



ESTUDIO PRELIMINAR SOBRE LA CAPACIDAD DE DEPREDACION DE *Ocyrtamus gastrostactus* (Diptera: Syrphidae) SOBRE *Toxoptera citricida* (Homoptera: Aphididae) EN CITRICOS

Daniel A. Emmen y Dora Isabel Quirós

Universidad de Panamá, Departamento de Zoología. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología y Laboratorio de Estudios Biológicos Contra Plagas Agrícolas (Lab. 116). Edificio de Laboratorios Científicos (V.I.P).

e-mail: demmen@cwpanama.net, dquros@cwpanama.net

RESUMEN

Se evaluó la capacidad de los diferentes estadios de desarrollo de larvas de *Ocyrtamus gastrostactus* para depredar áfidos ápteros de la especie *Toxoptera citricida* a diferentes densidades de la presa y del depredador en condiciones de laboratorio. Para llevar a cabo las observaciones de depredación, se utilizaron potes con plantas de *Citrus sinensis* (naranja dulce) con alturas que oscilaban entre 18 y 30 cm y con aproximadamente 20 hojas cada uno. Para llevar a cabo las observaciones se construyeron cilindros de malla metálica fina con un diámetro aproximado de 20 cm y cuya altura dependía de la longitud de las plantas. Los áfidos y el depredador fueron distribuidos homogéneamente en las hojas y tallo de cada planta y se evaluó la capacidad de depredación de las larvas en cada uno de sus tres estadios. Para ello se colocó en cada planta, 10, 20, y 30 áfidos con 1, 2 y 3 depredadores de cada estadio para cada densidad de presa. Los resultados sobre depredación se observaron a las 24 horas repitiendo cada ensayo tres veces. A medida que el número de depredadores de *O. gastrostactus* se incrementaba, la eficiencia individual de cada depredador aumentó al igual que la eficiencia total. Se observó aproximadamente un 100% de depredación cuando se utilizaron tres individuos de *O. gastrostactus* en el sistema de observación, independientemente del número de presas utilizado. Observaciones cualitativas sobre la conducta de depredación de las larvas de *O. gastrostactus* complementaron este estudio.

PALABRAS CLAVES

Syrphidae afidófago, *Ocyrtamus gastrostactus*, *Toxoptera citricida*, capacidad de depredación, Control Biológico, Manejo Integrado de Plagas.

ABSTRACT

The capacity of different larval stages of *Ocyptamus gastrostactus* (Diptera: Syrphidae) larvae to predate apterous aphids of *Toxoptera citricida* at different prey and predator densities was evaluated under laboratory conditions. Plants of *Citrus sinensis* (sweet orange) of 18-30 cm high and having approximately 20 leaves were used to run the experiments. Cylinders of fine metallic mesh of 20 cm diameter and height depending upon citrus plants size, were used to cage plants, predators and preys and carry out observations. Aphids and predators were homogeneously distributed on the leaves and stems of each plant and the predation capacity of each larval stage was evaluated. In order to do this, 10, 20 and 30 aphids with 1, 2 and 3 predators of each larval stage per prey density were placed together on each plant. As the number of predators increased, individual predatory effectiveness increased as well as the total predatory effectiveness. When three predators were introduced in the observation system, approximately 100% of predation was observed independently of prey number. Predation results were registered at 24 hours repeating each experiment three times. Qualitative observations on *O. gastrostactus* larvae predation behavior complemented this study.

KEYWORDS

Syrphidae aphidophagous, *Ocyptamus gastrostactus*, *Toxoptera citricida*, predation capacity, Biological Control, Integrated Pest Management.

INTRODUCCIÓN

Dos de las características básicas de un depredador y que afectan su éxito en la adquisición de alimento, son la eficiencia de aprovisionamiento y el tiempo de manipulación de la presa (Chambers 1988). La eficiencia de aprovisionamiento es afectada por características de la presa tales como densidad, tamaño y velocidad de escape y por características del depredador tales como velocidad de ataque, capacidad de búsqueda y por características abióticas. El tiempo de manipulación de la presa es una función del tiempo tomado para someter y comer una presa. Tanto la eficiencia de aprovisionamiento como el tiempo de manipulación de la presa pueden ser influidos por el estado de inanición (hambre) del depredador (Holling 1966; Leir & Barlow 1982; Rotheray & Martinat 1984).

