

Biología y ciclo reproductivo de *Apanteles gelechiidivoris* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae)

Biology and life cycle of *Apanteles gelechiidivoris* (Hymenoptera: Braconidae) parasitoid of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae)

Johanna Bajonero¹, Natalia Córdoba¹, Fernando Cantor², Daniel Rodríguez² y José Ricardo Cure²

RESUMEN

Apanteles gelechiidivoris es un parasitoide de larvas de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), una plaga importante de cultivos como el tomate y la papa. El uso de este insecto para el control biológico no se ha implementado eficientemente debido a la falta de conocimiento de la biología, específicamente del ciclo de vida y el efecto de factores externos, como la temperatura, en su capacidad parasítica. Se evaluó el desarrollo y la capacidad reproductiva de *A. gelechiidivoris* en cuatro condiciones térmicas: 14, 20, 26 y 32 °C. En la evaluación del desarrollo se realizó una descripción del ciclo, se determinó la duración total de este, se estimaron los umbrales térmicos para cada estadio utilizando el modelo de Lactin y se hallaron los grados día. En la evaluación de la capacidad reproductiva se variaron las densidades del hospedero ofrecidas a una pareja recién emergida de la avispa de 5 hasta 160 y se contó el número de adultos emergidos con los cuales se evaluó longevidad y fecundidad. Adicionalmente se ajustó un modelo de respuesta funcional. La duración del ciclo de vida para las temperaturas evaluadas fue de 39 días en 14 °C, 34 en 20 °C, 19 en 26 °C y 17 en 32 °C. La longevidad fue de 7,5 (14 °C), 7 (20 °C), 5 (26 °C) y 2,4 (32 °C) días. La temperatura a la cual se pueden optimizar los parámetros reproductivos de esta avispa se encuentra entre 20 y 26 °C.

Palabras clave: *Apanteles gelechiidivoris*, respuesta funcional, grados día, rango térmico, ciclo de vida.

ABSTRACT

Apanteles gelechiidivoris is a larvae parasitoid of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), an important pest for crops such as tomatoes and potatoes. The use of this insect as a controller has not been implemented efficiently due to the lack of knowledge of their biology, specifically their life cycle and the effect of external factors, such as the temperature in its parasitic capacity. The development and reproductive capacity of *A. gelechiidivoris* was evaluated in four thermal conditions: 14, 20, 26 and 32 °C. For the development assessment a cycle description was performed to determine the total cycle duration. Thermal thresholds for each state were estimated using the Lactin model and day degrees were found. To assess the reproductive capacity, different densities of the host were offered to a pair of recently emerged wasp of 5 until 160. The number of emerged adults was counted, and longevity and fertility of the emerged wasp was evaluated. Additionally, an adjustment of a functional response model was made. Duration of the life cycle for temperatures was evaluated: from 39 days at 14 °C, 34 to 20 °C, 19 to 26 °C and 17 to 32 °C. The longevity was 7.5 (14 °C), 7 (20 °C), 5 (26 °C) and 2.4 (32 °C) days. The temperature at which you can optimize reproductive parameters of this wasp is between 20 and 26 °C.

Key words: *Apanteles gelechiidivoris*, functional response, day degree, thermal range, life cycle.

Introducción

El gusano cogollero del tomate, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae), es la segunda plaga de importancia en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) (García, 1993). Este lepidóptero mina el follaje y los tallos de la planta, ataca las hojas jóvenes, las ramas y además perfora las flores y los frutos (García, 1993; De Vis *et al.*, 2001), lo que ocasiona una disminución en su potencial productivo.

Para el manejo de *Tuta absoluta* se han evaluado estrategias diferentes al uso de insecticidas, entre las cuales se destaca el uso de parasitoides de huevos y larvas como *Trichogramma pretiosum* (Riley) y *Apanteles sp.*, respectivamente (De Vis *et al.*, 2001; García, 2002). Con relación al uso de *T. pretiosum* se han reportado resultados de ensayos en laboratorio dirigidos a la evaluación de parámetros como las exigencias térmicas y tabla de vida con el fin de utilizar este parasitoide en programas de control biológico (Pratissolli y Postali, 2000; Pratissolli, 2004; Molina *et al.*,

Fecha de recepción: 15 de febrero de 2008. Aceptado para publicación: 5 de noviembre de 2008

Proyecto financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada y Socolen.

¹ Estudiantes, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá (Colombia). johacuer@hotmail.com; nataliacordoba1552@gmail.com

² Docentes de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá (Colombia). ecologia@umng.edu.co

2005). Aunque se destaca la importancia de *Apanteles*, no existen estudios que confirmen su efectividad, así como no existen informaciones relacionadas con las condiciones o factores que afectan tal efectividad ni tampoco acerca de su biología básica. En el presente trabajo se determinaron aspectos de la biología y el ciclo reproductivo de *Apanteles gelechiidivoris* Marsh (Hymenoptera: Braconidae) en diferentes condiciones térmicas.

Materiales y métodos

Todos los ensayos se llevaron a cabo en los laboratorios de control biológico de la Facultad de Ciencias de la Universidad Militar Nueva Granada (UMNG), localizados en la Estación Experimental Hacienda Riogrande, a 2.580 msnm (4° 56' N, 74° W) en el municipio de Cajicá, Cundinamarca, Colombia.

