

## Determinación de las etapas críticas en el desarrollo fenológico del cultivo de la papa *Solanum phureja*, frente al ataque de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Lepidóptera: Gelechiidae)

### Determining critical stages in the *Solanum phureja* potato crop's phenological development regarding Guatemalan potato moth *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) attack

Jaiver Danilo Sánchez<sup>1</sup>, Aristóbulo López<sup>2</sup> y Luis Ernesto Rodríguez<sup>3</sup>

**Resumen:** Bajo condiciones semicontroladas en casa de malla, se determinó el ciclo de vida de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny) y su relación con la etapa crítica en el desarrollo fenológico de la papa criolla *Solanum phureja* variedad 'Criolla Colombia', en la que el cultivo fue más vulnerable al ataque de la plaga. De acuerdo al desarrollo fenológico del cultivo, se establecieron cuatro etapas: crecimiento vegetativo, floración, fructificación y madurez; cada etapa correspondió a un tratamiento en el que se realizaron cuatro liberaciones de 60 parejas de *T. solanivora* (una por semana). El tratamiento testigo se mantuvo sin plaga durante todo el ciclo de desarrollo. La evaluación se realizó bajo el diseño completamente al azar con cinco tratamientos y dos repeticiones. Las variables evaluadas en la cosecha fueron: peso y número de tubérculos por categoría, e incidencia y severidad de daño en los tubérculos afectados por la polilla guatemalteca. Los resultados mostraron que la duración del ciclo de la plaga fue de aproximadamente 66-68 d, y la etapa fenológica en que el cultivo fue más vulnerable al ataque de la plaga estuvo entre la madurez y la senescencia, presentando el mayor peso de tubérculos afectados, aunque la plaga ocasionó daños desde el inicio de la tuberización. Los tubérculos afectados no presentaron diferencias en la severidad de daño, lo que demuestra que ésta no depende de la etapa en la que se presenta la plaga en el cultivo.

**Palabras claves adicionales:** papa criolla, incidencia, severidad, ciclo de vida

**Abstract:** The critical stage of creole potato *Solanum phureja* 'Criolla Colombia' variety's phenological development, regarding the Guatemalan potato moth *Tecia solanivora* (Povolny), was determined in the present work. Four stages were established according to the crop's phenological development: vegetative growing, blooming, fruit formation and ripening to senescence. A treatment was applied for each stage. There were four releases of 60 *T. solanivora* pairs, one per week, keeping the remaining time pest-free. The witness treatment was kept pest-free during the whole development cycle. Treatments were evaluated using a completely randomized design with five treatments and two replications. Tuber weight and number per category and total obtained at harvest and incidence and severity of injury on tubers affected by the Guatemalan moth were the variables which were evaluated. The results demonstrated that the fourth crop stage was the most critical regarding pest attack, since it presented the highest weight of affected tubers, although the pest causes injury from the very start of tuber formation. Affected tubers evaluated during the phenological stages presented no differences regarding severity of injury, demonstrating that tuber injury intensity does not depend on the crop stage during which the pest occurs. Pest cycle length was roughly 66–68 days in experiment conditions.

**Additional key words:** creole potato, injury severity, injury incidence, critical stage

Fecha de recepción: 01 de septiembre de 2005

Aceptado para publicación: 21 de noviembre de 2005

<sup>1</sup> Ingeniero agrónomo, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: jadasato@yahoo.com

<sup>2</sup> Investigador principal, Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas (MIP), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), C.I. Tibaitatá, Mosquera (Colombia). e-mail: alopez@corpoica.org.co

<sup>3</sup> Profesor asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: lerodriguezmo@unal.edu.co

## Introducción

LA INTRODUCCIÓN DE LA POLILLA GUATEMALTECA de la papa, *Tecia solanivora* (Povolny), en Colombia y su dispersión a las principales zonas productoras del tubérculo, viene ocasionando pérdidas económicas significativas a los productores. Esta plaga ataca a todas las variedades cultivadas. Para intentar controlarla se ha intensificado la utilización de productos químicos. Esto ha generado el aumento de los costos de producción y la disminución de la rentabilidad del cultivo.