Según Hassell (1976) y Rotheray & Martinat (1984), el determinante principal del éxito de un depredador en la adquisición de alimento, es su eficiencia o capacidad de búsqueda. El término “eficiencia de búsqueda” ha sido utilizado tanto por ecólogos teóricos como prácticos. Dentro de este contexto, un depredador eficiente ataca una

mayor proporción de presas en un período dado de tiempo que uno menos eficiente (Hassell 1982).

Los Syrphidae afidófagos son importantes depredadores de muchas especies de áfidos. Sus larvas se alimentan vorazmente, a menudo comiendo varios cientos de áfidos cada una durante su desarrollo. A pesar de su gran voracidad, el uso de los Syrphidae afidófagos en el Control Biológico (importante táctica dentro del Manejo Integrado de Plagas), no es tarea fácil debido a sus demandas ecológicas relativamente altas en el ambiente: las larvas y adultos tienen dietas diferentes; los adultos no solo se alimentan de miel de áfidos (“honey dew”) sino también de néctar y polen. (Schneider 1969; Michaud & Belliure 2001).

Toxoptera citricida es una especie de áfido que se considera una plaga significativa en cítricos ya que es el vector primario del virus de la tristeza (CTV) (Meneghini 1948; Michaud & Belliure 2001). (Fig. 1 A, B).



A

B

Fig. 1. Plantación de cítricos en el Copé (Coclé), afectada por el virus de la tristeza (CTV) (B); el vector de la enfermedad viral (CTV), el áfido *Toxoptera citricida* (B).

Sólo los áfidos alados tienen una probabilidad significativa de moverse entre árboles y diseminar la enfermedad, de modo que las colonias que producen áfidos alados son de mucho interés económico (Michaud 1999ab). La depredación puede producir una disminución en la densidad de las colonias ya sea por remoción directa de individuos dentro de las colonias (disminuyendo así la posibilidad de formación de gran cantidad de individuos alados potencialmente peligrosos en la transmisión del CTV en plantaciones de cítricos) o indirectamente por

perturbación de la colonia provocando la emigración de los individuos hacia otros sitios de reproducción y alimentación (Michaud, & Belliure 2001). En nuestro medio, es común observar árboles de cítricos atacados densamente por colonias de áfidos (*T. citricida*, principalmente), los cuales al parecer, son controlados en forma natural por larvas de Syrphidae (*Ocyptamus gastrostactus* y *Pseudodorus clavatus*) mayormente y algunas veces por larvas de Coccinellidae (*Cycloneda sanguinea*) y Chrysopidae (*Chrysopa* sp) (Emmen 1989-2002, observación personal) (Fig. 2).

