

RESPUESTA FUNCIONAL DE *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) A LOS HUEVOS DE *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)

José Morales S.¹, José Santos Gallardo V.¹, Carlos Vásquez¹ y Yolmar Ríos¹

RESUMEN

La respuesta funcional del parasitoide *Telenomus remus* Nixon a los huevos del cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) fue estudiada a las densidades de 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200 y 250 huevos por tubo de ensayo. Hembras del parasitoide de un día de edad fueron expuestas en forma individual, durante 24 horas a los huevos del hospedero de 0-24 horas de edad. Los valores promedios de parasitismo variaron desde 17,0 hasta 99,8 huevos parasitados a las densidades de 25 y 250 huevos del hospedero, respectivamente. Varios modelos matemáticos fueron aplicados a los datos de parasitismo usando análisis de regresión para determinar cual describía mejor la relación existente entre el número de huevos parasitados y las densidades del hospedero. Los valores de F y R^2 fueron usados como criterios para evaluar los modelos. Las curvas de respuesta funcional ajustaron mejor y mostraron el valor más alto de R^2 para el modelo de Holling indicando que la respuesta del parasitoide correspondió en mayor grado a este tipo de curva. La tasa de búsqueda varió desde 0,79 hasta 0,37 huevos/huevo a las densidades de 50 y 250 huevos, mientras que el tiempo de oviposición varió desde 0,062 hasta 0,011 días/huevo a las densidades de 25 y 200 huevos, respectivamente.

Palabras clave adicionales: Parasitoide, avispa, cogollero del maíz

ABSTRACT

Functional response of *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) to the fall army worm eggs

The functional response of the parasitoid wasp, *T. remus* Nixon was studied at various densities (25, 50, 75, 100, 125, 150, 200 and 250 eggs/tube) of its host, the fall army worm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). Parasitoid females one day old were individually exposed during 24 h to 0-24 h aged-host eggs. The parasitism ranged from 17,0 to 99,8 parasitized eggs at densities of 25 and 250 host eggs, respectively. Various types of mathematical models were applied to the parasitism data using regression analysis to determine the relationship between the number of parasitized hosts and host densities. The values of F and R^2 were used as criterion for evaluating the models. Functional response curves corresponded best to that of Holling model. Search rate ranged between 0.79 and 0.37 eggs/egg at the densities of 50 and 250 eggs, while time of oviposition varied from 0.062 to 0.011 days/egg at the densities of 25 and 200 eggs, respectively.

Additional key words: Parasitoid, wasp, *Spodoptera frugiperda*

INTRODUCCIÓN

El origen, la introducción a Venezuela y la evaluación de varios aspectos biológicos de la avispa *Telenomus remus* Nixon, como parasitoide de los huevos del cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), han sido estudiados en investigaciones previas (Gerling, 1972; Schwartz y Gerling, 1974; Yaseen et al., 1981; Ferrer, 1992a, 1992b; Hernández, 1994; Morales et al., 2000). Sin embargo, trabajos de investigación sobre la utilización de modelos matemáticos que permitan obtener una adecuada

descripción del comportamiento del parasitoide en relación con su hospedero no existen.

En el pasado han sido propuestos numerosos modelos matemáticos para evaluar la relación existente entre los depredadores y las presas o entre los parasitoides y los hospederos. Holling (1959a, 1959b, 1961, 1965) estudió extensivamente los componentes del proceso de depredación y propuso tres importantes tipos de respuestas funcionales que los depredadores pueden exhibir. Estos diferentes tipos de respuestas funcionales parecen corresponder a

Recibido: Diciembre 14, 2000

Aceptado: Abril 2, 2001

¹ Dpto. de Ciencias Biológicas, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Apdo. 400. Barquisimeto. Venezuela.

diferentes estrategias de alimentación y cada una puede ser representada por una curva distinta.