Obtención del material entomológico

Para la realización de los experimentos se mantuvieron crías de la plaga y el parasitoide. Para la cría de *Tuta absoluta* se infestaron diez plantas de tomate de 70 días de edad con 20 hembras y 20 machos de la polilla, dentro de jaulas entomológicas de 70 x 60 x 60 cm. Una vez las larvas de *T. absoluta* alcanzaron el tercer instar, doce días después de la infestación, se procedió a realizar los montajes de ciclo de vida y respuesta funcional.

Para la cría de *A. gelechiidivoris* se utilizaron cámaras de parasitación donde se dispusieron plantas de tomate con larvas de tercer instar de *T. absoluta* y se liberó una cantidad variable de adultos de la avispa guardando una proporción 1:1.

Determinación de los estados y tiempos de desarrollo de *A. gelechiidivoris*

Mediante un ensayo completamente al azar, con cinco repeticiones, se evaluó el efecto de cuatro niveles de temperaturas constantes: 14, 20, 26 y 32 °C sobre el ciclo de vida del parasitoide. Las temperaturas se evaluaron una vez en incubadoras térmicas reguladas.

La unidad experimental consistió en una caja plástica de 30 x 11 x 20 cm donde se dispusieron tres hojas de tomate infestadas con 200 larvas de *T. absoluta* de tercer instar y 30 adultos de *A. gelechiidivoris* en proporción 1:1. Se realizaron muestreos destructivos en frecuencias acordes a la temperatura a evaluar: tres veces por semana (14 y 20 °C) y diariamente (26 y 32 °C). En cada muestreo se registró el estado de desarrollo de los individuos, además de medidas de longitud y ancho corporal, para lo cual se utilizó un microscopio estereoscopio con un aumento de 66X.

Los datos obtenidos se analizaron por medio de un Anova con un nivel de significancia de 5%. Adicionalmente se realizó una regresión lineal siguiendo el modelo de Campbell y Mackauer (1975):

$$y = a + bT$$

Donde y es la tasa de desarrollo, T es la temperatura, a corresponde al intercepto y b es la pendiente de la regresión lineal. Se hallaron los grados día ($^{\circ}D = 1/b$) y el umbral mínimo de desarrollo ($UMD = -a/b$).

Adicionalmente se realizó un ajuste al modelo de Lactin (1995) para determinar las tasas y el rango térmico de desarrollo.

$$r(T) = \exp(pT) - \exp(pT_m - \frac{T_m - T}{\Delta})$$

Donde $r(T)$ es la tasa de desarrollo a la temperatura T , p corresponde a un valor Q10, T_m es un máximo termal y Δ es la amplitud del rango en que la temperatura tiene una influencia limitante para el desarrollo del insecto (Lactin *et al.*, 1995).

Capacidad parasítica de *A. gelechiidivoris*

Se realizaron ensayos constituidos por seis densidades de larvas *T. absoluta* (5, 10, 20, 40, 80 y 160 individuos) de tercer instar en tres condiciones térmicas diferentes (14, 20 y 26 °C). Cada tratamiento contó con cinco repeticiones constituidas por unidades experimentales con características semejantes a las que se describieron anteriormente. Después de 24 horas de parasitación se retiraron las hembras de *A. gelechiidivoris* y las unidades experimentales se trasladaron a una cámara de cría (22 °C, 12/12, HR 67%) hasta la emergencia de adultos del parasitoide. En cada tratamiento se registró el número de adultos de *A. gelechiidivoris* emergidos, teniendo en cuenta el sexo. Se realizaron observaciones del comportamiento de búsqueda y parasitación.

Con los datos obtenidos se hizo un ajuste a un modelo de respuesta funcional tipo II Modelo de Gutiérrez-Baumgärtner (Gutiérrez, 1996):

$$Na = DP \left(1 - e^{-\alpha N / DP} \right)$$

Donde Na corresponde a individuos parasitados, α es la proporción de hospederos disponible para la parasitación, P es parasitoide, N es la población del hospedero, D corres-

ponde a la demanda per cápita de hospederos por unidad de tiempo y $1-\alpha$ es igual a hospederos en refugio.

Determinación de la longevidad y emergencia de adultos de *A. gelechiidivoris* desarrollados a diferentes temperaturas

Para la determinación de la longevidad y emergencia de adultos se realizaron cinco repeticiones a diferentes temperaturas (14, 20, 26 y 32 °C). En la unidad experimental se introdujeron parejas recién emergidas obtenidas de los ensayos anteriores a las cuales se les ofrecieron diariamente 15 larvas de tercer instar de *T. absoluta*. Se registró la duración en días de los adultos y se llevaron las larvas parasitadas hasta emergencia. Posteriormente se registró el número de hembras y machos emergidos por temperatura.

Resultados y discusión

Caracterización de los estados de desarrollo

Huevo: alargado y liso; la parte anterior es redondeada y la parte posterior presenta un gancho caudal, propio de los huevos himenopteriformes. Después de ovipositado es traslúcido y a medida que el desarrollo transcurre se observa una zona más oscura en la parte central. Las medidas de longitud y ancho se presentan en la tabla 1. Se observó la presencia de más de un huevo por hospedero indicando que ocurre superparasitismo.

TABLA 1. Medidas de la cápsula cefálica y longitud corporal de los estados de huevo, larva, pupa y adulto de *A. gelechiidivoris* a diferentes temperaturas (promedio \pm error estándar).

