
ESTUDIO DE *Harmonia axirydis* Pallas (COLEOPTERA: COCCINELIDAE) COMO BIOAGENTE DE CONTROL DE *Aphis gossypii* Glover (HEMIPTERA: APHIDIDAE)

Antonio Flores Macías, Silvia Rodríguez Navarro, M. Guadalupe Ramos-Espinosa y Fidel Payán Zelaya

RESUMEN

La relación entre la densidad de presa y el depredador es un elemento de gran importancia en los estudios de ecología de insectos. En el presente trabajo se estudió la interacción entre el depredador *Harmonia axirydis* Pallas y el áfido *Aphis gossypii* Glover. Se evaluaron cuatro densidades de presa (75, 150, 225 y 300) y la respuesta funcional se determinó mediante regresión logística. Los parámetros de la respuesta fueron estimados utilizando el modelo de Holling y la regresión no lineal iterativa de mínimos cuadrados como herramientas matemáticas. Los datos obtenidos indican que la respuesta funcional es del tipo II, la tasa

instantánea de búsqueda (a) y el tiempo de manipulación (Th) tuvieron valores de 0,0326 y 0,00076h, respectivamente. Los valores de los parámetros eficiencia de búsqueda (E), tiempo total de manipulación (Th_t) y tiempo total de búsqueda (Tst) fueron estadísticamente diferentes entre las densidades de presa estudiadas. Los resultados indican que *H. axirydis* muestra un gran potencial como bioagente de control del áfido *A. gossypii* y que a la mayor densidad estudiada (300 presas) el depredador contó con mucho tiempo para continuar la búsqueda de su presa, lo que indica que su capacidad de saciedad no fue alcanzada.

STUDY OF *Harmonia axirydis* Pallas (COLEOPTERA: COCCINELIDAE) AS CONTROL BIO-AGENT OF *Aphis gossypii* Glover (HEMIPTERA: APHIDIDAE)

Antonio Flores Macías, Silvia Rodríguez Navarro, M. Guadalupe Ramos-Espinosa and Fidel Payán Zelaya

SUMMARY

The relationship between density of prey and predator is an element of great importance in studies of insect ecology. The interaction between the predator *Harmonia axirydis* Pallas and the aphid *Aphis gossypii* Glover was studied. Four prey densities (75, 150, 225 and 300) were evaluated the type of functional response and the corresponding parameters were estimated using the Holling model and nonlinear iterative minimal squares regression as mathematical tools. The logistic regression indicates a type II functional response, and the instantaneous

rate of search (a) and handling time (Th) had values of 0.0326 and 0.00076h, respectively. The values of the parameters of search efficiency (E), total handling time (Th_t) and total search time (Tst) were statistically different between the studied prey densities. The results indicate that *H. axirydis* shows great potential as an aphid control bioagent of *A. gossypii* and even at the highest density studied (300 preys) the predator had plenty of time to continue its prey searching, indicating that satiation was not reached.

Introducción

Uno de los aspectos más importantes por entender para la ecología de insectos es la interacción depredador-presa. Entender esta relación permitirá a los ecólogos lograr un mayor éxito en la implementación de los programas de control biológico en agroeco-

sistemas. A la relación entre la densidad de presa y su consumo por el depredador se le denomina respuesta funcional (Rocha y Redaelli, 2004). La respuesta funcional permite conocer como la tasa de consumo de la presa se modifica al incrementarse la población de ésta en el tiempo. Es un componente esencial de cual-

quier modelo depredador-presa y un determinante importante de la estabilidad del sistema (Murdoch y Oaten, 1975; Abrams, 1982; Aljetlawi y Sparrevik, 2004).