La curva denominada como de tipo I asciende linealmente hasta un punto de saturación más allá del cual no ocurren incrementos en la tasa de alimentación. La curva tipo II es curvilínea. A medida que la densidad de la presa incrementa, el número de presas comidas por depredador también incrementa pero a una tasa decreciente a medida que se alcanza el máximo valor. La curva tipo III es de forma sigmoidal y representa generalmente organismos como pájaros y mamíferos que son capaces de adquirir algún tipo de aprendizaje. Aunque los tres tipos de respuesta funcional han sido medidos en relación con la tasa de depredación y la densidad de la presa, la curva tipo II o ecuación de Holling es la más usada para interpretar la respuesta de los invertebrados depredadores (Hassell, 1978; Everson, 1980; Hassell y Waage, 1984; Shipp y Whitfield, 1991; Fan y Pettit, 1994; Williams y Juliano, 1996).

Además de los estudios relacionados con los insectos depredadores y sus presas, numerosos estudios también han sido conducidos para determinar los tipos de curvas exhibidas por varios insectos parasitoides atacando hospederos a diferentes densidades. De Bach y Smith (1941) y Ulliyett (1949a, 1949b) indicaron que el número de hospederos atacados por parásito aumentó a medida que se incrementaron las densidades del hospedero, pero tendió a nivelarse con incrementos adicionales.

Burnett (1951, 1954), al trabajar con el parásito *Dahlbominus fuliginosus* (Nees) atacando cocones de *Neodiprion sertifer* (Geoff.), encontró que la respuesta funcional del parásito estuvo influenciada por los diferentes regímenes de temperatura. Sin embargo, Holling (1959a) indicó que los datos de Burnett se ajustaron bien a la curva tipo II, y así la ecuación básica describió correctamente la respuesta funcional de *D. fuliginosus*. Messenger (1968) examinó la relación existente entre la fecundidad del parásito de áfidos, *Praon exsoletum* (Nees), y diferentes densidades del hospedero *Therioaphis trifolii* (Monell) (= *maculata* Buckton) bajo diferentes condiciones de temperatura y humedad. La curva tipo II describió bien los datos de oviposición de acuerdo a la ecuación de respuesta funcional de Holling. Cave y Gaylor (1989) también indicaron que los datos de parasitismo de *Telenomus*

reynoldsi Gordh y Coker sobre varias densidades de una población de *Geocoris punctipes* (Say) se ajustaron mejor a la ecuación de Holling, encontrándose una respuesta de tipo II.

En vista que el parasitismo y la depredación son similares en el hecho de que tanto el parasitoide como el depredador buscan otro individuo para poder sobrevivir, entonces el parasitismo ejercido por insectos también puede ser tratado como un tipo de depredación (Holling 1959a). En consecuencia, la tasa de parasitismo se mide por el número de hospederos en los cuales el parasitoide deposita sus huevos.

El propósito de este estudio fue determinar cómo el parasitoide *T. remus* responde a incrementos en densidades de los huevos de *S. frugiperda*, determinar la tasa de búsqueda y el tiempo de oviposición de este parasitoide.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención y mantenimiento del parasitoide *T. remus* y de los huevos del hospedero *S. frugiperda*

La avispa parasitoide *T. remus* usada en este estudio, así como los huevos de su hospedero, *S. frugiperda* fueron obtenidos en el laboratorio de Servicios Biológicos, C.A., Barquisimeto, estado Lara, Venezuela. Ambos, el parasitoide y el hospedero estuvieron disponibles en frascos carameleros y en papel bond, respectivamente (Morales et al., 2000). Este material fue llevado al laboratorio de Zoología Agrícola de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" y mantenido en un ambiente controlado a $27 \pm 2^\circ\text{C}$, $80 \pm 10\%$ HR, y 12:12 horas (día:noche) de fotoperíodo.

