



EXIGENCIAS TÉRMICAS DE *Trichogramma pretiosum* RILEY, 1879 (HIMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE), CRIADOS EN HUEVOS DE *Anticarsia gemmatalis* HÜBNER, 1818 (LEPIDOPTERA, NOCTUIDAE)

¹Bruno Zachrisson; ²José Roberto Postali Parra

¹Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, Centro de Investigación Agropecuaria Oriental "Dr. Alberto Perdomo", e-mail: bruno.zachrissons@idiap.gob.pa.

²Universidad de São Paulo, Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ, Piracicaba, São Paulo, Brasil

RESUMEN

Con la finalidad de determinar las exigencias térmicas y el efecto de siete (7) temperaturas (18 °C a 32 °C), en la duración del ciclo de desarrollo (huevo-adulto) de dos razas (L.Pi., L.Pr.) de *Trichogramma pretiosum*, criado en huevos de *Anticarsia gemmatalis*, se realizó la presente investigación. Los valores del límite térmico inferior (Tb) y de la constante térmica (K), fueron 12.10°C y 133.01 GD, correspondiente a la raza L.Pr. y 11.70 °C y 123.12 GD, para la raza de L.Pi. de *T. pretiosum*. Las razas de *T. pretiosum* evaluadas, presentaron exigencias térmicas semejantes, independientemente de las condiciones abióticas registradas, en los agroecosistemas en donde fueron colectadas.

PALABRAS CLAVES

Trichogramma pretiosum, Trichogrammatidae, *Anticarsia gemmatalis*, Exigencias térmicas, Control biológico.

ABSTRACT

This research was conducted with the objective of determining the thermal requirements and the effect of seven temperatures (18 °C and 32 °C) in the duration of the development cycle (egg-adult) of two strains of *Trichogramma pretiosum*, reared

on *Anticarsia gemmatalis* eggs. The values for lower thermal limits (Tb) and thermal constant (K) were 12.10 °C and 133.01 DD for the L.Pr. strain and 11.70 °C and 123.12 DD for the L.Pi. strain, of *T. pretiosum*. The strains of *T. pretiosum* assessed presented similar thermal requirements, independently from the registered abiotic conditions in the agricultural ecosystems, where they were collected.

KEY WORDS

Trichogramma pretiosum, Trichogrammatidae, Thermal requirements, *Anticarsia gemmatalis*, Biological control.

INTRODUCCIÓN

Anticarsia gemmatalis Hübner es considerada todavía como un insecto defoliador de importancia económica, en el cultivo de soya (*Glicine max* L.), cuya distribución abarca desde el Sur de los Estados Unidos hasta Argentina (Turnipseed & Kogan, 1976; King & Saunders, 1984). Las reducciones de la superficie foliar, entre el 15 y 30%, producto de la alimentación de la fase larval de *A. gemmatalis*, durante la etapa vegetativa del cultivo, causa perdida significativas a la producción. (Gazzoni *et al.*, 1981). Por lo que, en la década de 1980, la implementación del programa de manejo integrado de plagas (MIP), estuvo dirigido al manejo de esta plaga, en donde la aplicación de *Baculovirus anticarsia* (AgNPV), redujo la población de *A. gemmatalis*, por debajo de los niveles de daño económico (Panizzi, 2013). La aplicación de *B. anticarsia* (AgNPV), en 1.6 millones de hectáreas, aunado al eficiente resultado en la reducción de los niveles poblacionales de *A. gemmatalis*, sustentó el éxito del programa (Moscardi & Souza, 2002). Sin embargo, la aparición de la "Roya de la Soya" (*Phakopsora pachyrhizi*) en Brasil, a partir del 2002, tuvo como consecuencia perdidas económica por más de 25 millones de dólares (Yorinori *et al.*, 2003). La aplicación intensiva de fungicidas, como método unilateral de manejo de la enfermedad, contrarresto el impacto de las aplicaciones de *B. anticarsia* (AgNPV) sobre la población de *A. gemmatalis*, lo que motivó la utilización de otras alternativas de control biológico aplicado (Sosa-Gómez, 2006). De esta forma, la utilización de *Trichogramma*, dirigido al control de huevos de *A. gemmatalis*, ha sido una de las opciones manejo implementadas, recientemente.