Existen varios modelos analíticos que explican y predicen los resultados que pueden darse en la interacción depredador-presa. El

más utilizado es el de Holling (1959), que describe tres tipos de respuesta funcional al incrementarse la densidad de presa: tipo I, en la cual se captura una proporción constante de la presa; tipo II, donde la proporción capturada declina; y tipo III, donde la proporción atrapada aumenta. La

PALABRAS CLAVE / *Aphis gossypii* / *Harmonia axirydis* / Regresión Logística / Regresión No Lineal / Tiempo de Manipulación /

Recibido: 08/09/2009. Modificado: 10/05/2010. Aceptado: 20/05/2010

Antonio Flores Macías. Ingeniero Agrónomo y Doctor en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), México. Profesor Investigador, UAM Xochimilco, México. Dirección: Departamento de Producción Agrícola

y Animal, UAM. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, 04960 D.F. México. e-mail: afloresm@correo.xoc.uam.mx
Silvia Rodríguez Navarro. Doctora en Ciencias Agrícolas, Universidad Agraria de la Habana Fructuoso Rodríguez, Cuba. Bióloga,

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Profesora Investigadora, UAM, México.
María Guadalupe Ramos-Espinosa. Maestra en Ciencias en Ecología Agrícola, Colegio Superior de Agricultura Tropical, México. Bióloga, UNAM,

México. Profesora Investigadora UAM, México.
Fidel Payán Zelaya. Ingeniero. Agrónomo, UAM, México. Doctor en Agroforestería, University of Wales, RU y CATIE, Costa Rica. Profesor Investigador, UAM, México.

ESTUDO DE *Harmonia axyridis* Pallas (COLEOPTERA: COCCINELIDAE) COMO BIOAGENTE DE CONTROLE DE *Aphis gossypii* Glover (HEMIPTERA: APHIDIDAE)

Antonio Flores Macías, Silvia Rodríguez Navarro, M. Guadalupe Ramos-Espinosa e Fidel Payán Zelaya

RESUMO

A relação entre a densidade de presa e o depredador é um elemento de grande importância nos estudos de ecologia de insetos. No presente trabalho se estudou a interação entre o depredador *Harmonia axyridis* Pallas e o afídeo *Aphis gossypii* Glover. Avaliaram-se quatro densidades de presa (75, 150, 225 e 300) e a resposta funcional foi determinada mediante regressão logística. Os parâmetros da resposta foram estimados utilizando o modelo de Holling e a regressão não linear iterativa de mínimos quadrados como ferramentas matemáticas. Os dados obtidos indicam que a resposta funcional é do tipo

II, a taxa instantânea de busca (a) e o tempo de manipulação (Th) tiveram valores de 0,0326 e 0,00076h, respectivamente. Os valores dos parâmetros eficiência de busca (E), tempo total de manipulação (Th) e tempo total de busca (Tst) foram estatisticamente diferentes entre as densidades de presa estudadas. Os resultados indicam que *H. axyridis* mostra um grande potencial como bioagente de controle do afídeo *A. gossypii* e que, à maior densidade estudada (300 presas) o depredador contou com muito tempo para continuar a busca de sua presa, o que indica que sua capacidade de saciedade não foi alcançada.

respuesta funcional más frecuente en la naturaleza es la de tipo II, en la que la tasa de consumo de presas aumenta con la densidad de las presas, siendo este aumento proporcional y progresivamente más pequeño cuanto mayor es la densidad de presas, por lo que la tasa de consumo alcanza una plataforma constante e independiente de la densidad de la presa (Collins *et al.*, 1981; Murdoch y Oaten, 1975). La respuesta de tipo III asume que la desaceleración de la tasa de depredación es precedida por una fase de aceleración solo a bajas densidades de presa; sin embargo, este tipo de respuesta ha sido raramente probada en la práctica (Dercole *et al.*, 2002). Conocer la respuesta funcional de un depredador permite tener información sobre su potencial como agente de control biológico.

La regulación de insectos plaga será efectiva en la medida que el depredador sea densodependiente, esto es, que consuma una mayor proporción del insecto al incrementarse sus densidades (Schenk y Bacher, 2002).

Uno de los modelos de depredación más utilizados ha sido el de tipo II de Holling (1959), en el que el tiempo es un factor limitante para el proceso de ataque aleatorio y supone que el número de presas atacadas por un depredador incrementa monó-

tonamente a una asíntota. En este modelo se asume que la tasa de descubrimiento de las presas está linealmente relacionada con la densidad de presa, que mientras el depredador esta manejando la presa no puede hacer más capturas, y que la densidad de presa es constante (Juliano, 2001). El modelo está representado por la ecuación $Ne = aNT / (1 + aNTh)$

donde Ne : número de presas consumidas, a : constante de ataque o tasa instantánea de búsqueda, N : densidad de presa, T : tiempo en que la presa y el depredador se encuentran expuestos, y Th : tiempo de manipulación, que incluye el tiempo de captura, muerte, consumo y digestión, entre otros.