Determinación de la respuesta de parasitismo de *T. remus* sobre los huevos de *S. frugiperda*

Adultos del parasitoide de 0-24 h de edad fueron seleccionados al azar utilizando un pincel N° 1 y colocados en un tubo de ensayo, el cual fue sumergido durante 15 segundos en agua fría para inmovilizarlos y facilitar su manipulación. Hembras del parasitoide fueron individualmente expuestas a cada una de ocho diferentes densidades del hospedero (25, 50, 75, 100, 125, 150, 200 ó 250 huevos por recipiente) durante 24 horas. El experimento fue replicado ocho veces.

Los recipientes usados fueron tubos de vidrio de 21 x 70 mm. Los huevos estuvieron disponibles en papel bond cortados en pequeñas tiras con masas de huevos de *S. frugiperda* de 0-24 horas de edad. La manipulación del parasitoide y del hospedero siguió una metodología previamente descrita (Morales et al., 2000). Sin embargo, una vez finalizada la emergencia de todos los parasitoides, se procedió adicionalmente a disecar los huevos del hospedero para cuantificar aquellos *T. remus* que no habían emergido. El número de huevos parasitados en cada una de las densidades del hospedero fue usado para calcular las tasas promedios de parasitismo, la tasa de búsqueda y el tiempo de oviposición.

Análisis estadístico.

Se utilizó el paquete estadístico COSTAT versión 4.21 (Berkeley, California, 1990) para analizar la respuesta de parasitismo de *T. remus* a las diferentes densidades de los huevos de *S. frugiperda* estudiadas. Los modelos matemáticos de Holling (ecuación del disco), lineal, polinomial, logarítmico, exponencial y potencial fueron aplicados a los datos de respuesta de parasitismo usando un análisis de regresión, de manera de determinar a cual de ellos se ajustaban mejor los datos obtenidos. El valor de F y el coeficiente de determinación, R^2 , se utilizaron como criterio de selección de los modelos examinados. Este último representa la cantidad de variación que se explica por la regresión de las variables que intervienen. Aquellos modelos donde los valores del coeficiente de determinación

estuvieron por debajo de 0,50 fueron descartados. Para la determinación de la respuesta funcional del parasitoide se aplicó la ecuación del disco de Holling: $Na = aTtNo/1+aThNo$, donde “Na” corresponde al número de hospederos atacados, “No” es el número de hospederos presentes, “a” es la tasa de búsqueda exitosa, “Tt” es el total del tiempo en el cual los hospederos están expuestos al parasitoide, y “Th” es el tiempo de oviposición, el cual incluye el tiempo necesario para identificar un hospedero una vez encontrado y examinarlo con el propósito de depositar un huevo. Los parámetros tasa de búsqueda y tiempo de oviposición fueron calculados a partir de los datos de parasitismo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respuesta de parasitismo de *T. remus* a varias densidades de los huevos de *S. frugiperda*.

El parasitismo, la tasa de búsqueda y el tiempo de oviposición fueron los parámetros medidos en la determinación de la respuesta funcional de *T. remus* sobre los huevos de *S. frugiperda* (Cuadro 1). El número promedio de huevos parasitados aumentó a medida que las densidades de los huevos del hospedero incrementaron, obteniéndose valores promedio de 17 y 39,9 huevos parasitados en las densidades 25 y 50 huevos, respectivamente. A las densidades de huevos intermedias también hubo un incremento en parasitismo a medida que las densidades de huevos del hospedero fueron incrementadas.