La liberación de especies de *Trichogramma*, para el control de especies de lepidópteros, ha sido ampliamente utilizado en programas de control biológico aplicado, en diversos cultivos de importancia económica, a nivel mundial (Parra & Zucchi, 2004). Anualmente, se liberan 28 especies de *Trichogramma*, en más de 16 millones de hectáreas de cultivos anuales y perenes (Parra & Zucchi, 2004). El éxito o fracaso de las liberaciones de *Trichogramma pretiosum*, como una alternativa sostenible de manejo de *A. gemmatalis*, depende del conocimiento de las características biológicas del parasitoide y de la plaga (Pereira *et al.*, 2004). En este sentido, la determinación de las exigencias térmicas, facilita el control la producción de *Trichogramma* o de cualquier especie de parasitoide en condiciones de laboratorio (Parra, 1997). Además, se determina la temperatura óptima para el desarrollo del parasitoide y estima el número de generaciones en las diferentes regiones geográficas, a partir de los grados días (GD) (Pratissoli & Parra, 2000, Scholler & Hassan, 2001). A pesar de que la temperatura es la principal variable abiótica, que influye en el desarrollo de *Trichogramma*, las especies, razas, humedad relativa y fotofase, entre otros factores, pueden afectar el desempeño biológico de las diferentes razas de *Trichogramma pretiosum* Riley (Bleicher & Parra, 1990; Maceda *et al.*, 2003, Parra & Zucchi, 2004; Pereira *et al.*, 2004; Bueno *et al.*, 2010). Por lo que, este trabajo tuvo como objetivo determinar las exigencias térmicas de dos razas (L.Pi., L.Pr.) de *T. pretiosum*, criados y recolectados, en huevos de *A. gemmatalis*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las razas de *T. pretiosum* utilizadas en el estudio, fueron colectadas en huevos de *A. gemmatalis*, en el cultivo de soya, en las localidades de Lapa, Paraná, Brasil y Pirassununga, São Paulo, Brasil (Cuadro 1). Las mismas se encuentran depositadas en el laboratorio de biología de insectos, del departamento de entomología de la Universidad de São Paulo (ESALQ-USP), Brasil; para estudios posteriores de control biológico de plagas.

Cuadro 1. Razas de *Trichogramma pretiosum*, recolectadas en huevos de *A. gemmatalis*, utilizadas en el presente estudio.

Razas	Fecha de Colecta	Local de Colecta	Huésped	Cultivo
L.Pi.	Enero /93	Pirassununga, São Paulo, Brasil	<i>A. gemmatalis</i>	Soya
L.Pr.	Enero /94	Lapa, Paraná, Brasil	<i>A. gemmatalis</i>	Soya

Las razas de *T. pretiosum*, fueron mantenidas y multiplicadas, en condiciones de laboratorio, siguiendo la metodología establecida por Stein & Parra (1987) y Parra *et al.* (1989). Los huevos de *A. gemmatalis* se obtuvieron a partir de poblaciones de adultos, provenientes de la dieta artificial propuesta por Greene *et al.* (1976), la cual fue preparada de acuerdo a la metodología propuesta por Parra (1996).

La razas de *T. pretiosum* utilizadas en el presente estudio, fueron multiplicadas de acuerdo a la metodología citada por Parra *et al.* (1989), utilizando huevos de *A. gemmatalis*. Posteriormente, los huevos de la plaga fueron retirados del substrato de oviposición (papel "Bond") y se recogieron en un vaso químico cubierto en su interior con un tejido de "tul". El procedimiento tuvo como finalidad, mantener la calidad de los huevos de *A. gemmatalis*, por lo que se mantuvo la humedad relativa próxima al punto de saturación, para evitar la resequedad de los mismos.

Los huevos de *A. gemmatalis*, ya individualizados y debidamente conservados, se colocaron en una lámina rectangular de plástico (5.0 x 1.5 cm), la cual se mantuvo previamente en el congelador durante diez 10 minutos, lo que permitió la formación de una capa húmeda producto de la condensación del agua, posibilitando la fijación de los huevos sobre la superficie (Bleicher & Parra, 1989). Posteriormente, 50 huevos de *A. gemmatalis* fueron sometidos al parasitismo de *T. pretiosum*, durante un período de cinco horas, en cámaras climatizadas con condiciones abióticas constantes (temperatura de 25°C, humedad relativa de 70 ± 10% y fotofase de 14 horas), transfiriéndolos posteriormente a cámaras climatizadas reguladas a las temperaturas seleccionadas (18 °C, 20 °C, 22 °C, 25 °C, 28 °C, 30 °C y 32°C).

