

# Evaluación de la eficiencia de *Trichogramma lopezandinensis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) para el control de *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) en papa almacenada

Evaluation of the efficiency of *Trichogramma lopezandinensis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to control *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) in storage potato

SILVIA ALEJANDRA RUBIO C.<sup>1</sup>, BLANCA IRENE VARGAS A.<sup>2</sup>, ARISTÓBULO LÓPEZ-ÁVILA<sup>3</sup>

Revista Colombiana de Entomología 30 (1): 107-114 (2004)

**Resumen.** Se evaluó la eficiencia del parasitoide *Trichogramma lopezandinensis* Sarmiento en el control de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny) en papa almacenada. Se llevaron a cabo cuatro experimentos para determinar aspectos biológicos de la interacción en tres niveles tróficos constituidos por la papa almacenada, la plaga y el parasitoide. Estos experimentos comprendieron el diseño de un dispositivo de liberación del parasitoide, la determinación de las densidades y frecuencias de liberación para prevenir el daño de la plaga y el efecto de la luz en la actividad parasítica de la avispa. El estudio se llevó a cabo en el Centro de Investigación Tibaitatá, en el programa MIP de Corpoica y se desarrolló bajo condiciones controladas de temperatura, humedad y luminosidad. La unidad experimental consistió en una jaula de madera con paredes de muselina, dentro de la cual se introdujo una bandeja con 100 tubérculos con un peso promedio de 100 g cada uno. Se diseñó e implementó un dispositivo eficiente de liberación del parasitoide en condiciones de almacenamiento al que se denominó "tipo túnel". Se determinó que la luz es un factor importante en la actividad parasítica de la avispa presentándose los mayores porcentajes de parasitismo con luminosidad normal en laboratorio comparada con completa oscuridad. En los experimentos de densidades y frecuencias de liberación del parasitoide se concluyó que la frecuencia es un factor significativo en la prevención del daño causado por la plaga. La frecuencia de liberación cada tres días presentó los mejores resultados, indicando que la presencia continua de hembras jóvenes es determinante para lograr un parasitismo mayor.

**Palabras clave:** Densidades. Frecuencias. Liberación. Luminosidad.

**Summary.** The efficiency of the parasitoid *Trichogramma lopezandinensis* Sarmiento to control the Guatemalan potato tuber moth *Tecia solanivora* (Povolny) in stored potato was evaluated. Four experiments were carried out to determine biological aspects of their interaction at three trophic levels constituting the stored potato, the pest and the parasitoid. These experiments included the design of a device to release the parasitoid, determination of the densities and frequencies of parasitoid release required to prevent damage of the pest and effect of light on the parasitic activity of the wasp. The study was conducted at the Research Center Tibaitatá, in the IPM program of Corpoica, and was conducted under controlled conditions of temperature, humidity and light. The experimental unit consisted of a wooden cage with muslin walls, in which a tray was introduced with 100 tubers, of an average 100 g each. An efficient device to release the parasitoid in storage conditions was designed and implemented which was denominated the "tunnel type". It was found that light conditions are an important factor in the parasitic activity of the wasp, presenting the highest percentages of parasitism under normal light conditions in the laboratory compared to complete darkness. In the experiments of densities and frequencies of parasitoid release, it was found that frequency is a significant factor in preventing of damage caused by the pest. Frequency of release every three days showed the best results, indicating that the continuous presence of young females is critical for achieving better parasitism.

**Key words:** Densities. Frequencies. Release. Light.

## Introducción

Una de las plagas de mayor importancia económica en el cultivo de la papa y que afecta de forma directa la calidad del tubérculo es "la polilla guatemalteca de la papa", *Tecia solanivora* (Povolny). Esta plaga es originaria de Centro América y fue

introducida a Sur América en una importación de semilla hecha por Venezuela desde Costa Rica en 1983 (Salazar y Escalante 1984).

La polilla guatemalteca ha cobrado gran importancia debido a la severidad de su ataque, que ocasiona grandes pérdidas

económicas en las áreas que invade. Así por ejemplo, en Norte de Santander las pérdidas en campo y almacén superaron el 50% en 1986. En Boyacá y Cundinamarca las pérdidas iniciales se calcularon hasta en 80% en campo para el año 1994. En el municipio de Ventaquemada el registro en la vereda el Hato, indicó que

1 Ingeniera Agrónoma. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Parte del Trabajo de Grado. E-mail: srubio\_castro@hotmail.com

2 Ingeniera Agrónoma. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Parte del Trabajo de Grado. E-mail: bivargas@yahoo.com.mx

3 Autor para correspondencia: I. A. Ph. D. Investigador Programa Nacional MIP Corpoica, C. I. Tibaitatá. A. A. 240142 Bogotá. E-mail: alopez@corpoica.org.co

la plaga arrasó con lotes en los cuales hasta el 90% de la papa de la cosecha de mitaca fue atacada. En 1996, se calculó que 540 toneladas de papa fueron consumidas por la plaga en sitios de almacenamiento y más de 2.000 toneladas en los lotes del cultivo para el altiplano cundiboyacense (Espitia 1999).

La producción de papa en Colombia reúne una serie de prácticas de cultivo que difieren de una región a otra en el país, siendo la poscosecha, o almacenamiento, una de las prácticas en donde existe probablemente la mayor variación a nivel nacional. La forma tradicional de almacenamiento es en bultos, a granel o en cajas de madera guardados en cuartos oscuros, pequeñas bodegas o en ramadas protegidas de la lluvia (Porras 1999).