Uno de los insectos plaga polífagos de amplia distribución mundial que causa severos daños a los cultivos, especialmente a los establecidos bajo cubierta, es el afídeo *Aphis gossypii* Glover. Este insecto succiona la savia de los tejidos vegetales, es un transmisor de virus, y su daño es frecuentemente acompañado por el crecimiento de hongos que se desarrollan sobre el excremento pegajoso y azucarado producido por el mismo afídeo (Lenteren, 2000; Karley *et al.*, 2003).

Harmonia axyridis Pallas ha sido reportado como depredador de afídeos que ata-

can el cultivo de soya en Norte América (Xue *et al.*, 2009); sin embargo, existe poca información sobre su respuesta funcional y parámetros asociadas a ésta. Xue *et al.* (2009) han reportado que *H. axyridis* ha mostrado una respuesta de tipo II en la depredación del afídeo *Aphis glycines* (Homoptera: Aphididae). En otras especies de coccinélidos depredadores como *Cheilomenes sexmaculata*, *Coccinella transversalis*, *Propylea dissecta* (Pervez y Omkar, 2005), *Scymnus levaillanti* y *Cycloneda sanguinea* (Isikber, 2005) igualmente se ha reportado la respuesta de tipo II.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la respuesta funcional y estimar sus parámetros en el coccinélido *H. axyridis* a diferentes densidades de presa del afídeo *A. gossypii* y generar información para estimar su capacidad como bioagente de control biológico.

Métodos

Diseño del experimento

Se realizó una recolección de larvas de la catarina *Harmonia axyridis* Pallas en la zona sur del Distrito Federal, México, las cuales fueron mantenidas a $23 \pm 0,3^\circ\text{C}$ y una humedad relativa de $22 \pm 5\%$, hasta su transformación en adultos. Cada adulto

emergido se colocó en forma individual en un recipiente de plástico transparente con diámetro de 7cm y altura de 8,5cm, y fue sometido a un ayuno durante 72h con la finalidad de homogenizar su apetito. Los recipientes fueron colocados dentro de una cámara de crecimiento bajo las condiciones antes mencionadas y un fotoperiodo de 12h luz/oscuridad. Adultos de afídeos *Aphis gossypii* Glover, a las densidades de 75, 150, 225 o 300, fueron colocados en recipientes de plástico, constituyéndose cada una de éstas en un tratamiento. Cada uno de los cuatro tratamientos tuvo seis repeticiones que fueron distribuidas dentro de la cámara de crecimiento en un diseño completamente al azar. Al final de las primeras 24h se registró el número de presas consumidas.

Tipo de respuesta funcional

Para determinar si la respuesta funcional era del tipo II o III se realizó una regresión polinomial logística de la proporción de presas consumidas (Ne/No) con relación al número de presas presentes (No), mediante el procedimiento CATMOD (SAS, 2001). Ha sido demostrado que este tipo de regresión proporciona un medio más certero para distinguir entre la respuesta de tipo II o III, comparado con el análisis de la curva obtenida de la relación Ne y No

(Trexler *et al.*, 1988; Juliano, 2001). La forma específica de la ecuación logística es:

$$N_c/N_0 = (\exp(P_0 + P_1N_0 + P_2N_0^2 + P_3N_0^3)) / (1 + \exp(P_0 + P_1N_0 + P_2N_0^2 + P_3N_0^3))$$

donde P_0 , P_1 , P_2 y P_3 representan los coeficientes a ser estimados del intercepto, lineal, cuadrático y cúbico, respectivamente.

Modelos utilizados

El modelo utilizado en el análisis de la respuesta funcional fue el de Holling (1959). La determinación de un modelo mecanicista adecuado para los datos y la estimación de los parámetros (a y Th) fue realizada mediante regresión no lineal iterativa de mínimos cuadrados. El método de cálculo de los parámetros fue el Powell o DUD (SAS, 2001).