La polilla guatemalteca tiene una estrecha relación con la papa, y este tubérculo se considera como el único sustrato alimenticio para las larvas de esta especie. Se cree que la planta posee algunas sustancias atrayentes para los adultos del insecto, emitidas por la planta con mayor intensidad cuando se inicia el proceso de tuberización. Por esta razón, cuando se lleva la vigilancia de la población con trampas de feromona sexual, las capturas semanales de machos aumentan (Trillos y Arias, 1998).

Luna *et al.* (1998) encontraron en el municipio de Sibaté (Cundinamarca) que las mayores poblaciones de machos capturados semanalmente por trampa se presentaron en el momento del aporque y en la maduración y cosecha de las principales variedades cultivadas en la zona ('Parda Pastusa' y 'Criolla'). Soriano y Pedraza (1998), en un estudio sobre la relación entre el comportamiento de la población de machos de *T. solanivora* y el desarrollo del cultivo de papa, encontraron que el inicio de la formación de tubérculos es el estímulo que provoca el pico de población más alto registrado a lo largo del cultivo.

Son varios los factores que determinan el nivel de población del insecto, entre ellos, la disponibilidad de tubérculos susceptibles al ataque y el nivel de precipitación (Hernández y León, 1998). Por su parte, Eraso y Echevarría (1998), al estudiar la apetencia de *T. solanivora* en condiciones de almacenamiento en las variedades 'ICA Nariño', 'Parda Pastusa', 'Diacol Capiro', 'ICA San Pedro', 'Mambra' y 'Criolla Amarilla', encontraron que ninguna de ellas presentaba resistencia o tolerancia al ataque de la plaga. Cañón (1999), al evaluar dos sistemas de cultivo de papa criolla como monocultivo y en asocio con arveja, encontró que no había diferencias entre los daños producidos por la polilla en ambos sistemas.

El desarrollo del cultivo de papa puede dividirse en: crecimiento vegetativo, desarrollo de las partes vegeta-

tivas cosechables, desarrollo reproductivo y senescencia (Valbuena, 2000). El desarrollo vegetativo comprende cuatro estadios principales, según la escala BBCH: germinación-brotación, desarrollo de hojas, formación de brotes laterales y crecimiento longitudinal de brotes principales; durante estos estadios se presenta el inicio de la brotación del tubérculo-semilla y el desarrollo de brotes, comienza la formación de raíces y tallos con su posterior emergencia, se forman los brotes laterales y se da el crecimiento longitudinal de los brotes principales. En papa criolla la emergencia se inicia 15 días después de la siembra (dds), pero sólo hasta 21 dds ha emergido más de 50% de la población de plantas. El crecimiento de raíces y estolones a 30 dds es progresivo; en plantas que provienen de tubérculos-semillas de categoría primera y segunda, los estolones se forman hasta los 51 dds y, en plantas provenientes de tubérculos-semillas categoría tercera, hasta los 58 dds (Bello y Pinzón, 1997). En las primeras semanas del cultivo, el aumento en el número de hojas es lento y a partir de los 65 dds es acelerado, hasta alcanzar un punto máximo 107 dds; luego, se observa un descenso gradual hasta los 121 dds, cuando se realiza la cosecha (Meier, 2001).