Estos lugares generalmente son inapropiados por que las condiciones de humedad, temperatura y luminosidad favorecen la llegada y permanencia de la plaga en el sitio de almacenamiento. Esto, a su vez, genera una gama amplia de problemas que se deben abordar teniendo en cuenta el factor humano de cada región (Porras 1999).

El control biológico es considerado como una estrategia dentro de los programas de manejo integrado de plagas, el cual puede proveer un control adecuado de éstas dentro de conceptos más recientes de la agricultura sostenible, siendo las liberaciones de parasitoides, especialmente *Trichogramma* spp. de suma importancia, principalmente por su inocuidad y su economía (López-Ávila 1998).

Una nueva especie de avispa del género *Trichogramma* se encontró y describió a comienzos de los años 90, como parasitoide de huevos sobre la mariposa *Collias dimera* (Lepidoptera: Pieridae) en los Andes colombianos a 2.850 msnm y una temperatura promedio de 12 °C. Esta especie se nombró como *Trichogramma lopezandinensis* (Sarmiento 1993) y se adelantaron algunos estudios preliminares sobre su biología y potencial para el control biológico de la "palomilla de la papa" *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) especie que ha constituido una de las plagas más importantes del cultivo de la papa en el país, tanto en campo como en almacenamiento desde 1978 (López-Ávila 2001).

Ante la importancia adquirida por la "polilla guatemalteca" como plaga del cultivo de la papa y las perspectivas promisorias brindadas por la nueva especie de *Trichogramma*, a finales de los años 90, Rincón (1999) adelantó estudios básicos sobre la biología del parasitoide, orientados al control de dicha plaga. En dicho estudio, se concluyó que *T. lopezandinensis* podría ser utilizado eficazmente en el control de la polilla guatemalteca, dada su afinidad con este huésped, su adaptación evolutiva a las condiciones agroecológicas de la zona papera y sus características bio-

lógicas intrínsecas. Para utilizar este parasitoide de manera eficaz se requiere adelantar estudios detallados de su comportamiento como controlador en condiciones de campo y almacenamiento de papa, con el fin de estimar parámetros como: preferencia por el hospedero *Tecia solanivora*, eficiencia de búsqueda del parasitoide en dichas condiciones, densidades y frecuencias de liberación en una estrategia de control y requisitos específicos para su cría y producción masiva (Rincón 1999).

Con el propósito de contribuir al conocimiento de estos aspectos básicos del comportamiento del parasitoide y generar tecnologías para su utilización en el control de la polilla guatemalteca en condiciones de almacenamiento se llevó a cabo la presente investigación con los objetivos específicos de: evaluar la eficiencia de las liberaciones del parasitoide en el control *T. solanivora* en condiciones controladas de almacenamiento; determinar la metodología para realizar las liberaciones del parasitoide bajo estas condiciones; y dar recomendaciones para el uso del parasitoide como controlador biológico dentro de la estrategia MIP en papa almacenada.

### Materiales y Métodos

El presente trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de entomología del Programa Nacional de Manejo Integrado de plagas en el Centro de Investigación "Tibaitatá" de Corpoica, localizada en el municipio de Mosquera (Cundinamarca), con una altitud de 2.550 msnm. Los experimentos se realizaron en condiciones ambientales controladas, con temperatura promedio de 18°C ± 3, humedad relativa del 60% ± 5 y bajo diferentes condiciones de luz de acuerdo con los experimentos.

El material biológico tanto de la plaga como del parasitoide utilizado en los diferentes experimentos se obtuvo de las unidades de cría establecidas en el laboratorio de entomología, en donde se producen las cantidades que se requieren de los insectos mediante metodologías estandarizadas y utilizadas en el laboratorio.

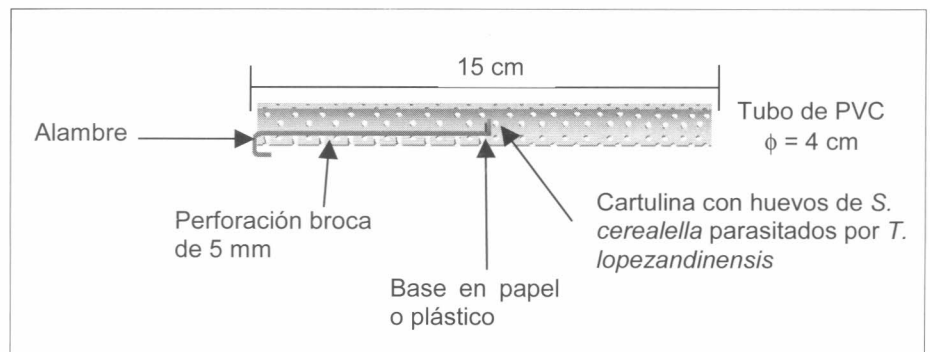
En todos los experimentos las liberaciones del parasitoide se realizaron colocando cartulinas con huevos de *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) parasitados por *T. lopezandinensis*. Una pulgada cuadrada parasitada tiene aproximadamente 3.350 huevos de *S. cerealella*, que con un porcentaje de parasitismo del 60 % produce en promedio 2.000 avispas, de las cuales 1.000 son hembras y 1.000 machos.