Análisis y procesamiento de datos

Se realizaron pruebas de Kolmogorov-Smirnov; Cramer-von Mises y Anderson-Darling para verificar la distribución normal de los datos observados y estimados. La diferencia estadística del número de presas consumidas esperadas en las diferentes densidades de presa se determinó mediante análisis de varianza y posterior comparación de medias mediante prueba de Tukey (SAS, 2001).

La eficiencia de búsqueda (E) del depredador fue calculada utilizando la ecuación:

$$E = N_e / N_0$$

donde N_e : número de presas consumidas, y N_0 : número inicial de presas.

El tiempo de búsqueda (T_s) fue determinado con la ecuación (Juliano y Williams, 1987; Elliot, 2003)

$$T_s = T - Th \times Na$$

Para determinar la diferencia estadística de las variables mencionadas entre las diferentes densidades de presa, se realizaron análisis de varianza y posterior com-

paración de medias mediante la prueba de Tukey (SAS, 2001).

Resultados y Discusión

No se encontró una diferencia significativa ($p \leq 0,01$) entre el número de presas consumidas (N_c) a las diferentes densidades de presa (Tabla I). Sin embargo, el número de presas estimadas (N_e) no mantuvo este comportamiento. El número de presas estimadas a las densidades de presa de 150 y 225 no mostró diferencia significativa, ocurriendo lo mismo entre las densidades de 225 y 300 ($p \leq 0,01$). La menor cantidad de presas estimadas fue a la densidad de 75. La asíntota que se presentaba en N_e entre estas densidades (150 y 225) no vuelve a mostrar un incremento de consumo al aumentar la densidad a 300 presas; sin embargo, sí hay una diferencia entre las presas consumidas a la densidad de 150 con respecto a las ocurridas en la densidad de 300. En todos los casos, excepto a la densidad de 225, el número de presas consumidas fue menor que el de presas estimadas (Tabla I).

La regresión logística realizada mostró que el coeficiente lineal ($P_1 = -0,0019$) fue negativo y significativo ($p < 0,0006$), lo cual es indicador de que la proporción de presas consumidas declina al incrementar el número de presas ofrecidas, describiendo por ello una respuesta funcional tipo II (Juliano, 2001).

El número de presas consumidas (N_c) y estimadas (N_e) presentó una tendencia a regresión polinomial de segundo grado ($p \leq 0,01$). La tendencia muestra una aceleración en el consumo hasta la densidad de 150, estabilizándose a 225 presas (Figura 1). Este comportamiento sugiere una respuesta funcional de tipo

II, que coincide con el encontrado mediante la regresión logística realizada. Este tipo de respuesta ha sido reportada para la mayoría de los coccinélidos (Kumar *et al.*, 1999; Faria *et al.*, 2004; Pervez y Omarkar, 2005). Los resultados a los que se arribó permiten concluir que *H. axirydis* presenta una respuesta funcional de tipo II; sin embargo, es necesario estudiar su respuesta funcional a densidades mayores a las 300 presas estudiadas en el presente estudio, para contar

Los valores calculados para a y Th mediante regresión no lineal iterativa de mínimos cuadrados fueron 0,0326 y 0,00076h, respectivamente. Los valores son inferiores al Th de 0,08h de los coccinélidos depredadores *Cheilomenes sexmaculata* y *Coccinella transversalis* (Pervez y Omarkar, 2005), de *Scymnus levaillanti* (1,75h) y de *Cycloneda sanguinea* (0,12h). Estos valores, comparativamente menores, indican que *H. axirydis* muestra una gran voracidad y que su capacidad de depredación le confiere características potenciales para ser un muy buen agente de control biológico del pulgón *A. gossypii*.