Los parámetros biológicos requeridos para determinar la exigencia térmica de las razas de *T. pretiosum*, fueron: a) duración del ciclo de huevo-adulto; b) tasa de emergencia. La duración del ciclo (huevo-adulto), se registró por medio de observaciones diarias y la tasa de emergencia, se calculó estableciendo el número de adultos de *T. pretiosum*, que emergieron del total de huevos parasitados; caracterizados por la coloración oscura, que deja en evidencia la necrosis de los tejidos embrionarios.

El límite térmico inferior (T_b), expresado en grados Celsius, fue determinado por medio del método de la hipérbola (Haddad *et al.*, 1999), considerando la duración del ciclo huevo-adulto, a diferentes temperaturas (18 °C, 20 °C, 22 °C, 25 °C, 28 °C, 30 °C y 32°C). Se determinó el límite térmico inferior de desarrollo (T_b) y la constante térmica (K). El límite térmico inferior (T_b), es considerado la temperatura mínima para que el parasitoide pueda desarrollarse biológicamente y la constante térmica (K), es representada en función de los grados días. El coeficiente de determinación (R^2), proporcionó el grado de confiabilidad a los resultados.

El diseño experimental considerado en el estudio, fue el de tratamientos completos al azar, en donde los datos se sometieron a un análisis de varianza y los promedios fueron comparados por la prueba de Tukey, a 5% de significancia. Los datos de duración del ciclo huevo-adulto, fueron transformados por medio de la fórmula raíz de $(x + 0.5)$ y analizados estadísticamente, por la prueba de Tukey, a 5% de significancia. Con la finalidad de obtener la normalidad de los datos y la homogeneidad de la varianza de los datos de la tasa de emergencia fueron transformados por medio del modelo arc sen raíz de $(x / 100)$. Posteriormente, se comparó la duración del ciclo de desarrollo (huevo-adulto) y la tasa de emergencia de *T. pretiosum*, criados en huevos de *A. gemmatalis* en siete temperaturas (18 °C, 20 °C, 22 °C, 25 °C, 28 °C, 30 °C y 32°C).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de duración del ciclo de desarrollo (huevo-adulto) de las dos razas de *T. pretiosum* (L.Pi., L.Pr.), recolectadas en huevos de *A. gemmatalis*, presentaron una relación inversa a la temperatura, verificándose valores estadísticamente semejantes entre ambas razas

para cada temperatura (Cuadro 2). Pratisoli & Parra (2000), confirmaron que la duración del ciclo de desarrollo (huevo-adulto) de las especies y razas de *Trichogramma*, no depende exclusivamente de la temperatura, observando que la adaptación al huésped parasitado y la metodología de multiplicación, influyen en la variación de este parámetro biológico (Tironi, 1992; Sá & Parra, 1994; Pratisoli & Parra, 2000, Pererira *et al.*, 2004). Bleicher & Parra (1989), registraron resultados semejantes a los registrados en el presente estudio, destacándose que no hubo influencia de la temperatura en la duración del ciclo de desarrollo (huevo-adulto) entre las razas de *T. pretiosum*, colectadas en huevos de *Alabama argillacea*, en diferentes agro ecosistemas con condiciones abióticas diferentes.

La tasa de emergencia (%), registrada para ambas razas (L.Pi., L.Pr.) de *T. pretiosum*, estadísticas, con tasas superiores a 90.0% (Cuadro 2), lo que indica que la calidad del huésped (huevo de la plaga), no es afectado por las diferentes temperaturas.

A partir de la velocidad de desarrollo de las dos razas de *T. pretiosum* evaluadas en las diferentes temperaturas (18 a 32°C), se relaciona la duración del ciclo de desarrollo (huevo-adulto), que permitió determinar el límite térmico inferior (Tb) y la constante térmica (K). Los valores del límite térmico inferior (Tb) y de la constante térmica (K), fueron 12.10°C y 133.01 GD, correspondiente a la raza L.Pr. y 11.70 °C y 123.12 GD, para la raza de L.Pi. de *T. pretiosum* (Cuadro 3, Fig. 1). Los valores elevados del coeficiente de determinación (R²), confirmaron la confiabilidad del modelo expuesto en la ecuación de regresión, que determina la relación entre la temperatura y la duración del ciclo de desarrollo (huevo-adulto) (Cuadro 3). Las variaciones registradas para el límite térmico inferior (Tb), en las razas de *T. pretiosum* colectadas en huevos de *A. gemmatalis* (Cuadro 3, Fig. 1), afirma la influencia de las razas del parasitoide y la calidad del huésped, en las exigencia térmicas del parasitoide (Tironi, 1992; Pratisoli & Parra, 2000; Pereira *et al.*, 2004).