### Evaluación de dispositivos de liberación del parasitoide de huevos *Trichogramma lopezandinensis* en papa almacenada

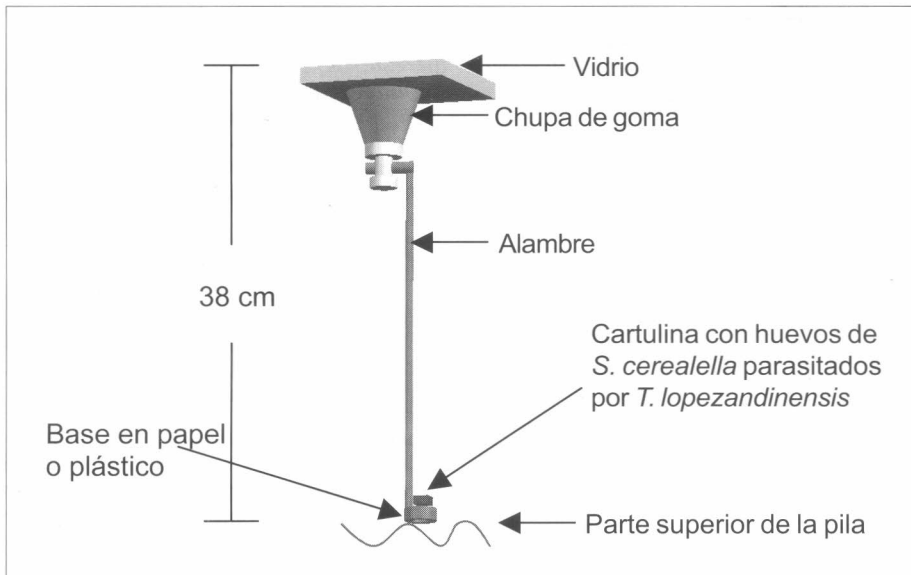
Se diseñaron dos dispositivos en los que se pudieran depositar huevos de *Sitotroga cerealella* parasitados, que garantizaran una óptima emergencia de los adultos del parasitoide, y a la vez protegiera los huevos de posibles ataques de enemigos naturales como chinches, cucarachas o arañas e incluso roedores, frecuentes en los lugares de almacenamiento.

El dispositivo "tipo túnel", consistió en un tubo de PVC (policloruro de vinilo) de 15 cm de largo y 4 cm (1 ½ pulg) de diámetro, al cual se le realizaron perforaciones con una broca de 5 mm (3/16). Se hicieron seis líneas de orificios distribuidas uniformemente alrededor del tubo, espaciadas 2,54 cm (1 pulg). Dentro del tubo se introdujo un alambre hasta el punto medio con un soporte para colocar la cartulina con los huevos parasitados (Fig. 1). El dispositivo "tipo colgante" consistió en un alambre de cobre con un soporte para colocar la cartulina con los huevos parasitados, el alambre estaba sostenido de una chupa de goma adherida al centro del vidrio de la parte superior de la jaula, la plataforma de liberación del dispositivo quedaba justo en contacto con la parte superior del arrume de papa (Fig. 2).

La unidad experimental utilizada consistió en una jaula de madera de 50 cm x 50 cm x 63 cm de alto, con tres paredes de muselina, la puerta y la parte superior en vidrio. Dentro de la jaula se introdujo una bandeja plástica de 40 x 30 cm, a la cual se le colocó una capa de arena de 5 mm de



**Figura 1.** Dispositivo "tipo túnel". Tubo de PVC perforado y alambre para la introducción y liberación del parasitoide.



**Figura 2.** Dispositivo "tipo colgante". Chupa de goma y alambre para introducción y liberación del parasitoide.

espesor. Sobre la arena se ubicó un arrume de 100 tubérculos, cada tubérculo con un peso promedio de 100 g (Fig. 3).

Para evaluar la eficacia de los dispositivos se utilizaron dos unidades experimentales como la descrita anteriormente. En este experimento se colocaron indistintamente, en tres estratos (alto 3 – 5 cm, medio 10 – 12 cm y bajo 3 – 5 cm), tanto en la parte superficial como en el centro del montón, un promedio de 15 huevos de *T. solanivora* de un día de ovipositados en los mismos papeles en los que se obtienen las posturas en la cría. Cada papel se fijó con un alfiler enterrado completamente en el tubérculo. En cada dispositivo se liberaron 1.000 hembras de *T. lopezandinensis*.

Ocho días después de colocadas las posturas y liberado el parasitoide se procedió a la evaluación, que consistió en retirar, de cada tubérculo, los papeles con las posturas, para cada papel se determinó el número de huevos parasitados del

total de huevos teniendo en cuenta su ubicación en la pila de tubérculos de papa.

#### Prueba del efecto de la luz sobre la actividad parasítica de la avispa

Dado que el comportamiento parasítico de *T. lopezandinensis* puede ser afectado al ser liberado en papa almacenada bajo condiciones de oscuridad y luz difusa, se llevó a cabo un experimento para evaluar la eficiencia de parasitismo de la avispa bajo diferentes condiciones de luz.