Cuadro 1. Parasitismo, tasa de búsqueda y tiempo de oviposición de *T. remus*, a varias densidades de huevos de *S. frugiperda* (media \pm error estándar)

Densidad de huevos (huevos/parasitoide)	Parasitismo (huevos/día)	Tasa de búsqueda (huevos/huevo)	Tiempo de oviposición (días/huevo)
25	17,0 \pm 1,21	0,68 \pm 0,048	0,062 \pm 0,0066
50	39,9 \pm 1,02	0,79 \pm 0,020	0,025 \pm 0,0005
75	44,6 \pm 3,33	0,59 \pm 0,044	0,023 \pm 0,0016
100	68,8 \pm 4,71	0,68 \pm 0,047	0,015 \pm 0,0009
125	84,5 \pm 9,07	0,67 \pm 0,072	0,012 \pm 0,0014
150	95,6 \pm 8,66	0,63 \pm 0,057	0,011 \pm 0,0013
200	94,4 \pm 13,22	0,47 \pm 0,066	0,011 \pm 0,0014
250	99,8 \pm 13,26	0,37 \pm 0,053	0,012 \pm 0,0022

Sin embargo, a las densidades más altas del hospedero (200-250 huevos) la tendencia fue a nivelarse al obtenerse valores promedio de 94,4 y 99,8 huevos parasitados, respectivamente. 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 redundan en incrementos de la probabilidad de supervivencia de la progenie. El incremento observado en el promedio de huevos parasitados por *T. remus* cuando la densidad del hospedero fue aumentada se corresponde con resultados de investigaciones similares realizados con otras especies de parasitoides y depredadores (Holling, 1959a, 1961; Messenger, 1968; Hull et al., 1977; Morales y Burandt, 1985; Cave y Gaylor, 1989; Morales, 1991).

El análisis de los datos de la respuesta de parasitismo mostraron valores de F altamente significativos para los modelos lineal y Holling, mientras que los coeficientes de determinación de R^2 fueron 0,49 y 0,78, respectivamente. Esto indicó una fuerte correlación entre el número de huevos parasitados por *T. remus* y las diferentes densidades de huevos del hospedero *S. frugiperda* para el modelo de Holling (Figura 1). El valor más alto de R^2 obtenido para el modelo de Holling indicó que los datos de parasitismo ajustaron mejor ese modelo en comparación con el modelo lineal.

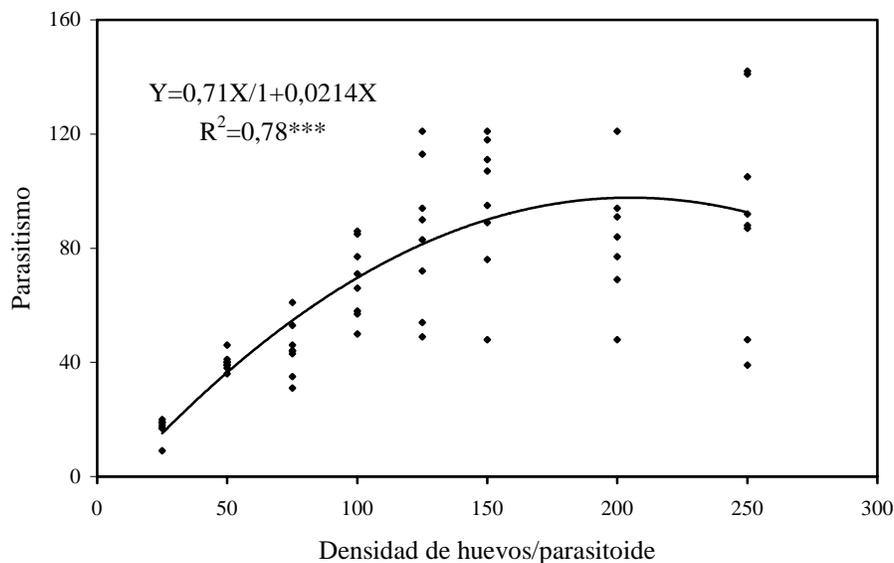


Figura 1. Parasitismo de *Telenomus remus* a varias densidades de huevos de *Spodoptera frugiperda*