Se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,01$) para los parámetros eficiencia de búsqueda (E), tiempo total de

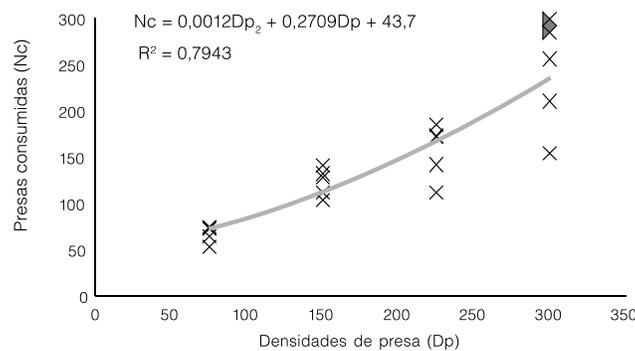


Figura 1. Ecuación de regresión y coeficiente de determinación para presas consumidas (N_c) a diferentes densidades de presa.

TABLA I
PROMEDIO DE PRESAS CONSUMIDAS Y ESPERADAS A LAS DIFERENTES DENSIDADES DE PRESA

Densidad de presa	Presas consumidas	Presas estimadas
75	58,5 a	67,4 a
150	116,9 a	123,2 b
225	175 a	156,8 bc
300	232,9 a	240,6 c

Letras iguales en columnas indican que no hay diferencia estadística (Tukey $\leq 0,05$).

con información que permita definir si este depredador pudiera presentar una respuesta tipo III a densidades mayores.

manipulación (Th_t) y tiempo total de búsqueda (Tst) entre las diferentes densidades de presa (Tabla II).

TABLA II
VALORES PROMEDIO DE LOS PARÁMETROS EFICIENCIA DE BÚSQUEDA (E), TIEMPO TOTAL DE MANIPULACIÓN (Th_t) Y TIEMPO TOTAL DE BÚSQUEDA (Tst) ENTRE LAS DIFERENTES DENSIDADES DE PRESA

Densidad de presa	E	Th_t	Tst
75	0,7809 a	0,0445 a	23,955 a
150	0,7795 b	0,0889 b	23,911 b
225	0,7782 c	0,1330 c	23,866 c
300	0,7766 d	0,1771 d	23,833 d

Letras iguales en columnas indican que no hay diferencia estadística (Tukey $\leq 0,05$).

El decremento en Tst y el incremento en Tht al aumentar la densidad de presa indica una densidad-dependencia entre el depredador y su presa, lo que, como señalan Schenk y Bacher (2002), es un tipo de respuesta necesaria para que un depredador realice una regulación efectiva de los insectos plaga.

A las densidades de presa bajas, *H. axirydis* pasa la mayor parte del tiempo buscando a su presa, disminuyendo éste al incrementarse la densidad. Sin embargo, a la densidad más alta (300 presas) el tiempo de búsqueda es alto (23,8h), lo que indica que en este punto la cantidad de presas es la limitante, más que el tiempo de manipulación, para alcanzar la asíntota que se da en una respuesta funcional del tipo II. Rocha y Redaelli (2004) reportaron un comportamiento similar en el depredador *C. nigroannulatus* sobre *Spartocera dentiventris*. Contrario a esta respuesta, el depredador *Rhynocoris fuscipes* utiliza menos tiempo de manipuleo al incrementarse la densidad de presa *Spodoptera litura* (Ambrose y Claver, 1995).

Conclusiones

La respuesta funcional del coccinélido estudiado muestra una tendencia de desaceleración al aumentar la densidad de presa, que coincide con una respuesta funcional de tipo II, lo cual fue corroborado con los resultados

obtenidos mediante la regresión logística realizada a los datos. Sin embargo, estudios a densidades mayores de 300 presas son necesarios para definir si estos resultados prevalecen a mayores densidades de presa.

El tiempo de manipulación fue muy bajo en comparación a lo reportado para otros coccinélidos depredadores. Esto, y la diferencia altamente significativa entre los parámetros estudiados (eficiencia de búsqueda, tiempo total de manipulación y tiempo total de búsqueda) entre las diferentes densidades de presa, indica que *H. axirydis* tiene elevada capacidad de depredación y por ello un gran potencial como agente de control biológico.

Debido a que las condiciones de laboratorio no reflejan adecuadamente las tasas de depredación de los insectos en campo, resulta necesario validar los límites a los cuales los parámetros y el tipo de respuesta funcional obtenidos en el presente trabajo explican la actividad depredadora del insecto en condiciones de campo.