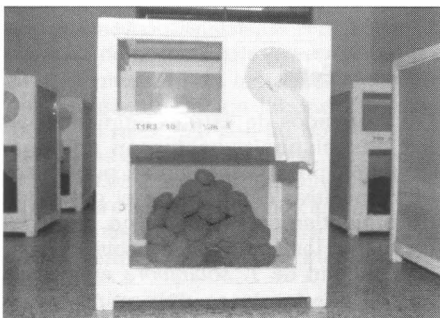
La unidad experimental (Fig. 4) estuvo constituida por una cubeta plástica semitransparente, de 33 cm de largo x 26 cm de ancho x 10 cm de alto, con su tapa en la cual se perforó un orificio de 20 cm x 12 cm y se cubrió con muselina para permitir la aireación. Se colocó un dispositivo

de liberación de 10 cm de largo en posición horizontal a lo largo y en el centro de la cubeta. El dispositivo llevaba una tapa en cada uno de sus extremos. Se determinaron 11 sitios en la cubeta donde se colocaron huevos de *T. solanivora* para ser parasitados. En el interior de la cubeta se ubicaron seis sitios en los cuales se pusieron papeles con un promedio de 20 huevos de un día de ovipositados, fijando un papel en cada esquina y un papel a cada lado del tubo y sobre la tapa se distribuyeron cinco sitios, uno en cada esquina y uno en el centro sobre la muselina, para un total de 11, por unidad experimental (Fig. 4).

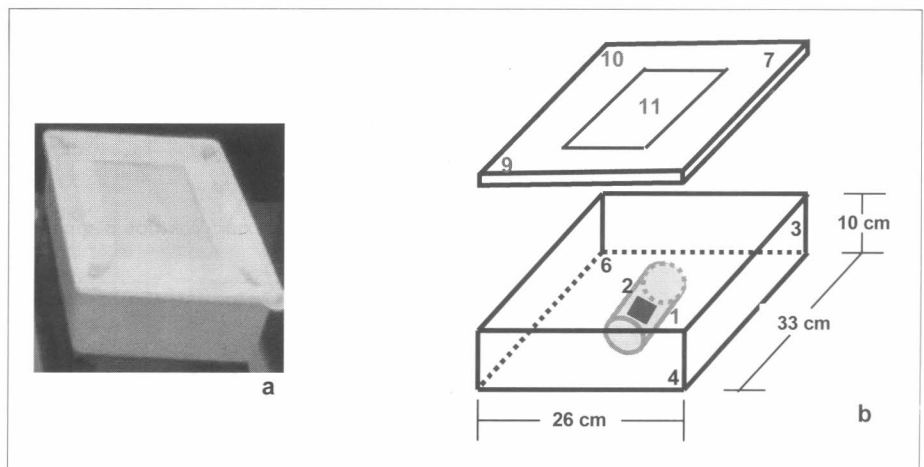
Se determinaron tres condiciones de luz como tratamientos, oscuridad total (5.46 lux), luz difusa (1.459,57 lux) y luminosidad normal dentro de laboratorio (12.681,60lux), con dos repeticiones. Para dar las condiciones de oscuridad y luz difusa se utilizaron cajas de cartón, unas completamente oscurecidas con cartulina negra y otras con ventanas hechas a los lados. Dentro de estas cajas se colocaron las unidades experimentales. El experimento completo se montó sobre un mesón cerca de una ventana del laboratorio.

La liberación del parasitoide se realizó utilizando el "dispositivo tipo túnel" dentro del cual se liberaron 500 hembras de *T. lopezandinensis*.

La evaluación se realizó a los ocho días de montado el experimento, tiempo en el cual los huevos no parasitados aún no han eclosionado y los parasitados presentan signos inequívocos de parasitismo. Se determinó el número de huevos parasitados del total de huevos expuestos. También se hicieron observaciones sobre el comportamiento de "forrajeo" de las avispas fuera del dispositivo, fuera de la cubeta o de la caja, y sobre las posturas.



**Figura 3.** Unidad Experimental. Jaula con bandeja y pila de 100 tubérculos de papa parda pastusa pareja.



**Figura 4.** Experimento prueba del efecto de la luz. a) Unidad experimental, b) Distribución de las posturas en la cubeta y en la tapa (11 sitios).

### Determinación de las densidades y frecuencias de liberación del parasitoide para prevenir el daño de la plaga en papa almacenada

Para lograr una primera aproximación de las densidades del parasitoide a liberar se llevó a cabo un experimento con un diseño en bloques completos al azar; con cinco tratamientos y tres repeticiones. La unidad experimental fue igual a la ya descrita. En cada jaula se dispuso una pila de papa de 100 tubérculos y se liberó una población de diez parejas de *T. solanivora* de un día de vida. La liberación del parasitoide se realizó mediante el "dispositivo tipo túnel" que se modificó en cuanto a la posición en la pila y su longitud, colocándolo horizontalmente en la parte inferior del montón, con una longitud de 35 cm para cubrir el largo de la bandeja y tapado en sus extremos. Dentro del tubo se ubicó la densidad de *T. lopezandinensis*

determinada por los tratamientos, como se describe en la tabla 1. La liberación de la avispa se llevó a cabo dos días después de liberados los adultos de la polilla.

El experimento permaneció bajo condiciones de luz difusa y buena ventilación por 40 días; tiempo en el cual se produjo el pupamiento de las larvas de *T. solanivora*.

En el experimento se evaluaron las siguientes variables: peso inicial de los 100 tubérculos, número de tubérculos afectados, peso final de los tubérculos sanos y peso final de los tubérculos afectados.