Fase de desarrollo	Longitud (mm)	Ancho (mm)
Huevo	0,6 \pm 0,018	0,2 \pm 0,015
LI	0,46 \pm 0,016	0,12 \pm 0,03
LII	1,49 \pm 0,045	0,29 \pm 0,05
LIII	4,92 \pm 0,65	0,59 \pm 0,016
Pupa	4,0 \pm 0,074	----
Hembra	4,12 \pm 0,16	----
Ovipositor	1,38 \pm 0,12	----
Macho	4,08 \pm 0,12	----

Larva: en la fase larval se observaron tres instares que morfológicamente presentan diferencias.

Instar 1: en la fase temprana la larva es del tipo caudata-mandibulata (Cardona, 1975) que posee una prolongación del cuerpo en forma de gancho en la parte posterior; la cabeza es cuadrada y grande en proporción al cuerpo (tabla 1). Presenta unas mandíbulas prominentes y al final de este instar se encuentra solamente una larva por hospedero. Monguí *et al.* (1986) reportan que existe competencia de

tipo intraespecífico cuando se encuentra más de una larva por hospedero y se lleva al punto de canibalismo.

Sin embargo, según Hagen y Van den Bosh (1968) y Monguí *et al.* (1986), el superparasitismo ocurre en el laboratorio y no es común que se presente en campo. La larva tardía posee una cabeza más proporcional al cuerpo y el gancho caudal se observa más pequeño en comparación con la primera fase (figura 1, tabla 1). El color es traslúcido.

Instar 2: larva del tipo himenopteriforme. El gancho caudal se transforma en una vesícula anal de gran tamaño que, según Narayanan *et al.* (1956), cumple una función respiratoria y está asociada con el sistema circulatorio, presentando la apariencia de una agalla sanguínea (Cardona y Oatman, 1975). Hacia la fase tardía se puede observar el tubo digestivo claramente. El color es transparente al inicio y se torna opaco hacia el final de este instar (figura 1).

Instar 3: la vesícula anal presente en el instar anterior se mantiene. Hacia el final la larva se torna más amarillenta y abandona el cuerpo de su hospedero (figura 1). Las medidas de longitud y ancho se presentan en la tabla 1.

Pupa: en los primeros días aparecen dos manchas en la parte anterior que posteriormente formarán los ojos. El individuo presenta una constricción en la parte media del cuerpo, que lo diferencia del último instar larval. Es del tipo exarata o libre (Cardona y Oatman, 1975). Su forma es alargada y con una coloración amarillo pálido que se oscurece a medida que transcurre esta fase; al final su coloración es negra. Las pupas pueden estar desnudas o cubiertas de un capullo cilíndrico formado por hilos blancos brillantes. Hay una diferencia en el tiempo de desarrollo entre machos y hembras de 2 días en promedio. La longitud en este estadio es de 4,0 \pm 0,075 mm (figura 1).

Adulto: ambos sexos son de color oscuro, tienen 18 flagelómeros en las antenas, característica presente en los individuos que pertenecen a la subfamilia Microgastrinae (Campos, 2001), las alas son hialinas y se observa una mancha oscura en la región estigmática de las alas anteriores. Existe una clara diferenciación entre sexos (figura 1).

Estimación de parámetros de desarrollo de *A. gelechiidivoris*

Utilizando el modelo de Lactin (1995) se comparó la duración de cada estadio a las diferentes temperaturas evaluadas (tablas 2 y 3). Los estados de huevo y larva guardan una gran similitud entre sí, mientras que la fase de pupa presentó un rango térmico y una temperatura letal máxima menor, lo

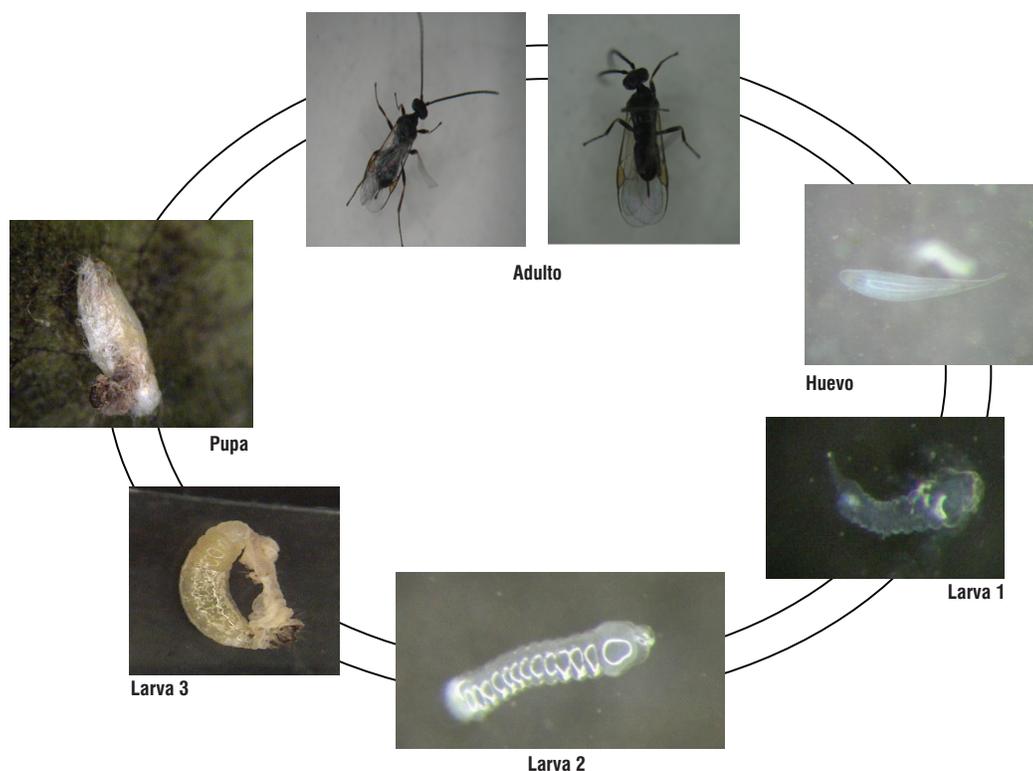


FIGURA 1. Caracterización de los estados de desarrollo de *A. gelechiidivoris*.