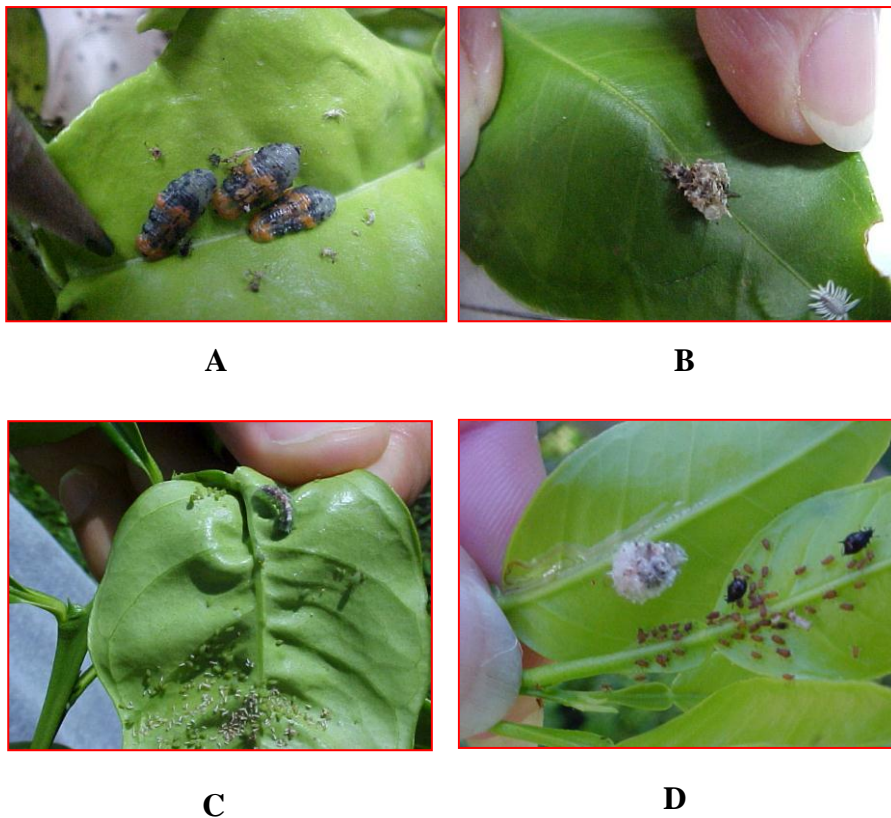


Fig. 2. Larvas de *Ocyptamus gastrostactus* depredando a *Toxoptera citricida* (A); larvas de *Chrysopa* sp y de *Cycloneda sanguinea* (B); larva de *Pseudodorus clavatus* depredando *T. citricida* de diferentes estadios ninfales (C); larva de *Chrysopa* sp. alimentándose de diferentes estadios ninfales de *T. citricida* (D).

Sin embargo, poco se sabe sobre la eficiencia de estas larvas en el consumo y control de las colonias de áfidos que proliferan en las ramas jóvenes de naranja dulce y otros cítricos.

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la capacidad de diferentes estadios de desarrollo de *O. gastrostactus* para depredar áfidos ápteros de *T. citricida*, a diferentes densidades de la presa y del depredador en condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo las observaciones realizadas, se utilizaron plantas de naranja dulce (*Citrus sinensis*), con aproximadamente 20 hojas cada uno y con una altura que oscilaba entre 18 y 30 cm, sembrados en potes de poliestireno. La superficie de cada pote fue cubierta con una tapa de plástico a la que se le abrió un orificio central para pasar por éste el tallo de cada planta. Ambas piezas eran fácilmente removidas para irrigar las plantas periódicamente. Para evitar el exceso de humedad que se produce en las paredes cuando se utilizan cámaras de observación de plástico o vidrio, se construyeron cilindros de malla metálica fina con un diámetro aproximado de 20 cm y cuya altura dependía del tamaño de la planta. La parte superior de cada cilindro fue cubierta con muselina. Los sistemas de observación fueron colocados en el laboratorio a un fotoperíodo de 13hL:11hO y a una temperatura de $24 \pm 1^\circ\text{C}$.

Para llevar a cabo las observaciones de depredación, se colectaron hembras ápteras adultas de *T. citricida* de una colonia mantenida en el laboratorio; las larvas de *O. gastrostactus* (en sus tres estadios de desarrollo larvario: L1, L2, L3), fueron colectadas de árboles de *C. sinensis* infestados en forma natural en el campo y colocadas en cajas de aluminio colapsables, las cuales contenían plantas de naranja dulce. Para evaluar la capacidad de depredación de las larvas en sus tres estadios, se colocaron plantas con tres densidades de presa: 10, 20, y 30 áfidos con uno, dos y tres depredadores por cada estadio de vida para cada densidad de presa. Los áfidos fueron distribuidos homogéneamente en las hojas de cada planta de naranja y los resultados se observaron a las 24 horas, repitiendo cada experimento tres veces. No hubo reposición de presas en ninguno de los experimentos de depredación realizados.

Los datos sobre depredación de *O. gastrostactus* sobre *T. citricida* fueron procesados a través de un ANOVA encajado de tres niveles-Modelo Mixto (Sokal & Rohlf 1981) y mediante la prueba de rango múltiple de Duncan (5% de probabilidad) (Little & Hills 1981). Además de recabar información cuantitativa sobre la eficiencia de depredación de *O. gastrostactus*, se llevaron a cabo cuidadosas observaciones cualitativas sobre el comportamiento de depredación de este insecto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuando se comparó el porcentaje de depredación de los tres estadios larvales de *O. gastrostactus* ante tres densidades de *T. citricida*, se observó en todos los casos un mayor porcentaje de depredación cuando las larvas eran de tercer estadio independientemente de la densidad de la presa. Ha sido demostrado en otros estudios, que las larvas de Syrphidae incrementan su eficiencia con la edad (Chambers 1988), tal y como ha sido observado en este estudio (Cuadro 1).

Por otro lado, el porcentaje promedio de consumo de acuerdo con la densidad de la presa, fue mayor cuando esta densidad fue de 20 áfidos para una o dos larvas del depredador (Cuadro 1).