Un segundo experimento, para determinar las densidades y frecuencias de liberación del parasitoide, se realizó bajo un diseño en bloques completos al azar; con un arreglo factorial 3 x 3 x 1 con diez tratamientos y tres repeticiones. El factor A fue la densi-

dad del parasitoide donde se liberaron 3.000, 6.000 y 9.000 hembras del parasitoide *T. lopezandinensis* y el factor B fue la frecuencia con liberaciones cada 3, 5 y 8 días, utilizando la misma unidad experimental. En todas las jaulas se liberó una población de diez parejas de *T. solanivora* de un día de vida, y a los dos días se iniciaron las liberaciones del parasitoide. El parasitoide se liberó utilizando el "dispositivo tipo túnel" de 35 cm de largo colocado horizontalmente en la parte inferior de la pila. Las densidades y frecuencias de liberación de *T. lopezandinensis* correspondieron a los tratamientos descritos en la tabla 2.

Las liberaciones del parasitoide se hicieron hasta el día 20, contados a partir de la liberación de la plaga. En todas las jaulas se colocaron algodones humedecidos con una solución de miel al 10% para alimentar los adultos de *T. solanivora* y del parasitoide.

El experimento permaneció bajo condiciones de oscuridad y buena ventilación por 40 días; tiempo en el cual se produjo el pupamiento de las larvas de la plaga. La evaluación consistió en determinar las variables: peso inicial de los 100 tubérculos, número de tubérculos afectados, peso final de tubérculos afectados y peso final de tubérculos sanos.

### Resultados y Discusión

#### Evaluación de dispositivos de liberación del parasitoide de huevos *Trichogramma lopezandinensis* en papa almacenada

Los promedios de los resultados se presentan en la tabla 3. El dispositivo "tipo túnel" ofrece la posibilidad a las avispas de salir desde el centro y la parte inferior hacia todos los estratos de la pila y en el dispositivo "tipo colgante", las avispas inician su búsqueda desde la parte superior de la pila hacia abajo. Los porcentajes de parasitismo muestran que las avispas posiblemente se vieron estimuladas a parasitar principalmente los huevos colocados en la parte superior, dándose allí el mayor porcentaje de parasitismo, seguido del estrato medio y en último lugar del estrato inferior. Sin embargo, estadísticamente no se encontraron diferencias en el parasitismo entre estratos ( $P=0,05$ ). Los huevos situados más superficialmente en la pila, en todos los estratos, fueron en su mayoría parasitados.

Los resultados de este experimento para los dos dispositivos fueron similares ( $P>0,05$ ), por lo tanto no se pudo elegir un dispositivo definido por el porcentaje de parasitismo; sin embargo, teniendo en cuenta los estudios de hábitos y comportamiento de *T. solanivora* en almacenamiento, donde se determinó que la plaga prefiere ovipositar en los lugares más protegidos dentro del montón, se eligió el dispositivo "tipo túnel" el cual permite realizar las liberaciones del parasitoide

**Tabla 1.** Tratamientos en el experimento preliminar para determinar las densidades del parasitoide requeridas para prevenir el daño de una población inicial de diez parejas de *T. solanivora*

Trat. No	Descripción de tratamientos
T <sub>1</sub>	Testigo, sin parasitoide (0 ♀)
T <sub>2</sub>	¼ pulg <sup>2</sup> de <i>T. lopezandinensis</i> (250 ♀)
T <sub>3</sub>	½ pulg <sup>2</sup> de <i>T. lopezandinensis</i> (500 ♀)
T <sub>4</sub>	1 pulg <sup>2</sup> de <i>T. lopezandinensis</i> (1.000 ♀)
T <sub>5</sub>	1 pulg <sup>2</sup> de <i>T. lopezandinensis</i> ; ½ de pulg <sup>2</sup> en el "dispositivo tipo túnel" y ½ pulg <sup>2</sup> en el "dispositivo tipo colgante" (1.000 ♀)

**Tabla 2.** Tratamientos para determinar densidades y frecuencias de liberación del parasitoide *T. lopezandinensis* para prevenir el daño de la polilla guatemalteca en condiciones controladas de almacenamiento

Trat. No	Descripción de tratamientos
T <sub>1</sub>	10 parejas de <i>T. solanivora</i> , testigo, sin parasitoide
T <sub>2</sub>	3 pulg <sup>2</sup> de <i>T. lopezandinensis</i>
T <sub>3</sub>	3 pulg <sup>2</sup> de <i>T. lopezandinensis</i>
T <sub>4</sub>	3 pulg <sup>2</sup> de <i>T. lopezandinensis</i>
T <sub>5</sub>	3 pulg <sup>2</sup> de <i>T. lopezandinensis</i>
T <sub>6</sub>	6 pulg <sup>2</sup> de <i>T. lopezandinensis</i>
T <sub>7</sub>	6 pulg <sup>2</sup> de <i>T. lopezandinensis</i>
T <sub>8</sub>	6 pulg <sup>2</sup> de <i>T. lopezandinensis</i>
T <sub>9</sub>	9 pulg <sup>2</sup> de <i>T. lopezandinensis</i>
T <sub>10</sub>	9 pulg <sup>2</sup> de <i>T. lopezandinensis</i>

**Tabla 3.** Porcentaje promedio de huevos parasitados por estrato para los dos dispositivos evaluados

Porcentaje promedio de huevos parasitados por estrato					
Dispositivo tipo túnel			Dispositivo tipo colgante		
Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior
56,76%	41,61%	37,34%	70,11%	33,01%	28,43%
Porcentaje total de parasitismo					
45,24%			43,85%		