TABLA 2. Estimación de los parámetros del modelo lineal de tasa de desarrollo de *A. gelechiidivoris*.

Estado	a	b	Umbral mínimo	°D	R ²
Huevo	0,0334400	0,0154700	2,57	49,58	0,9332
Larva	0,0161720	0,0049210	2,01	152,57	0,9217
Pupa	-0,0348870	0,0077230	4,51	129,48	0,3811

a, intercepto; b, pendiente; °D, grados día.

que lo convierte en un factor determinante en el desarrollo de esta avispa en lo referente a la temperatura.

El hecho de que las primeras fases del ciclo de vida se desarrollen dentro del hospedero se relaciona con los umbrales de temperaturas encontrados. La larva de *T. absoluta* actúa como barrera térmica lo que no sucede en las últimas etapas de desarrollo que se encuentran totalmente expuestas al medio. Según los datos presentados, *A. gelechiidivoris* posee un umbral mínimo general de desarrollo alrededor de 4 °C; el umbral máximo general está alrededor de 33 °C.

Para el estado adulto no fue posible ajustar el modelo debido a las altas tasas de desarrollo y la poca representatividad en datos que se presentaron a 26 y a 32 °C. No se pudo realizar una estimación real de los parámetros que este modelo incluye.

TABLA 3. Estimación de los parámetros del modelo de Lactin para *A. gelechiidivoris*.

Estado	Rho	ΔT ⁰	Tmax
Huevo	0,10	8,92	38,92
Larva	0,10	9,09	38,85
Pupa	0,19	5,14	33,37

Rho, tasa de crecimiento exponencial; ΔT⁰, delta de temperatura; Tmax, temperatura máxima.

Cardona y Oatman (1975) observaron que a 35 °C *Apanteles subandinus* se desarrolla de forma desordenada, presenta una alta mortalidad y al final del ciclo no se obtienen adultos. Posiblemente este registro es un indicativo de que la temperatura óptima no puede ser superior a 30 °C para este estado y que el umbral letal máximo se encuentra alrededor de 35 °C.

Comportamiento de búsqueda y parasitación por parte de hembras de *A. gelechiidivoris*

En el momento en que *A. gelechiidivoris* parasita las larvas de *T. absoluta* estas pueden encontrarse en el tejido medio de la hoja o expuestas sobre esta. En el primer caso, cuando la avispa localiza la mina, inmediatamente dobla el abdomen y coloca el ovipositor en posición vertical, al mismo tiempo realiza una elevación de las alas con el propósito de evaluar si hay presencia de la larva. Este procedimiento lo realiza de 18 a 20 veces sobre la larva antes de retirarse de la mina. En el segundo caso la avispa sostiene con el segundo y tercer par de patas a la larva y vuelve a realizar el procedimiento anterior, con la diferencia que el ovipositor es introducido un menor número de veces y se lleva a cabo la parasitación de una forma más rápida. Después de la evaluación del hospedero y posterior parasitación, *A. gelechiidivoris* lleva a cabo una limpieza tanto en la parte anterior como posterior del cuerpo. La limpieza en la parte anterior la realiza moviendo el primer par de patas delanteras sobre el aparato bucal y las antenas. Posteriormente curva hacia arriba las antenas frotándolas sobre el primer par de patas, enseguida se toca las patas delanteras y vuelve a realizar esta acción con el segundo y tercer par de patas.

La limpieza de la parte posterior implica el aseo del abdomen y el ovipositor con el tercer par de patas y apoyándose en el primer y segundo par. La avispa levanta el abdomen y las patas traseras para colocar las alas por debajo de estas, posteriormente comienza a limpiar las alas anteriores y posteriores.

Efecto de la temperatura sobre la actividad parasítica de *A. gelechiidivoris*

La relación entre densidad del hospedero, temperatura y demanda del parasitoide se ajustó a un modelo de respuesta funcional tipo II (figura 2), donde se presenta una tasa de ataque alta en las primeras densidades y se estabiliza a medida que la población del hospedero aumenta. Este comportamiento pudo ocurrir porque las avispas son estimuladas para iniciar el proceso de parasitación en una concentración mayor del hospedero ya que se facilita el reconocimiento del huésped por parte del parasitoide (Rincón y López, 1999).

Esta curva se ajusta al modelo de Gutiérrez-Baumgärtner. El promedio de larvas parasitadas aumentó a medida que las densidades de las larvas hospederas eran mayores. Se obtuvieron valores de demanda de 6,87; 12,22 y 5,75 a temperaturas de 14, 20 y 26 °C, respectivamente. Estos resultados reflejan la parasitación en un día. Para estimar el potencial de parasitación de la avispa es necesario tener en cuenta la longevidad que está ligada a la temperatura y los días en los cuales la avispa presente una mayor parasitación (figura 2). En ensayos realizados anteriormente en la UMNG se determinó que la tasa de oviposición muestra los valores más altos en los tres primeros días de la etapa adulta y disminuye con el tiempo.