En contraste, cuando hubo tres depredadores, el promedio fue casi el mismo para las tres densidades de presa en estudio. Al evaluar en forma individual cada estadio larval, se observó casi un 100% de depredación cuando había tres individuos del depredador en el sistema, independientemente del número de presas. Igualmente, el promedio de consumo de los tres estadios de desarrollo del depredador ante tres densidades de presa fue más alto (99%) con tres depredadores en el sistema. De acuerdo con el análisis efectuado, el porcentaje promedio total de consumo de los tres estadios de desarrollo del depredador ante tres densidades de presa fue de 84% (Cuadro 1).

Aunque se observó aproximadamente un 100% de depredación cuando se utilizaron tres individuos de *O. gastrostactus* en el sistema de observación (independientemente del número de presas), es importante validar estos resultados llevando a cabo un experimento de campo para determinar la potencialidad de este Syrphidae como depredador eficiente de *T. citricida*. Esta validación se llevaría a cabo según lo

establecido por O'Neil (1989), en donde sugiere comparar la respuesta funcional de un enemigo natural tanto en condiciones de campo como de laboratorio.

Con respecto a la eficiencia depredadora de larvas de diferentes estadios de *O. gastrostactus* ante diferentes densidades de la presa, el análisis de varianza (al 5% de probabilidad) indicó que hubo diferencias significativas en la eficiencia depredadora al variar el número de depredadores y también dependiendo del estadio de desarrollo de la larva (ANOVA; $F_{2,6} = 6.83$, $P < 0.05$). Sin embargo, no se observó diferencia significativa en la capacidad de depredación al variar el número de presas (ANOVA; $F_{6,18} = 1.17$, n.s). La eficiencia en captura y depredación para cada estadio pareció no depender del número de presas disponibles. Es importante señalar que cuando hubo uno o dos depredadores por sistema de observación, el segundo estadio larval mostró una tendencia a disminuir el porcentaje de depredación con respecto al primero, independientemente del número de presas. Ante tres depredadores no hubo diferencias en consumo entre estadios de desarrollo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de depredación por diferentes estadios larvales de *Ocyptamus gastrostactus* (L1, L2, L3) sobre *Toxoptera citricida* ante diferentes densidades de la presa y del depredador.

No. de depredadores	1									2									3											
No. de presas	10			20			30			10			20			30			10			20			30					
Estadio larval	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
% de depredación	80	60	100	95	90	100	70	63	80	100	100	100	90	100	90	83	53	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	70	50	90	90	80	95	73	57	73	80	70	100	70	90	95	70	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	87	100	100
	60	40	80	85	70	90	50	51	67	60	40	100	50	80	100	53	47	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	73	100	100
	70	50	90	90	80	95	64	57	73	80	70	100	70	90	95	69	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	87	100	100
3 repeticiones																														
% promedio de consumo/ No. presas	70			88			65			83			85			73			100			100			96					
Promedio/ No. de depredador	74									80									99											
Promedio Total de consumo	84																													

Al realizar el análisis Múltiple de Duncan, a los porcentajes promedio de depredación para cada situación, sólo se observaron diferencias significativas (5% de probabilidad) entre las larvas de cada estadio del depredador cuando se colocaron 10 áfidos con un solo depredador y cuando 30 áfidos fueron expuestos a dos depredadores (Cuadro 2).

A pesar de que se esperaba que una densidad de 30 áfidos por planta fuera suficiente para tres larvas de *O. gastrostactus*, los resultados demuestran que aparentemente, la población de la presa era muy baja para su consumo en 24 horas. El tamaño de las colonias preferidas para oviposición por otras especies de Syrphidae varía entre 15 a 50 áfidos (Michaud & Browning 1999), lo que garantizaría suficientes presas para las larvas en desarrollo. Se deduce entonces que para *T. citricida*, el número óptimo de individuos en condiciones de campo debe ser mayor de 30 para cada larva de *O. gastrostactus* sin importar el estadio de desarrollo. Por otro lado, hay que tener en cuenta que en las condiciones en la que se llevó a cabo esta investigación, las larvas invirtieron más tiempo en la búsqueda de las presas del que invierten en condiciones naturales ya que, en este último caso, las hembras del depredador ovipositan en la colonias de áfidos garantizándole así a su descendencia alimento abundante con el menor gasto de energía en la búsqueda del mismo. Ha sido demostrado que la eficiencia de depredación disminuye con un descenso en la infestación de áfidos como resultado de un incremento en el tiempo de búsqueda cuando las poblaciones de áfidos son abundantes; los depredadores son capaces de adaptar su tasa de alimentación a la fuente de alimento real. Por lo tanto, la densidad de larvas del depredador necesarias para evitar un crecimiento de la población plaga, es baja (Tenhumberg 1995).