Cuadro 2. Duración media del ciclo (huevo-adulto) y tasa de emergencia en dos razas de *Trichogramma pretiosum*, criada en huevos de *Anticarsia gemmatalis*, en diferentes temperaturas. HR: $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas.

Temperatura (°C)	Raza L.Pr.		Raza L.Pi.	
	Duración del ciclo (días)	Tasa de emergencia (%)	Duración del ciclo (días)	Tasa de emergencia (%)
18	23.76 ± 0.22 f ¹ A ²	96 ± 4.26 a A	22.10 ± 0.22 eA	94 ± 3.09 a A
20	15.52 ± 0.08 e A	96 ± 2.67 a A	16.91 ± 0.08dA	97 ± 4.58 a A
22	14.41 ± 0.07 d A	96 ± 2.67 a A	13.16 ± 0.07 cA	97 ± 1.89 a A
25	10.29 ± 0.13 c A	94 ± 4.47 a A	9.50 ± 0.13 bA	93 ± 3.19 a A
28	8.41 ± 0.16 b A	92 ± 4.42 a A	7.22 ± 0.16 a A	93 ± 3.39 a A
30	6.82 ± 0.08 a A	91 ± 5.37 a A	6.79 ± 0.02 a A	90 ± 4.39 a A
32	7.12 ± 0.09 a A	91 ± 2.67 a A	7.01 ± 0.18 a A	90 ± 1.98 a A

¹Médias seguidas de la misma letra minúscula, entre las columnas, no difieren estadísticamente entre sí, por la prueba de Tukey, a 5% de significancia.

²Médias seguidas de la misma letra mayúscula, entre las filas, no difieren estadísticamente entre sí, por la prueba de Tukey, a 5% de significancia.

Cuadro 3. Límite térmico inferior (Tb), constante térmica (K) y coeficiente de determinación (R²), de las razas L.Pi. y L.Pr. de *Trichogramma pretiosum*, criados en huevos de *Anticarsia gemmatalis*, en condiciones de controladas de temperatura, humedad relativa de $70 \pm 10\%$ y fotofase de 14 horas.

Raza	Tb (°C)	K (GD)	Ecuación de Regresión	R ² (%)
L.Pi.	11.70	123.12	y = -0.08858+0.007569 x	95.32
L.Pr.	12.10	133.01	y = -0.09094 + 0.07518 x	97.05

La metodología de multiplicación utilizada en la producción masiva del parasitoide, también influye en la variación del límite térmico inferior (Tb) y la constante térmica (K) (Foerster *et al.*, 1996, Pratisoli *et al.*, 2005). Foerster *et al.* (1996), observó que variaciones reducidas en intervalos entre 2 y 3°C, en el límite térmico inferior (Tb), no necesariamente van a influir en el desarrollo del parasitoide. Por esta razón, las investigaciones deben estar dirigidas a la selección de un huésped alternativo con características semejantes a la de la plaga "objeto de control", de manera que el parasitoide exprese todo el potencial biológico, cuando es liberado en el campo (Pratisoli & Parra, 2000). Los modelos predictivos, citados en este estudio (Cuadro 3), determinan la constante térmica (K), que reflejada en los grados días (GD), permite prever y controlar la producción masiva de diferentes razas de *T. pretiosum*, en condiciones de laboratorio. Estos estudios permiten estimar el número de generaciones anuales de las especies y razas de los parasitoides, herramienta que recomienda el número e intervalo de liberaciones de estos, en el campo.