La relación existente entre la tasa de búsqueda de *T. remus* y las diferentes densidades de huevos del hospedero *S. frugiperda* fue mejor descrita por un modelo cuadrático de regresión (Figura 2). La tasa de búsqueda promedio fue 0,79 huevos/huevo a la densidad de 50 huevos, mientras que la menor fue 0,37 huevos/huevo a la densidad de 250 huevos. A las densidades intermedias, la tasa de búsqueda decreció inversamente a la densidad del hospedero. Cave y Gaylor (1989) reportaron una tasa de búsqueda

de 1,5451 arenas/día a la temperatura de 28 °C para *T. reynoldsi* Gordh y Coker, un endoparásito de huevos de *Geocoris punctipes* (Say). Probablemente, el uso de un recipiente más grande (15,5 x 4 cm) pudo haber influenciado el comportamiento de la tasa de búsqueda del parasitoide. También, por el hecho de que *G. punctipes* deposita los huevos en forma individual y no en masas como *S. frugiperda*, el parasitoide pudo haber dedicado mayor esfuerzo en la búsqueda.

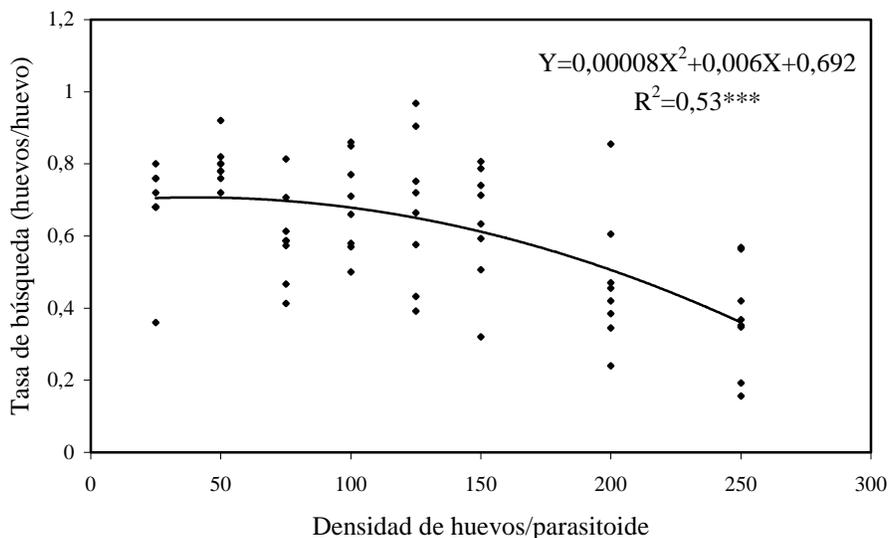


Figura 2. Tasa de búsqueda del parasitoide *Telenomus remus* a varias densidades de huevos de *Spodoptera frugiperda*

La efectividad de un enemigo natural es parcialmente medida por la posibilidad de localizar presas a bajas densidades de población de las mismas y por el consumo de muchas de ellas cuando se encuentran en altas densidades (Huffaker y Messenger, 1976).

La relación existente entre el tiempo de oviposición de *T. remus* y las diferentes

densidades de huevos del hospedero *S. frugiperda* la describió mejor el modelo potencial (Figura 3). El tiempo de oviposición disminuyó con el incremento de la densidad del hospedero. Los valores obtenidos variaron desde 0,062 días/hospedero a la densidad de 25 huevos, hasta 0,012 días/hospedero a la densidad de 250 huevos.