A 20 °C se estableció un número mayor de individuos atacados. Se registró un incremento en el parasitismo y se presentó una respuesta rápida en densidades de 5 a 40 lar-

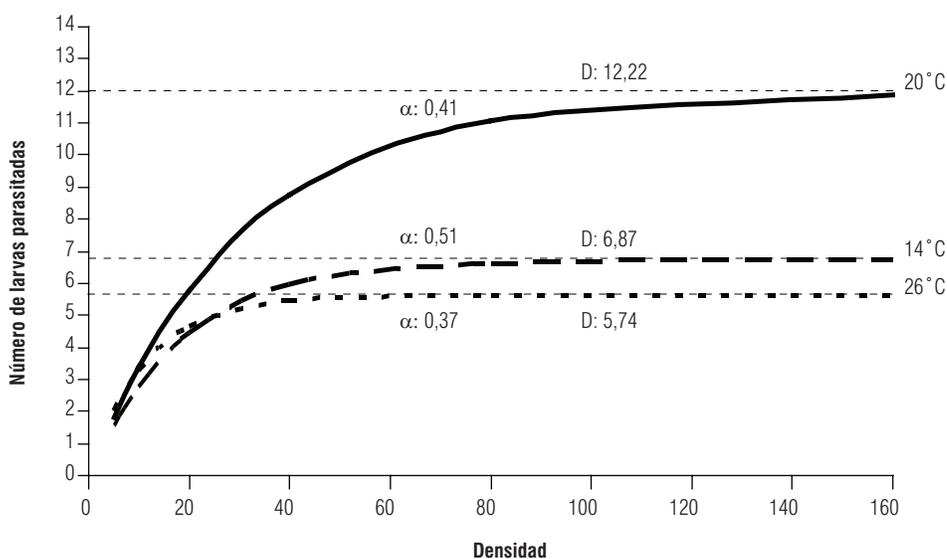


FIGURA 2. Respuesta funcional de *A. gelechiidivoris* sobre larvas de *T. absoluta* a diferentes temperaturas: 14 °C (—), 20 °C (— —) y 26 °C (- - -).

vas, posteriormente se produce la estabilización del modelo a una densidad de 80 larvas. A 14 y a 26 °C *A. gelechiidivoris* registró una respuesta más rápida en densidades de 5 a 20 larvas de *T. absoluta* y se obtuvo una estabilización de la curva en una densidad de 40 larvas (figura 2).

La tasa de búsqueda se vio afectada por la temperatura. A temperaturas bajas (14 °C) la tasa de búsqueda presentó el menor valor (figura 2), debido posiblemente a la inhospitalidad del ambiente en el que se encontraba el parasitoide. A 20 °C se registró una tasa de búsqueda intermedia, el mayor promedio de parasitación y demanda; esta temperatura es óptima para el desarrollo de la capacidad parasítica de *A. gelechiidivoris* (figura 2). A 26 °C la tasa de búsqueda fue la más alta, pero la parasitación fue baja, lo que significa que a mayor temperatura el insecto puede verse forzado a incrementar su búsqueda y acelerar la parasitación, generando probablemente un gasto excesivo de energía. Este resultado se relaciona con lo registrado por Gutiérrez (1996) donde la tasa de movimiento es medida directamente por el costo respiratorio que se incrementa de forma lineal con la temperatura; además el calor es capaz de aumentar la temperatura corporal a niveles que pueden llegar a ser letales amenazando la supervivencia del insecto (Denlinger y Yocum, 1998); esto se relaciona con el comportamiento que presentó el parasitoide (figura 2).

Según Cely *et al.* (2006), *T. absoluta* alcanza el umbral de daño económico cuando existen dos hembras por planta o 26 larvas por planta de tomate, dadas las características de *A. gelechiidivoris* como su especificidad y teniendo en cuenta las demandas presentadas por una hembra en 24 horas.

Proporción sexual de *A. gelechiidivoris*

Aunque no hay diferencia estadística en la emergencia de hembras y machos, a 14 °C se obtuvo un valor menor de los dos sexos representados en una proporción de 0,4 en los dos casos y un total de 139 individuos. A 20 °C las proporciones fueron de 0,72 para hembras y 0,62 para machos (Pr (>F) 0,16). A esta temperatura se conserva la relación 1:1 entre machos y hembras y se registra una cantidad de 216 individuos emergidos; este valor supera lo obtenido a 14 y 26 °C (figura 3).

A 26 °C se registraron valores de 0,61 para hembras y 0,40 para machos (Pr (>F) 0,70). La emergencia de machos no fue mayor que la de hembras en ningún caso estudiado y se mantuvo una relación de 1:1 (figura 3). La cantidad total

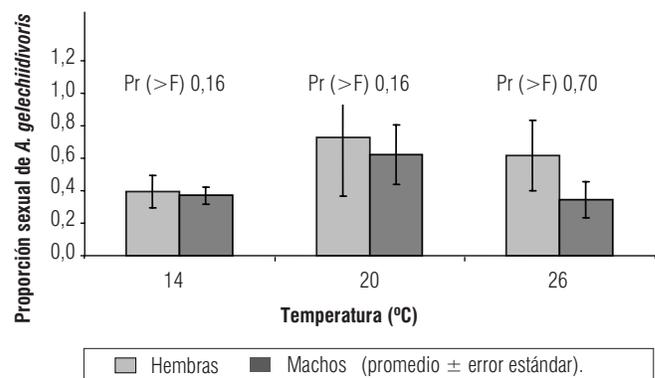


FIGURA 3. Proporción de machos y hembras de *A. gelechiidivoris* emergidos a diferentes temperaturas.

de individuos que se obtuvieron a esta temperatura fue de 137, valor cercano a lo registrado a 14 °C.