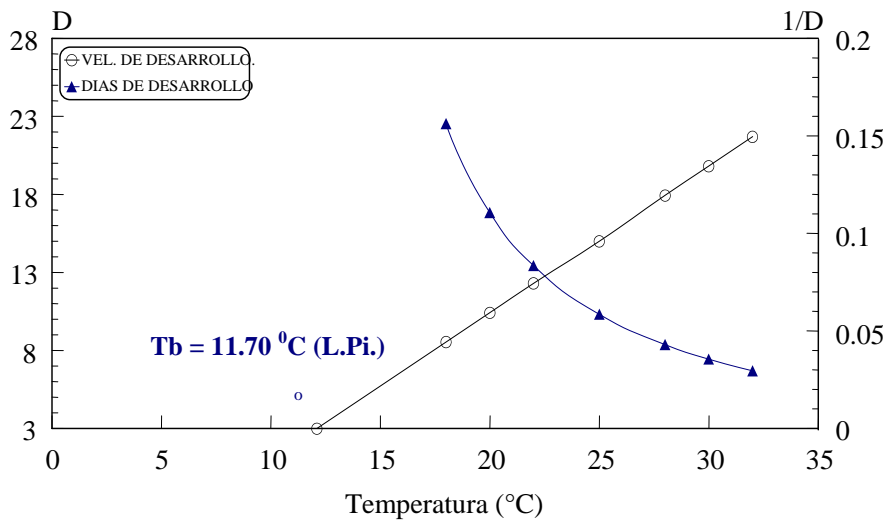
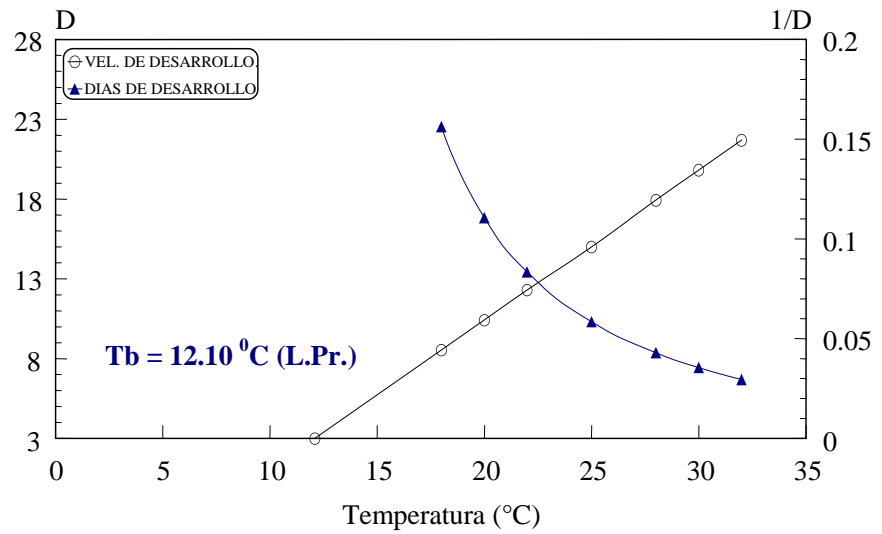


Fig. 1. Curva de velocidad de desarrollo de dos razas (L.Pr., L.Pi.) de *Trichogramma pretiosum*, criados en huevos de *Anticarsia gemmatalis*, en diferentes temperaturas (18°C a 32°C, HR: 70 ±10% y fotofase de 14 horas).

CONCLUSIÓN

Los requerimientos térmicos (Tb, K) de *T. pretiosum*, variaron en relación a las razas evaluadas en el presente estudio.

REFERENCIAS

- Bleicher, E. & J.R.P. Parra. 1989. Espécies de *Trichogramma* parasitóides de *Alabama argillacea*. I. Biología de três populações. Pesq. Agropec. Bras. 25(2): 215 - 219.
- Bleicher, E. & J.R.P. Parra. 1990. Espécies de *Trichogramma* parasitóides de *Alabama argillacea*. III. Determinação das exigências térmicas de três populações. Pesq. Agropec. Bras., 25(2): 221-225.
- Bueno, R.C.O.F., A.F. Bueno, J.R.P. Parra, S.S. Vieira & L.J. Oliveira. 2010. Biological characteristics and parasitism capacity of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) on eggs of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). Rev. Bras. entomol., 54: 322-327.
- Foerster, L.A., ER. Mello & M.R.F. Avanci. 1996. Ciclo evolutivo e necessidades térmicas de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera:Trichogrammatidae) e *Telenomus* sp. (Hymenoptera: Scelionidae) em ovos de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae). In: Simpósio de Controle Biológico. 5., Foz de Iguaçu, 1996. Resumos. Londrina, p. 24.
- Gazzoni, D.L., E.B. Oliveira, I.C. Corso, B.S.C. Ferreira, G.L.Villas Bôas, F. Moscardi & A. R. Panizzi. 1981. Manejo de pragas da soja. Londrina: EMBRAPA/CNPSO, 44 p.
- Green, R.F., N.C. Leppla & W.A. Dickerson. 1976. Veltbean caterpillar a rearing procedure and artificial medium. J. Econ. Entomol. 69 (4): 487-488.
- Haddad, M.L., J.R.P. Parra & R.C. Moraes. 1999. Métodos para estimar os limites térmicos inferior e superior de desenvolvimento de insetos. Piracicaba, FEALQ, 29p.