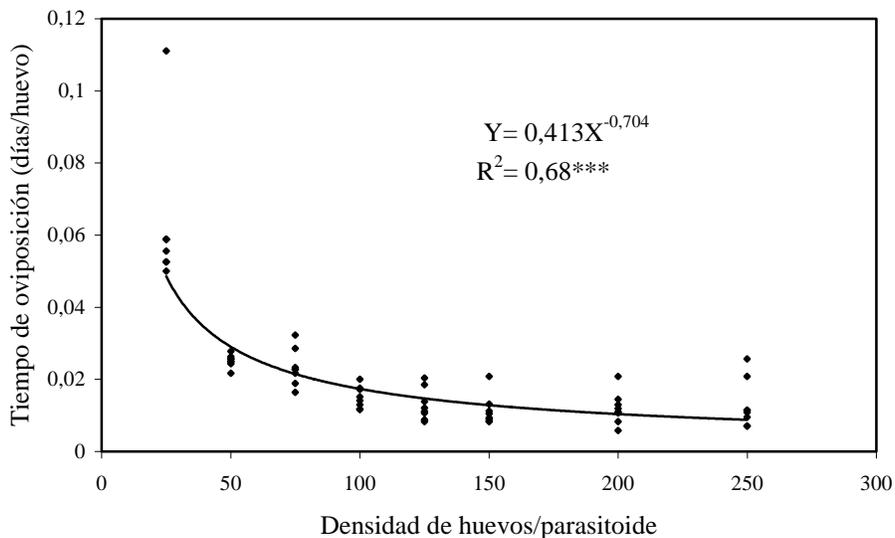


Figura 3. Tiempo de oviposición del parasitoide *Telenomus remus* a varias densidades de huevos *Spodoptera frugiperda*

A las densidades de huevos intermedias, los valores decrecieron a medida que la densidad del hospedero aumentó. La eficiencia del tiempo de oviposición es otra de las características que se busca en un enemigo natural efectivo a ser utilizado en el combate de las plagas (Huffaker, 1958; Holling, 1961; Murdoch et al., 1985).

Los valores de parasitismo, tasa de búsqueda y tiempo de oviposición obtenidos para *T. remus* permiten considerarlo como un parasitoide efectivo para controlar las poblaciones del cogollero del maíz, *S. frugiperda*.

AGRADECIMIENTO

A Robert Smith (Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado) por la revisión crítica al manuscrito original; Franklin Gutiérrez (Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado) por los comentarios y revisión del manuscrito; Francisco Ferrer Wurst (Servicios Biológicos, C.A.) por sus sugerencias y facilitar el material biológico utilizado, Juan Ruiz por su colaboración en la elaboración de cuadros y figuras, y Franklin Martínez, Juan Puerta, Rubén Hernández y William Castillo, quienes colaboraron en la obtención de los datos experimentales.

LITERATURA CITADA

1. Burnett, T. 1951. Effect of temperature and host density on the rate of increase of an insect parasite. *Am. Nat.* 85: 337-352.
2. Burnett, T. 1954. Influence of natural temperatures and controlled host densities on oviposition of an insect parasite. *Physiol. Zool.* 27: 239-248.
3. Cave, R. D. y M. J. Gaylor. 1989. Functional response of *Telenomus reynoldsi* (Hym: Scelionidae) at five constant temperatures and in an artificial plant arena. *Entomophaga.* 34: 3-10.
4. De Bach, P. y S. S. Smith. 1941. The effect of host density on the rate of reproduction of entomophagous parasites. *J. Econ. Entomol.* 34: 741-745.
5. Everson, P. 1980. The relative activity and functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae) and *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae): The effect of temperature. *Can. Entomol.* 112: 17-24.
6. Fan, Y. y F. L. Pettit. 1994. Parameter estimation of the functional response. *Environ. Entomol.* 23: 785-794.
7. Ferrer, F. 1992a. Control biológico de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) con énfasis en el uso de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) en cultivos de maíz y sorgo en Venezuela. Primera Jornada Científica del Maíz. UNELLEZ. Guanare. 37 p.
8. Ferrer, F. 1992b. Producción industrial de *Metagonistylum minense* (Diptera: Tachinidae), *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) y *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) y su impacto dentro de los programas de manejo integrado de plagas de la caña de azúcar, maíz y sorgo. Primera Reunión Latinoamericana y del Caribe en Biotecnología, Industrias y Políticas Públicas para el Control Biológico de Plagas. UCLA-OEA. Barquisimeto. 28 p.
9. Gerling, D. 1972. The development biology of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae). *Bull. Ent. Res.* 61: 385-388.
10. Hassell, M. P. 1978. The Dynamics of Arthropod Predator-Prey Systems. Princeton University, Princeton, NJ.
11. Hassell, M. P. y J. K. Waage. 1984. Host-parasitoid population interactions. *Annu. Rev. Entomol.* 29: 89-114.
12. Hernández, D. 1994. Estudio de la biología de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae), parasitoide de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Trabajo de Grado. 83 p.