**Tabla 4.** Promedios de parasitismo de *T. lopezandinensis* bajo tres condiciones lumínicas

Tratamiento	Luz natural		Luz difusa		Oscuridad	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Repetición						
% parasitismo	89,75	79,46	82,88	71,36	65,50	56,33
Promedio	84,6%		77,12%		60,91%	

**Tabla 5.** Promedios de las variables peso inicial, peso final y número de tubérculos afectados en el experimento preliminar de densidades de liberación del parasitoide

Trat. No	Peso inicial (g)	Peso Final (g)	No Tub. Afectados
T <sub>1</sub>	8.508,33	8.141,67	22,67
T <sub>2</sub>	9.125,00	7.708,33	22,33
T <sub>3</sub>	9.191,67	8.775,00	22,00
T <sub>4</sub>	9.125,00	8.683,33	25,67
T <sub>5</sub>	8.116,67	7.725,00	25,33

**Tabla 6.** Promedios de las variables evaluadas en el experimento principal sobre densidades y frecuencias de liberación del parasitoide

Trat. No	Peso inicial (g)	Peso Final (g)	Peso Perdido (g)	No Tub. Afectados
T <sub>1</sub>	8.775,00	8.075,00	700,00	29,30
T <sub>2</sub>	8.308,30	7.816,67	491,67	12,00
T <sub>3</sub>	7.925,00	7.358,33	566,67	34,67
T <sub>4</sub>	7.858,30	7.358,33	500,00	24,00
T <sub>5</sub>	8.300,00	7.833,33	466,67	21,67
T <sub>6</sub>	9.341,67	8.750,00	591,67	19,66
T <sub>7</sub>	8.916,67	8.308,33	608,33	19,66
T <sub>8</sub>	8.175,00	7.791,67	383,33	20,33
T <sub>9</sub>	8.166,67	7.300,00	450,00	29,67
T <sub>10</sub>	8.233,33	7.675,00	558,33	26,00

en los sitios donde se presenta la mayor oviposición, como puede observarse en la figura 5.

#### Prueba del efecto de la luz sobre la actividad parasítica de la avispa

En el momento de la evaluación se detectó la presencia de adultos de *T. lopezandinensis* fuera de los dispositivos y de las cubetas forrajeando en los focos de huevos expuestos.

Los resultados mostraron que el parasitismo ocurrió en las tres condiciones de luminosidad evaluadas (Tabla 4), pero con un efecto de la luz positivo en la actividad parasítica de las avispas. El mayor parasitismo se presentó en las condiciones de luminosidad normal en laboratorio, con 84,6% y el más bajo con un 60,91% bajo condiciones de oscuridad total. La prueba de T ( $\alpha=0,05$ ), mostró diferencias significativas entre estas dos condiciones extremas; pero ninguna de las dos se diferencia estadísticamente de la intermedia a luz difusa.

Amaya (1998) revisó varios estudios en los cuales se evaluó el efecto de la luz en el comportamiento de las avispas de diferentes especies del género *Trichogramma*,

encontrando que los adultos son fuertemente atraídos por la luz, que bajo condiciones naturales se ubican en las partes más expuestas de las plantas, y que su actividad se incrementa al aumentar la intensidad lumínica. También indica que el parasitismo de *Trichogramma* es más alto a la plena luz que en la sombra, y atribuye esta actividad al aumento en la visibilidad. Pero para *T. evanescens* resalta que esta

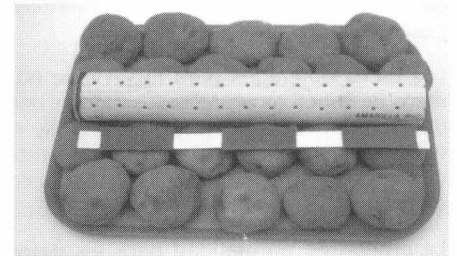
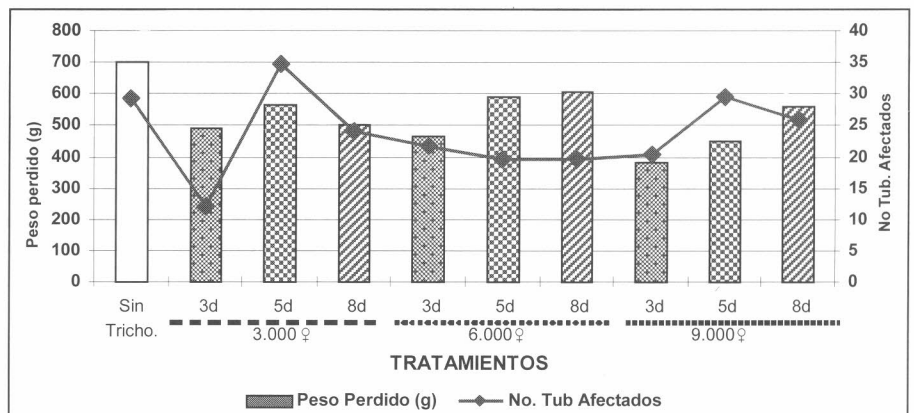
especie puede distinguir el huésped y ovipositar en completa oscuridad. En el presente trabajo, se obtuvo un 61% de parasitismo en condiciones de completa oscuridad, corroborando que la especie en estudio presenta una buena actividad parasítica en dichas condiciones.