Adicionalmente, se observaron diferencias en el porcentaje de depredación entre la larvas del tercer estadio y las larvas del primer y segundo estadio, cuando se sometieron 10 presas a dos depredadores y diferencias entre la larva del primer estadio, con respecto a las larvas del segundo y tercer estadio, cuando hubo 20 presas expuestas a dos depredadores (ANOVA; $F_{18, 54} = 5.08$, $P < 0.05$). En el resto de los casos no se observaron diferencias significativas.

Las observaciones sobre el comportamiento del depredador llevadas a cabo en esta investigación, demuestran que las larvas hambrientas de *O. gastrostactus* al igual que otras especies citadas por Schneider

(1969), exploran y palpan primero los alrededores con la parte anterior del cuerpo, dentro de su alcance en posición de descanso. Luego inician el movimiento de forma continua palpando siempre a su alrededor. La larva levanta completamente la parte frontal del cuerpo del sustrato y oscila de lado a lado. Esto fue mayormente observado en las larvas de tercer estadio, probablemente debido a su mayor tamaño. Según Schneider (1969), la percepción de la presa a una gran distancia no tiene sentido en el complicado sistema de ramas y ramitas de un árbol o arbusto. Los sistemas de pre-localización de las larvas de Syrphidae están pobremente desarrollados y los áfidos son encontrados por contacto al azar.

Cuadro 2. Porcentaje promedio de individuos de *Toxoptera citricida* depredados por cada estadio de desarrollo de *Ocyptamus gastrostactus* a diferentes densidades de la presa y del depredador después de 24 horas de confinamiento sobre *Citrus sinensis* bajo condiciones de laboratorios.

Densidad de la Presa									
10			20			30			
Densidad del depredador									
1	2	3	1	2	3	1	2	3	
L1	c 70	b 80	a 100	a 90	b 70	a 100	a 63.3	b 70	a 86.6
L2	b 50	b 70	a 100	a 80	a 90	a 100	a 56.6	c 50	a 100
L3	a 90	a 100	a 100	a 95	a 95	a 100	a 73.3	a 100	a 100

Nota: medias seguidas por la misma letra en la misma columna vertical, no son significativamente diferentes ($P > 0.05$) de acuerdo a la prueba múltiple de Duncan.

Las larvas saciadas de *O. gastrostactus*, descansan cerca de la colonia de áfidos, teniendo al alcance su alimento en muy corto tiempo. Las larvas más viejas atrapan los áfidos con sus mandíbulas puntiagudas y los levantan rápidamente. Los dos segmentos de la mandíbula son retraídos de modo que el áfido se encaja en la depresión como un tapón y el contenido de éste es succionado con ayuda de los ganchos orales.

Las larvas de tercer estadio comen grandes cantidades de áfidos en la colonia en un corto tiempo y por lo general estos no muestran reacción de escape.

Una conducta particular observada en *O. gastrostactus* es la de reptar velozmente sobre una colonia de áfidos, envolviendo a todos los que encuentre a su paso en una sustancia pegajosa que impide al insecto moverse, para luego regresar a devorarlos. Es importante señalar que esta sustancia pegajosa funciona como una marca que impide que la presa sea devorada por otra larva.

Rotheray & Martinat (1984), demostraron que los depredadores hambrientos de áfidos se mueven hacia el brote terminal de la planta en respuesta a una fototaxis positiva o geotropismo negativo. Puesto que muchos áfidos forman colonias en los brotes terminales esto es claramente muy ventajoso. Esta es también una conducta observada en *O. gastrostactus* en los árboles y arbustos de cítricos. Una vez en el brote terminal de la planta, *O. gastrostactus* examina cuidadosa y constantemente el área. Después de un tiempo, la larva se hace positivamente geotáctica y reptar hacia abajo. Sin embargo, esta fase no tarda mucho y es continuamente interrumpida por fases geotácticas negativas a cortos intervalos. Si no encuentra presas, la fase hacia abajo es más larga, y la larva prefiere ahora buscar en las ramificaciones laterales de las ramas. Este comportamiento puede ser debido también a la ausencia de aminoácidos libres presentes en los brotes terminales que al ser consumidos en su totalidad, obliga a los áfidos a desplazarse a brotes inferiores. Larvas de depredadores con este tipo de comportamiento son bastantes efectivas, ya que devoran muchos áfidos en un corto tiempo (más de 100 en 24 horas) y además pueden encontrar áfidos pequeños en las axilas de las hojas tiernas del ápice de la planta.