13. Holling, C. S. 1959a. The components of predation as revealed by a study of small mammal predation of the European pine sawfly. *Can. Entomol.* 91: 293-320.
14. Holling, C. S. 1959b. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Can. Entomol.* 91: 385-398.
15. Holling, C. S. 1961. Principles of insect predation. *Ann. Rev. Entomol.* 6: 163-182.
16. Holling, C. S. 1965. The functional response of predator to prey density and its role in mimicry and population regulation. *Mem. Entomol. Soc. Can.* 45: 5-60.
17. Huffaker, C. B. 1958. Experimental studies on predation: Dispersion factor and predator prey oscillations. *Hilgardia.* 27: 343-383.
18. Huffaker, C. B. y P. S. Messenger. 1976. *Theory and Practice of Biological Control.* Academic. Press. New York.
19. Hull, L. A., D. Asquith y P. D. Mowery. 1977. The functional responses of *Stethorus punctum* to densities of the European red mite. *Environ. Entomol.* 6: 85-90.
20. Messenger, P. S. 1968. Bioclimatic studies of the aphid parasite *Praon exsoletum*. I. Effects of temperature on the functional response of females to varying host densities. *Can. Entomol.* 100: 728-741.
21. Morales, J. 1991. Respuesta funcional de *Cycloneda sanguinea* al afido negro de las cítricas. *Bioagro* 3 (1): 27-32.
22. Morales, J., J. Gallardo, C. Vásquez y Y. Ríos. 2000. Patrón de Emergencia, Longevidad, Parasitismo y Proporción Sexual de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) con relación al cogollero del maíz. *Bioagro.* 12 (2): 47-54.
23. Morales, J. y Ch. Burandt. 1985. Interactions between *Cycloneda sanguinea* and the brown citrus aphid: Adult feeding and larval mortality. *Env. Entomol.* 14: 520-522.
24. Murdoch, W. W., J. Chesson y P. L. Chesson. 1985. *Biological Control in theory and practice.* The American Naturalist 25: 345-365.
25. Schwartz, A. y D. Gerling. 1974. Adult biology of *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) under laboratory conditions. *Entomophaga* 19: 482-492.
26. Shipp, J. L. y G. H. Whitfield. 1991. Functional response of the predatory mite, *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae), on western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Environ. Entomol.* 20: 694-699.
27. Trivers, R. L. 1972. Parental investment and sexual selection. *In: B. Campbell (ed.). Sexual Selection and the Descent of Men.* Aldine. Chicago. pp. 136-179.
28. Ulyett, G. C. 1949a. Distribution of progeny by *Chelonus texanus* Cress (Hymenoptera: Braconidae). *Can. Entomol.* 81: 25-44.
29. Ulyett, G. C. 1949b. Distribution of progeny by *Cryptus inornatus* Pratt (Hymenoptera: Braconidae). *Can. Entomol.* 81: 285-299.
30. Williams, F. M. y S. A. Juliano. 1996. Functional responses revisited. *Environ. Entomol.* 25: 549-550.
31. Yaseen, M., F. D. Bennett y R. M. Barrow. 1981. Introduction of exotic parasites for control of *Spodoptera frugiperda* in Trinidad. *The Eastern Caribbean and Latin America. IICA Office in Trinidad and Tobago.* pp. 161-171.