol. 13. Princeton University Press. Princeton. NJ. 237 p.
- HASSELL MP. 1980. The dynamics of competition and predation. Department of Zoology and Applied Entomology. Imperial College of Science and Technology. Study in Biology 72. 68 p.
- HASSELL MP. 2000. Host-parasitoid population dynamics. *Journal of Animal Ecology* 69: 543-566.
- HOLLING CS. 1961. Principles of insect predation. *Annual Review of Entomology* 6: 163-182.
- HOLLING, CS. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *The Canadian Entomologist* 91: 385 - 398.
- HUFFAKER CB, GUTIÉRREZ AP. 1999. Ecological entomology. Second Edition. John Wiley & Sons, New York. 756 p.
- HULL L.A, ASQUITH D, MOWERY PD. 1977. The functional responses of *Stethorus punctum* to densities of the European red mite. *Environmental Entomology* 6: 85-90.
- KFIR R, LUCK F. 1979. Effects of constant and variable temperature extremes on sex ratio and progeny production by *Aphytis melinus* and *A. lingnanensis* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Ecological Entomology* 4: 335-344.
- LENTEREN JC VAN. 2009. Criterios de Seleção de Inimigos Naturais. En: Bueno, V.E.P. (Eds). Controle Biológico de Pragas: Produção Massal e Controle de Qualidade. Editora UFLA. pp. 11-32.
- LENTEREN JC VAN; LOOMANS AJ, BABENDREIER D, BIGLER F. 2008. *Harmonia axyridis*: an environment risk assessment for Northwest Europe. *BioControl* 53 (37): 547-554.
- LÓPEZ NS ,VISCARRET MM, ANDORNO AV, BOTTO E. 2005. Estudio de la interacción entre *Encarsia formosa* y *Eretmocerus corni* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitoides de la mosca blanca de los invernáculos *Trialeurodes vaporariorum*. RIA. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 34(003): 73-82.
- MC FARLAND CD, HOY MA. 2001. Survival of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae), and its two parasitoids, *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae), under different relative humidities and temperature regimes. *Florida Entomologist* 84: 227-233.
- MESSINGER PS. 1968. Bioclimatic studies of the aphid parasite *Praon exsoletum*. I. Effects of temperature on the functional response of females to varying host densities. *The Canadian Entomologist* 100: 728-741.
- MORALES J, BURANDT CH. 1985. Interactions between *Cycloneda sanguinea* and the brown citrus aphid: Adult feeding and larval mortality. *Environmental Entomology* 14: 520-522.
- MORALES J. 1991. Respuesta funcional de *Cycloneda sanguínea* al áfido negro de las cítricas. *Bioagro* 3(1): 27-32.
- RAE D J, LIANG WG, WATSON DM, BEATTIE GA, HUANG MD. 1997. Evaluation of petroleum spray oils for control of the Asian citrus psylla, *Diaphorina citri* (Kuwayama) (Hemiptera: Psyllidae), in China. *International Journal of Pest Management* 43(1): 71-75.
- ROGERS DJ. 1972. Random search and insect population models. *Journal of Animal Ecology* 43: 368-383.
- SANDNESS JL, McMURTRY JA. 1972. Prey consumption behaviour of *Amblyseius largoensis* in relation to hunger. *The Canadian Entomologist* 104: 61-70.
- SOLomon ME. 1949. The natural control of animal populations. *Journal of Animal Ecology* 18: 1-35.

- TAHRIRI S, TALEBI AA, FATHIPOUR Y, ZAMANI AA. 2007. Host stage preference, functional response and mutual interference of *Aphidius matricariae* (Hym.: Braconidae: Aphidiinae) on *Aphis fabae* (Hom.: Aphididae). *Entomological Science* 10: 323-331.
- TAZEROUNI Z, TALEBI AA, RAKHSHANI E. 2011. The foraging behavior of *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae) on *Diuraphis noxia* (Hemiptera: Aphididae). *Archives of Biological Science Belgrade* 63(1): 225-234.
- TRIVERS RL. 1972. Parental investment and sexual selection. In: B. Campbell (ed.). *Sexual Selection and the Descent of Men*. Aldine. Chicago. p. 136-179.
- VACCARO N, BOUVET J. 2006. Registro de un enemigo natural de la chicharrita de los cítricos en Entre Ríos, Argentina. *Boletín de la IOBCSRNT* 15: 13.
- VARGAS R, RODRÍGUEZ S. 2008. Manejo de Plagas en Paltos y cítricos. Dinámica de las poblaciones, Capítulo 7. pp. 99-106.
- WAAGE JK. 1990. Ecological theory and the selection of biological control agents. In: Mackauer M. and Ehler LE (eds.). *Critical Issues in Biological Control*. Intercept. Andover, United Kingdom. pp. 135-157.
- WANG B, FERRO D. 1998. Functional responses of *Trichogramma ostriniae* (Hym: Trichogrammatidae) to *Ostrinia nubialis* (Lep: Pyralidae) under laboratory and field conditions. *Environmental Entomology* 27(3): 752-758.