King, A.B.S. & J.L. Saunders, 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales en América Central. Londres, Overseas Development Administration Press. 182 p.

Maceda, A., C. L. Hohmann & H.R. Santos. 2003. Temperature effects on *Trichogramma pretiosum* Riley and *Trichogramma annulata* De Santis. Braz. Arch. Biol. Technol. 48: 523-529.

Moscardi, F. & M.L. Souza. 2002. Baculovirus para o controle de pragas: panacea ou realidade? Biotecnología, Ciencia y Desarrollo 24: 22-29.

Panizzi, R.A. 2013. History and contemporary perspective of integrated pest management of soybean in Brazil. Neotrop. Entomol. 42: 119-127.

Parra, J.R.P. 1996. Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico. Piracicaba, FEALQ. 137 p.

Parra, J.R.P. 1997. Técnicas de criação de *Anagasta kuehniella*, hospedeiro alternativo para produção de *Trichogramma*. P. 121-150. In J.R.P. Parra & R.A. Zucchi (eds.), *Trichogramma* e o controle aplicado. Piracicaba, FEALQ. 324 p.

Parra, J.R.P., J.R.S. Lopes, H.J.P. Serra & O. Salles Junior. 1989. Metodologia de criação de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) para produção massal de *Trichogramma* spp. An. Soc. Entomol. Brasil 18: 403-415.

Parra, J.R.P. & R.A. Zucchi. 2004. *Trichogramma* in Brasil: Feasibility of use after twenty years of research. Neotrop. Entomol. 33: 271-281.

Pereira, F., R. Barros, D. Pratissoli & J.R.P. Parra. 2004. Biologia e exigências térmicas de *Trichogramma pretiosum* Riley e *T. exiguum* Pinto & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae) criados em ovos de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). Neotrop. Entomol. 33: 231-236.

Pratissoli, D. & J.R.P. Parra. 2000. Desenvolvimento e exigências térmicas de *Trichogramma pretiosum* Riley, criados em duas traças do tomateiro. *Pesqu. Agropecu. Bras.* 35(7): 1281-1288.

Pratissoli, D., J.C. Zanuncio, U.R. Vianna, J.S. de Andrade, T.B.M. Pinon & G.S. Andrade. 2005. Thermal requirements of *Trichogramma pretiosum* and *Trichogramma acacioi* (Hym.: Trichogrammatidae), parasitoids of the avocado defoliator *Niptera panacea* (Lep.: Geometridae), in eggs of two alternative hosts. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 48: 523-529.

Sá, L.A.N. & J.R.P. Parra, 1994. Biology and parasitism of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym., Trichogrammatidae) on *Ephestia kuehniella* (Zeller) and *Heliothis zea* (Boddie) (Lep., Noctuidae) eggs. *J. Appl. Entomol.* 118: 38-44.

Scholler, M. & S. Hassan. 2001. Comparative biology and life table of *Trichogramma evanescens* and *T. cacoeciae* with *Ephestia elutella* as host at four constant temperatures. *Entomol. Exp. Appl.* 98: 35-40.

Sosa-Gomez, D.R. 2006. Seletividade de agroquímicos para fungos entomopatogênicos.

http://cnpso.embrapa.br/download/artigos/seletiv_fung.pdf

Stein, C.P. & J.R.P. Parra. 1987. Uso da radiação para inviabilizar ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) visando estudos com *Trichogramma* spp. *An. Soc. Entomol. Brasil* 16: 229-231.

Tironi, P. 1992. Aspectos bioecológicos de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 e *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner, 1983 (Hym.: Trichogrammatidae), como agentes de controle biológico de *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lep.: Noctuidae). Lavras, Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura de Lavras, 74p.

Turnipseed, S.G. & M. Kogan, 1976. Soybean entomology. *Annu. Rev. Entomol.* 21: 247-282.

Yorinori, T., W. Morel Paiva, L. Costamilan & P. Bertognolli. 2003. Ferrugem da Soya: Identificación e controle. Documentos 204. Londrina, Pr., Brasil.

Recibido julio de 2013, aceptado noviembre de 2013.