Este resultado se relaciona con lo informado por Foerster y Nakama (2002) quienes afirman que a 14 °C la cópula no es eficiente, por lo tanto la cantidad de machos es superior; en los resultados presentados se observó una cantidad igual de machos y hembras pero una cantidad menor en comparación con 20 °C. A temperaturas extremas las condiciones de estrés son mayores y la cópula puede fallar y por lo tanto la siguiente generación tendrá una proporción menor de hembras (Denlinger y Yocum, 1998).

Longevidad y emergencia de *A. gelechiidivoris* en diferentes condiciones térmicas

Rodrigues *et al.* (2004) registraron que la longevidad se relaciona con la temperatura de una forma inversa: a mayores temperaturas se observa un periodo de vida adulta más corto. En este trabajo se encontró que *A. gelechiidivoris* presenta una mayor duración en su etapa adulta a 14 y 20 °C, con valores promedio de 7,4 y 7,0 días, respectivamente. A 26 °C la duración media fue de 4,8 días y a 32 °C la longevidad fue de 2,4 días; hubo diferencias significativas entre las temperaturas evaluadas (Pr (>F) $1,906e^{-07}$ ***). Según Escobar *et al.* (2004), la longevidad de *A. gelechiidivoris* a 24 °C es de 10 días. Dado que las condiciones de los experimentos son similares se puede sugerir que la temperatura donde *A. gelechiidivoris* tiene una mayor longevidad oscila entre 20 y 24 °C; cuando la temperatura sobrepasa este límite, la longevidad disminuye (figura 4).

Se estimó la emergencia como el número total de adultos generados por cada hembra proveniente de las diferentes temperaturas evaluadas. La mayor cantidad de adultos se encontró a 20 y 26 °C, con valores promedio de 28 y 21,

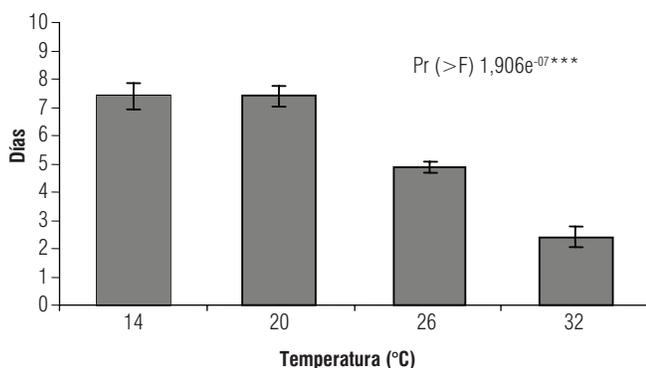


FIGURA 4. Longevidad de adultos de *A. gelechiidivoris* en función de diferentes temperaturas (promedio ± error estándar).

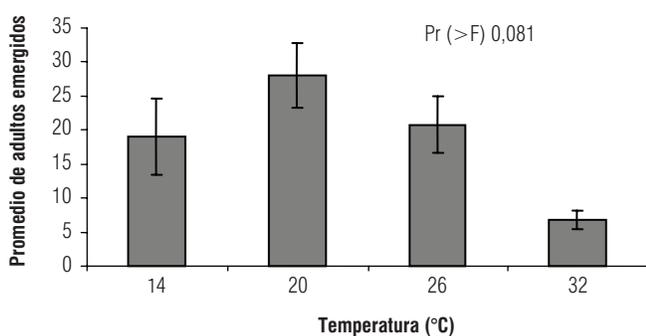


FIGURA 5. Promedio de adultos emergidos de *A. gelechiidivoris* a diferentes temperaturas (promedio ± error estándar).

TABLA 4. Duración promedio en días de los estados de huevo, larva, pupa y adulto de *A. gelechiidivoris* a diferentes temperaturas (promedio ± error estándar).

	14 °C	20 °C	26 °C	32 °C	
Huevo	5,8±0,66	3,0±0,28	2,4±0,22	2,0±0,0	
Larva	Larva I	4,0±0,28	2,6±0,22	2,2±0,18	1,20±0,18
	Larva II	6,6±0,36	4,2±0,33	2,2±0,33	2,6±0,22
	Larva III	6,2±0,33	5,4±0,22	2,6±0,22	2,4±0,22
Pupa	15,0±1,33	9,6±1,85	6,8±0,59	6,0±0,98	
Adulto	8,6±1,0	6,9±0,99	5,4±1,04	1,8±0,33	

respectivamente (figura 5). No se encontraron diferencias significativas entre estas temperaturas ($Pr (>F) 0,72$).

A 14 y 32 °C se obtuvieron promedios cercanos de 19 y 7, respectivamente; hubo valores menores con respecto a las anteriores temperaturas (figura 5); no se presentaron diferencias estadísticas entre estas temperaturas ($Pr (>F) 0,87$).

Factores como la emergencia, fecundidad y longevidad son importantes en el estudio de la biología de un parasitoide porque, junto con otros, permiten contribuir en la determinación de su potencial como controlador. Estos parámetros son afectados por factores abióticos, entre estos la temperatura que influye en la velocidad de desarrollo, comportamiento, alimentación y fecundidad (Andrewartha y Birch, 1954). De acuerdo con Jervis y Kidd (1996), la tasa de producción de huevos y la fecundidad en parasitoides varían con relación a la temperatura, y la influencia de la temperatura en la fecundidad de un enemigo natural puede determinar el consumo de presas.