Dado que la parasitismo se dio bajo las tres condiciones de luminosidad, podría pensarse que el parasitoide utiliza no sólo señales visuales para encontrar su huésped, posiblemente utiliza estímulos olfativos, o táctiles para encontrarlo asociado a otro tipo de estrategias de búsqueda más refinadas.

#### Determinación de las densidades y frecuencias de liberación del parasitoide para prevenir el daño de la plaga en papa almacenada

Los resultados del experimento preliminar para determinar la cantidad de avispas de *T. lopezandinensis* que se requieren liberar para prevenir el daño causado por una población de *T. solanivora* se presentan en la tabla 5. Los adultos de la polilla murieron entre 10 y 12 días después de la liberación y los adultos del parasitoide murieron entre 5 y 8 días después de la liberación.

Se hicieron pruebas de normalidad para los datos y se realizó un análisis de varianza bajo un diseño en bloques completos al azar para la variable número de tubérculos afectados y un análisis de covarianza para las variables peso inicial y peso final.

**Figura 5.** Dispositivo "tipo túnel" en posición horizontal y de 35 cm de longitud.**Figura 6.** Comparación entre el número de tubérculos afectados y el peso perdido por tratamiento.

Para la variable número de tubérculos afectados los datos presentan una distribución normal (Shapiro – Wilk = 0,98); el análisis de varianza para tratamientos que variaron desde la liberación de 250 hembras hasta 1.000 hembras de *T. lopezandinensis*, con número de tubérculos afectados de 22 a 25, no presentó diferencias significativas, y tampoco se presentaron entre bloques.

En el experimento, las liberaciones de la avispa parasitoide correspondieron a 250 ♀, 500 ♀ y 1.000 ♀ para los tratamientos, rangos que permitieron determinar que este número de hembras resulta insuficiente para encontrar y parasitar los huevos de diez hembras de *T. solanivora* y prevenir el daño causado por la plaga, comparados con el tratamiento testigo donde no se liberó el parasitoide. Posiblemente el parasitoide encontró algunas dificultades en el reconocimiento del medio y en la búsqueda de las posturas en sitios escondidos y oscuros que no son de su preferencia. Debido a que las cantidades fueron insuficientes, se planteó un nuevo experimento para probar cantidades mayores de la avispa.

Los resultados obtenidos en el experimento principal para determinar densidades y frecuencias de liberación del parasitoide *T. lopezandinensis* para prevenir el daño causado por *T. solanivora* en papa almacenada se presentan en la tabla 6.

Los datos se sometieron a pruebas de normalidad y a un análisis de varianza bajo un diseño en bloques completos al azar con un arreglo factorial 3x3x1 para la variable número de tubérculos afectados y se hizo un análisis de covarianza para las variables peso inicial y peso final.

Los datos obtenidos para la variable número de tubérculos afectados siguen una distribución normal (Shapiro – Wilk = 0,97). El análisis de varianza no presenta diferencias entre tratamientos y tampoco entre bloques.

La prueba de normalidad para los datos de las variables peso inicial y peso final demostró que éstos siguen dicha distribución (Shapiro – Wilk = 0,96). En el análisis de covarianza los resultados indicaron diferencias significativas entre tratamientos ( $F= 3,54$ ; g.l: 9,16;  $P < 0,01$ ) más no entre bloques.

Las pruebas de comparación entre tratamientos se hicieron a través de contrastes ortogonales, encontrándose diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) en la comparación entre el tratamiento testigo donde no se hicieron liberaciones del parasitoide y los demás tratamientos. Igualmente se presentaron diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) en la comparación entre la frecuencia de liberación cada tres días y las frecuencias de liberación cada cinco y cada ocho días. Es importante tener en cuenta que no hubo interacción entre los factores densidad y frecuencia.

En la figura 6 se puede observar que el tratamiento testigo, donde se liberaron diez parejas de la plaga y no se liberó parasitoide, presenta la pérdida mayor de peso con respecto a los demás tratamientos y es uno de los tratamientos donde se obtuvo el número mayor de tubérculos afectados.

Los tratamientos en los que se realizaron liberaciones del parasitoide cada tres días presentaron las pérdidas menores de peso y 12, 21 y 20 tubérculos afectados; notándose que en la frecuencia cada tres días se reduce el daño en 11% en promedio con respecto al testigo; sin embargo, es paradójico que para el tratamiento correspondiente a la menor densidad de liberación con 3.000 hembras cada tres días, pero con la mayor frecuencia, presentó la mayor reducción en daño.

Por otra parte, el tratamiento en el cual ocurrió la pérdida menor de peso, 383,33 g, combinada con un promedio de 20,33% de tubérculos afectados fue el de 9.000 avispas cada 3 días. Estos resultados indican que para obtener un mayor parasitismo y una mayor reducción en el daño por la plaga se requiere la presencia continua de hembras jóvenes de *T. lopezandinensis*.