En todos los experimentos llevados a cabo en el laboratorio, se observó el desplazamiento de las larvas de *O. gastrostactus* a todo lo largo y ancho del plantón, cubriendo en su recorrido todas las hojas y si la densidad de presa era insuficiente, eran encontrados al día siguiente en la parte superior de la cámara de observación, sitio al que tuvieron que llegar desde la base de la planta, pues no había contacto de ésta con las paredes del cilindro.

CONCLUSIONES

Las larvas de *O. gastrostactus* de segundo y tercer estadio fueron más eficientes consumiendo áfidos que las de primer estadio.

A medida que el número de depredadores de *O. gastrostactus* se incrementaba, la eficiencia individual de cada depredador aumentó al igual que la eficiencia total.

El porcentaje promedio total de consumo de los tres estadios de desarrollo de *O. gastrostactus* ante tres densidades de presa fue de 84%.

Hubo diferencias significativas en la eficiencia depredadora de *O. gastrostactus* al variar el número de depredadores y según el estadio de desarrollo de la larva.

La conducta de búsqueda y estrategia de depredación observada en *O. gastrostactus* indica que puede ser un potencial agente de control biológico de *T. citricida* en cítricos.

REFERENCIAS

Chambers, R. J. 1988. Syrphidae. En: Minks, A. K. & P. Harrewijn (eds), Aphids, Their Biology, Natural Enemies and Control, Vol B. Elsevier, Amsterdam, pp. 259 – 270.

Hassell, M. P. 1976. The dynamics of Arthropod Predator-Prey Systems. Mono. Pop. Bio. 13. Princeton University Press, Princeton: 198.

Hassell, M. P. 1982. What is searching efficiency? Ann Appl. Biol. 10 (1): 170-175.

Holling, C. S. 1966. The functional response of invertebrate predators to prey density. Mem. Ent. Soc. Can. 48. 86 pp.

Leir, V. Y & C. A. Barlow. 1982. Effects of starvation and age in foraging efficiency and speed of consumption by larvae of a flower fly *Metasyrphus corollae* (Syrphidae). Can. Ent. 144: 897-900.

Little, T. M. & F. J. Hills. 1981. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. E. Trillas, México; 270 páginas.

Meneghini, M. 1948. Experiencias de transmissao da doenca "tristeza" dos citrus pelo pulgao preto da laranjeira. O. Biológ. 14: 115-118.

Michaud, J.P. 1999a. Aggregation by alatae of *Toxoptera citricida* (Homoptera: Aphididae). Environ. Entomol. 28: 205-211.

Michaud, J.P. 1999b. Sources of mortality in colonies of the brown citrus aphid, *T. citricida*. BioControl 44: 347-367.

Michaud, J.P & B. Belliure. 2001. Impact of Syrphid predation on production of migrants in colonies of the brown citrus aphid, *Toxoptera citricida* (Homoptera: Aphididae). Biological Control, 21: 91-95.

Michaud, J.P & H.W. Browning. 1999. Seasonal abundance of the brown citrus aphid, *Toxoptera citricida* (Homoptera : Aphididae) an its natural enemies in Puerto Rico. Fla Entomol. 82 :424-447.

O'Neil, R.J. 1989. Comparison between laboratory and field measurements of the functional response of *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae). J. Kansas Entomol. 62:148-155.

Rotheray, G. E. & P. Martinat. 1984. Searching behavior in relation to starvation of *Syrphus ribesii*. Ent. exp et appl. 36: 17-21.

Schneider, F. 1969. Bionomics and physiology of aphidophagous Syrphidae. Ann. Rev. Entomol. 14: 103-124.

Sokal, R. R. & F. J. Rohlf. 1981. Biometry, 2nd ed. Freeman, New York.

Tenhumberg, B. 1995. Estimating predatory efficiency of *Episyrphus balteatus* (Diptera: Syrphidae) in cereal fields. Environ. Entomol. 24(3): 687-691.

Recibido junio de 2004, aceptado febrero de 2006.