Los datos obtenidos en este trabajo muestran que la longevidad no es el único factor que indica la efectividad del parasitoide, por ejemplo a 14 °C se registró una longevidad alta (figura 4) pero a esta misma temperatura la cantidad de adultos emergidos tuvo un valor bajo (figura 5). A 32 °C se registraron los valores más bajos para los dos parámetros por lo cual esta temperatura no se recomienda para la cría de este parasitoide.

A 20 °C la longevidad presentó un valor superior (figura 4) y la emergencia tuvo el segundo valor más alto después de 26 °C (figura 5), temperatura a la cual la longevidad obtenida fue de 4,88 días (figura 4). El rango de temperatura recomendado para la cría de *A. gelechiidivoris* se encuentra entre 20 y 26 °C.

Conclusiones

Cuando se estudian las condiciones de desarrollo de un organismo controlador, se pueden determinar los factores que se deben tener en cuenta para el uso de éste programa de manejo de plagas. La temperatura afecta el desarrollo y otras características importantes como la fecundidad y la longevidad. Según los resultados, la temperatura adecuada para el desarrollo de *A. gelechiidivoris* en condiciones de laboratorio es 20 °C debido a que con esta temperatura no se afectan las fases de huevo, larva y pupa. El adulto presenta una capacidad parasítica con la mayor demanda, y la progenie generada es más numerosa y longeva lo que permite la utilización de este parasitoide en casos en que la plaga muestre las primeras evidencias de establecimiento y de poblaciones en desarrollo continuo; de esta forma se evitaría llegar al umbral de daño económico producido por la presencia de dos hembras por planta o 26 larvas por planta de *T. absoluta*.

Literatura citada

- Andrewarta, H.G. y L.C. Birch. 1954. The distribution and abundance of animals. University of Chicago Press, Londres. 793 p.
- Arias, D. 2003. Efecto de la temperatura en algunas variables de crecimiento poblacional de *Praon* sp. (Hymenoptera: Braconidae) endoparásitoide nativo del áfido de los invernaderos *Macrosiphum euphorbiae* (Homoptera: Aphididae). Trabajo de grado. Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá. 107 p.
- Betancourt, R. y B. Bohórquez. 1992. Descripción, ciclo de vida y comportamiento en laboratorio de *Chelonus phthorimaeae* Gahan (Hymenoptera: Braconidae) endoparásitoide huevo-larva de *Phthorimae operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). Trabajo de grado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 90 p.
- Campbell, A. y M. Mackauer. 1975. Thermal constants for development of the pea aphid (Homoptera: Aphididae) and some of its parasites. *Can. Ent.* 107, 419-423.
- Campos, D. 2001. Avispas parasíticas de la familia Braconidae (Hymenoptera) en Colombia: diversidad genérica y distribución geográfica. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 60 p.
- Cardona, C. y E. R. Oatman. 1975. The biology and physical ecology of *Apanteles subandinus* Blanchard (Hymenoptera: Braconidae), with notes on the temperature responses of *Apanteles scutellaris* Muesebeck and their host, the potato tuberworm. University of California, Riverside, California. pp. 1-3, 22-75, 94-101.
- Cely, L.F., D. Cantor, D. Rodríguez y J.R. Cure. 2006. Niveles de daño ocasionados por diferentes densidades de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) en tomate bajo invernadero. En: Resúmenes XXXIII Congreso de Entomología Socolen, julio 26-28, Manizales. 111 p.
- Denlinger, D. y G. Yocum. 1998. Physiology of heat sensitivity. Westview Press, Boulder. pp. 7-57.
- De Vis, R., L. Fuentes, H. Escobar y R. Lee. 2001. Manejo integrado de plagas y enfermedades. En: Producción de tomate bajo invernadero. Cuadernos del Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales (CIAA). Bogotá. pp. 59-89.
- Escobar, A., F. Cantor y J. Cure. 2004. Contribución al conocimiento de *Apanteles* sp. (Hymenoptera: Braconidae). En: Resúmenes XXXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, julio 28-30, Bogotá. 122 p.
- Faria, C., J. Torres y A. Farias. 2000. Resposta funcional de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitando ovos de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae): efeito da idade do hospedeiro. *An. Sociedad Entomológica do Brasil* 29(1), 85-93.
- Foerster, L. y P. Nakama. 2002. Efeito de estocagem em baixa temperatura na capacidade reprodutiva e longevidade de *Trissolcus basal* (Wollaston) e *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae). *Neotropical Entomol.* 31(1), 115-120.
- Fuentes, L. 2000. Control biológico de plagas. En: Producción de tomate milano bajo invernadero. Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- García, F. 1993. Control biológico de *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick), plaga del tomate. En: Palacios, F., I. Arciniegas y A.M. Astrudillo (eds.). Control biológico en Colombia, historias, avances y proyecciones. Lito-Támara, Palmira. pp. 92-94.
- García, F. 2002. Manejo biológico de plagas en tomate. En: Control biológico, componente fundamental del manejo integrado de plagas en una agricultura sostenible. Memorias del I curso taller internacional. Programa nacional manejo integrado de plagas. Corpoica, Bogotá. 340 p.
- Godfray, H. 1994. Parasitoids behavior and evolutionary ecology. Princeton University Press, New Jersey. 464 p.
- Guedes, R., M. Picanco, A. Matoili y D. Rocha. 1994. Efeito de inseticidas e sistemas de condução do tomateiro no controle de *Scrobipalpuloides absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *An. Sociedad Entomologia de Brasil* 23(2), 321-325.
- Gutiérrez, A. 1996. Applied population ecology. John Wiley and Sons, Nueva York. 300 p.
- Hagen, K. y R. van den Bosch. 1968. Impact of pathogens parasites, and predators on aphids. *Annu. Rev. Entomol.* 13, 325-384.
- Jervis, M. y N. Kidd. 1996. Insect natural enemies. Chapman and Hall, Londres. pp. 128-132.
- Lactin, D., N. Holaday, D. Johnson y R. Craigen. 1995. Improved rate model of temperature-dependent development by arthropods. *Environ. Entomol.* 24, 68-75.
- Marcano, R. 1995. Efecto de la temperatura sobre el desarrollo y la reproducción de *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Boletín Entomológico Venezuela* 10(1), 69-75.
- Medeiros, R., F. Ramalho, J. Zanuncio y J. Serrão. 2003. Estimate of *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) development with nonlinear models. *Brazil. J. Biol.* 63(4), 1-7.
- Medina, M. y P. Díaz. 1988. Descripción, ciclo de vida y comportamiento en laboratorio de *Chelonus insularis* Cresson (Hymenoptera: Braconidae) parasitoide huevo-larva de *Spodoptera* spp. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. pp. 50-51.
- Mejía, J. y G. Moreno. 1987. Estudio de longevidad y progenie de *Cardiochiles nigriceps* Viereck (Hymenoptera: Braconidae) parásito de *Heliothis virescens* en laboratorio. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 48 p.
- Michereff, M. y E.F. Vilela. 2001. Traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). En: Vilela, E.F., F. Cantor y R.A. Zucchi (eds.). Pragas introduzidas no Brasil. Editora Holos, Ribeirao Preto. pp. 81-84.
- Molina, R., V. Fronza y J. Parra. 2005. Seleção de *Trichogramma* spp. para o controle de *Ecdytolopha aurantiana* com base na biologia de exigências térmicas. *Rev. Brás. Entomol.* 49(1), 152-158.
- Monguí, B., J. Luque y J. Escobar. 1986. Biología de *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphididae) parasitoide de *Myzus persicae*