El hecho de que las densidades más altas del parasitoide no presentaron los mayores niveles de control, como era de esperarse, podría explicarse a que en tales densidades pudo ocurrir el fenómeno de interferencia mutua, por un aumento en la probabilidad de encuentros entre hembras, que trae como consecuencia una disminución en el número de huevos parasitados por cada avispa, como lo explica Rincón (1999) en su estudio del comportamiento de interferencia intraespecífica. Esta situación también ha sido registrada en experimentos realizados en laboratorio con otras avispas como en el caso del parasitoide *Anagyrus kamali* Moursi (Hymenoptera: Encyrtidae) donde se evaluó la interferencia mutua entre hembras sobre la progenie y la proporción de sexos, y se determinó que la tasa de oviposición disminuye al incrementar la densidad de hembras sin afectar significativamente la proporción de sexos (Sagarra *et al.* 2000).

En condiciones de cría de *A. kamali* un aumento en la densidad de hembras de 25 a 75 individuos por jaula resultó en un incremento en la producción de la progenie de  $266 \pm 70$  a  $877 \pm 393$  parasitoides. Sin embargo, al pasar de 75 a 100 hembras por jaula la producción de la progenie no fue significativamente diferente con  $877 \pm 393$  a  $965 \pm 608$  parasitoides producidos respectivamente (Sagarra *et al.* 2000), lo que demuestra un claro efecto de interferencia.

Rincón (1999) por su parte, en experimentos con *T. lopezandinensis*, encontró que el aumento de avispas forrajeando sobre una misma área crea una confusión entre ellas y disminuye su eficiencia de búsqueda por el efecto de huella.

Con base en los resultados y en las razones discutidas, se puede afirmar que el uso de *T. lopezandinensis* como parasitoide de la polilla guatemalteca, reduce la intensidad del daño causado por ésta, lo cual se refleja en el peso.

## Conclusiones

- Un aporte importante de esta investigación fue el diseño e implementación de un dispositivo que resultó muy útil y eficiente para la liberación del parasitoide en condiciones de almacenamiento de papa el cual se denominó "tipo túnel".

- A partir de este estudio, el parasitoide *T. lopezandinensis* puede ser considerado como un agente potencial para el control biológico de la polilla guatemalteca de la papa en almacenamiento que podría utilizarse bajo la estrategia de una nueva asociación.

- Se determinó que las condiciones de luminosidad no influyen de manera significativa en la actividad parasítica de la avispa, aunque el parasitismo fue mayor en condiciones de luz normal en laboratorio.

- La mayor frecuencia de liberación del parasitoide presentó un efecto significativo en la reducción del daño ocasionado por la polilla, lo que indica que es posible que una presencia continua de hembras jóvenes forrajeando el sistema de almacenamiento sea determinante para lograr un parasitismo mayor y consecuentemente un control mayor de la plaga.

- No se observó un efecto significativo de densidades del parasitoide en la reducción del daño causado por la plaga. Posiblemente porque a las densidades utilizadas pudo presentarse el fenómeno de interferencia intraespecífica que disminuye la eficiencia parasítica de la avispa.

## Recomendaciones

- Se recomienda seguir experimentando a densidades bajas del parasitoide y mantener la frecuencia de liberación cada tres días para el control de la polilla en almacenamiento.

- Así mismo, continuar con la evaluación del parasitoide en condiciones de almacenamiento en finca del agricultor con las adaptaciones pertinentes.

- Igualmente, efectuar un proceso de experimentación similar a éste con el propósito de determinar las densidades y frecuencias de liberación del parasitoide en condiciones de cultivo en campo.

## Literatura citada

- AMAYA, M. 1998. *Trichogramma* spp. Producción Uso y Manejo en Colombia. Buga, Valle del Cauca. Colombia. Imprectec Ltda. 176 p.
- ESPITIA, E. 1999. Hacia un manejo integrado de la polilla guatemalteca en Colombia.

- Memorias. XXVI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. p. 228-238. Bogotá.
- LÓPEZ-ÁVILA, A. 1998. Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas. MIP. Memorias. I Curso – Taller Internacional Control Biológico. p. 9-18. Bogotá.
- LÓPEZ-ÁVILA, A. 2001. Evaluación y ajuste de tecnologías para el uso del parasitoide de huevos *Trichogramma lopezandinensis* como controlador biológico de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora*. Informe de Avance Convenio Corpoica - Cevipapa. Diciembre. Tibaitatá. Ed. Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas. MIP. Corpoica. 44 p.
- PORRAS, P. 1999. La papa en Colombia. Desarrollo de una cadena agroalimentaria estratégica. Revista Papas Colombianas 3 (1-2): 14-17.
- RINCÓN, C. 1999. Estudios biológicos del parasitoide *Trichogramma lopezandinensis* (Sarmiento) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) en el control de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae). Trabajo de Grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. Santafé de Bogotá. 106 p.
- SALAZAR, J.; W. ESCALANTE. 1984. La polilla guatemalteca de la papa *Scrobipalopsis solanivora*, nueva plaga del cultivo de la papa en Venezuela. Resúmenes. XI Jornadas Agronómicas. p. 24-28. Maracaibo. Venezuela.
- SAGARRA, L. A.; VINCENT, C.; STEWART, R. 2000. Mutual interference among female *Anagyrus kamali* Moursi (Hymenoptera: Encyrtidae) and its impact on fecundity, progeny production and sex ratio. Biocontrol Science and Technology 10 (3): 239-244.
- SARMIENTO, C. 1993. Una nueva especie de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) de los Andes Colombianos. Revista Colombiana de Entomología 19 (1): 3-5.

Recibido: Abr. 22 / 2003

Aceptado: Ago. 30 / 2003