REFERENCIAS

Abrams PA (1982) Functional Responses of Optimal Foragers. *Am. Naturalist*: 382-390.

Aljetlawi AA, Sparrevik E (2004) Prey-predator size-dependent functional response derivation and rescaling to the real world. *J. Anim. Ecol.* 73: 239-252.

Ambrose DP, Claver MA (1995) Functional responses of *Rhyno-*

coris fuscipes fabricius (Heteroptera: Reduviidae) to *Riptortus clavatus* Thunberg (Heteroptera: Alydidae). *J. Biol. Cont.* 9: 74-77.

Collins MD, Wards S, Dixon AFG (1981) Handling time and the functional response of *Aphelinus thomsoni* a predator and parasite of the aphid *Depranosiphum platanoides*. *J. Anim. Ecol.* 50: 479-489.

Dercole F, Ferrière R, Rinaldi S (2002) Ecological bistability and evolutionary reversals under asymmetrical competition. *Evolution* 56: 1081-1090.

Elliot JM (2003) A comparative study of the functional response of four species of carnivorous stoneflies. *Freshw. Biol.* 48: 191-202.

Faria LDB, Godoy AC, Trinca LA (2004) Dynamics of handling time and functional response by larvae of *Chrysomya albiceps* (Dipt., Calliphoridae) on different prey species. *J. Appl. Entomol.* 128: 432-436.

Holling CS (1959) Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Can. Entomol.* 91: 385-398.

Isikber AA (2005) Functional Response of Two Coccinellid Predators, *Scymnus levillanti* and *Cycloneda sanguinea*, to the Cotton Aphid, *Aphis gossypii*. *Turk. J. Agric. Forest.* 29: 347-355.

Juliano SA (2001) Non-linear curve fitting: Predation and functional response curves. En Scheiner SM, Gurevitch J (Eds.) *Design and Analysis of Ecological Experiments*. 2ª ed. Chapman and Hall. Nueva York, EEUU. pp. 178-196.

Juliano SA, Williams FM (1987) A comparison of methods for estimating the functional response parameters for the random predator equation. *J. Anim. Ecol.* 56: 641-653.

Karley AJ, Pitchford AE, Douglas WE, Parker JJ, Howard JW

(2003) The causes and processes of the mid-summer population crash of the potato aphids *Macrosiphum euphorbiae* and *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). *Bull. Entomol. Res.* 93: 425-438.

Kumar A, Kumar N, Siddiqui A, Tripathi CPM (1999) Prey-predator relationship between *Lipaphis erysimi* Kalt. (Hom., Aphididae) and *Coccinella septempunctata* L. (Col., Coccinellidae). II. Effect of host plants on the functional response of the predator. *J. Appl. Entomol.* 123: 591-601.

Lenteren JCV (2000) A greenhouse without pesticides: Fact or fantasy? *Crop Protect.* 19: 375-384.

Murdoch WW, Oaten A (1975) Predation and population stability. *Adv. Ecol. Res.* 9: 1-131.

Pervez A, Omkar (2005) Functional responses of coccinellid predators: An illustration of a logistic approach. *J. Insect Sci.* 5: 1-5.

Rocha L, Redaelli LR (2004) Functional response of *Cosmoclopius nigroannulatus* (Hem.: Reduviidae) to different densities of *Spartocera dentiventris* (Hem.: Coreidae) nymphae. *Braz. J. Biol.* 64: 309-316.

SAS (2001) *SAS User's Guide: Statistics*. SAS Institute Inc. Ver. 8. SAS, Inc. Cary, NC, EEUU.

Schenk D, Bacher S (2002) Functional response of a generalist insect predator to one of its prey species in the field. *J. Anim. Ecol.* 71: 524-531.

Trexler JC, McCulloch CE, Travis J (1988) How can the functional response best be determined? *Oecologia* 76: 206-214.

Xue Y, Bahlai CA, Frewin A, Sears MK, Schaafsma AW, Hallett RH (2009) Predation by *Coccinella septempunctata* and *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) on *Aphis glycines* (Homoptera: Aphididae). *Env. Entomol.* 38: 708-714.