- (Homoptera: Aphididae) en crisantemos de la Sabana de Bogotá. *Revista Colombiana de Entomología* 12(1), 46-53.
- Morales, J. y L. Muñoz. 2006. Evaluación de diferentes densidades de infestación de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) en plantas de papa criolla. En: Resúmenes XXXIII Congreso de Entomología Socolen, julio 26-28, Manizales.
- Narayanan, E.S., B.R. Subba Rao y R.H. Thakere. 1956. L'ecologie et biologie du developpement d'un entomophage polyembryonnaire. *Entomol.* 4, 859-861.
- Orozco, H., E. Duque y S. Mesa. 1990. Efecto de la temperatura sobre la tabla de vida de *Oligonychus yothersi* en *Coffea arabica*. *Cenicafé* 41(1), 5-18.
- Páez, P. y E. González. 1989. Grado de adaptación, ciclo de vida y capacidad parasítica de *Codisoma desantisi* (Anyecke y Nynharot) parásito de *Phthokimaea opercullela* (Zeller). Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 93 p.
- Pratissoli, D. y J. Postali. 2000. Desenvolvimento e exigências térmicas de *Trichogramma pretiosum* Riley, criados em duas traças do tomateiro. *Pesq. Agropec. Bras.* 35(7), 1281-1288.
- Pratissoli, D., J. Cola, U. Rodrigues, J. de Souza, E. Marota y M. Curitiba. 2004. Tabela de vida de fertilidade de *Trichogramma pretiosum* e *Trichogramma acacioi* em ovos de *Anagasta kuehniella* sob diferentes temperaturas. *Pesq. Agropec. Bras.* 39(2) 193-196.
- Rincón, C. y A. López. 1999. Estudios biológicos del parasitoide *Trichogramma lopezandinensis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) orientados al control de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Revista Colombiana de Entomología* 25(1), 67-71.
- Rodrigues, S., V. Bueno, M. Sampaio y M. de Soglia. 2004. Influencia da temperatura no desenvolvimento e parasitismo de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) em *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomol.* 33(3), 341-346.
- Shaw, S.R. 1995. Braconidae. En: Hanson, P.E. e I.D. Gauld (eds.). *The Hymenoptera of Costa Rica*. Oxford University Press, Nueva York. pp. 431-463.
- Spooner, D., M. Peralta y S. Knapp. 2005. Comparison of AFLPs with other markers for phylogenetic inference in wild tomatoes *Solanum* L. section *Lycopersicon* (Mill.) Wettst. *Taxon* 54, 43-61.
- Uçkan, F. y E. Ergin. 2003. Temperature and food source effects on adult longevity of *Apanteles galleriae* Wilkinson (Hymenoptera: Braconidae). *Environ. Entomol.* 32(3), 441-446.
- Vallejo, F.A. 1999. Mejoramiento genético y producción de tomate en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Cali. pp. 17-167.
- Vélez, R. 1988. Reconocimiento, identificación y biología de especies de Gelechiidae (Lepidoptera) en plantas solanáceas del departamento de Antioquia. *Revista Colombiana de Entomología* 14(2), 25-32.
- Vélez, R. 1997. Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: bionomía y manejo integrado. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín. pp. 379-385.