El desarrollo de las partes vegetativas cosechables del cultivo se inicia con la formación de los tubérculos, cuando las puntas del primer estolón se hinchan dos veces el diámetro del resto del estolón, para continuar con el desarrollo del tubérculo hasta alcanzar el máximo de su masa total; los tubérculos se pueden desprender fácilmente de los estolones, pero la piel aún no está madura: se quita fácilmente con el pulgar. Posteriormente, se presenta la maduración de la piel: en el extremo apical del tubérculo, la piel no se quita con el pulgar (Meier, 2001). Este estadio se puede subdividir en tres etapas: la primera es la formación del tubérculo, entre 8 y 13 semanas; la segunda, engrosamiento y diferenciación, entre 13 y 16 semanas, y la tercera, el llenado final, a partir de las 16 semanas después de siembra (Alvarado, 1986). En papa criolla la formación de tubérculos se inicia a partir de los 51 dds; después de 79 dds y hasta la cosecha, sigue un periodo de engrosamiento y diferenciación, que se caracteriza por un aumento acelerado en el peso y el tamaño de los tubérculos (Bello y Pinzón, 1997).

El crecimiento reproductivo del cultivo corresponde a la aparición del órgano floral, en donde se presenta el desarrollo que va desde la antesis hasta el final de floración; a continuación se inicia la formación de fruto, que incluye su desarrollo y maduración final. En papa criolla los primeros botones florales se

observan, para más de 50% de la población, 44 dds, mientras que la senescencia del cultivo se inicia desde el comienzo del amarillamiento de las hojas hasta la cosecha (Meier, 2001).

El objetivo de este trabajo fue determinar la etapa o las etapas fenológicas críticas del desarrollo del cultivo de papa criolla *Solanum phureja* variedad ‘Criolla Colombia’ ante al ataque de *Tecia solanivora*; además, profundizar en el conocimiento de la plaga y su relación con el cultivo y, a partir del conocimiento de la biología del insecto, elaborar recomendaciones preliminares sobre la etapa o etapas en que se deben aplicar las medidas de control.

## **Materiales y métodos**

La investigación se llevó a cabo en el Centro de Investigación Tibaitatá de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), localizado en el municipio de Mosquera (Cundinamarca), a 4° 42' latitud norte y 74° 12' longitud oeste, con una altitud de 2.550 msnm, temperatura media anual de 14 °C, precipitación promedio anual de 657 mm y humedad relativa promedio de 80%. Se realizó un experimento en condiciones semicontroladas en la casa de malla del Programa nacional de manejo integrado de plagas (MIP) de Corpoica, realizando un control estricto de la población de polilla guatemalteca en cada tratamiento. La temperatura promedio durante el tiempo del experimento en la casa de malla fue 15 °C.

### **Material biológico**

Los adultos de polilla guatemalteca utilizados se obtuvieron de las unidades de cría establecidas en el laboratorio de Entomología del MIP.

Para la obtención de los adultos de *T. solanivora* utilizados en la investigación se colocaron parejas de adultos de *T. solanivora* en cámaras de oviposición (frascos de vidrio de 250 mL). Los frascos se taparon con muselina y se colocaron boca abajo sobre una bandeja. Las hembras ovipositaron sobre toallas de papel puestas debajo de las cámaras. Estos papeles se recogieron diariamente. Los adultos se alimentaron con ayuda de un algodón impregnado de solución de miel de abeja al 10%.

Los papeles con las posturas se mantuvieron durante 7 d en cajas de Petri. Un día antes de la eclosión, los huevos fueron trasladados a las cámaras de desarrollo, donde se colocaron sobre tubérculos sanos.

Como cámaras de desarrollo se utilizaron cubetas plásticas semitransparentes de 33 cm de longitud, 26 cm de ancho y 10 cm de altura; la parte superior de la cubeta se cubrió con muselina, permitiendo la circulación de aire en el interior la cámara. En estas cámaras se desarrollaron los cuatro estados larvales y la pupa hasta la emergencia del adulto. Los adultos se recolectaron y se trasladaron a las cámaras de oviposición para iniciar de nuevo el ciclo.

El periodo transcurrido desde la postura hasta la emergencia del adulto fue aproximadamente de 48 d, bajo condiciones del laboratorio de Entomología, con temperatura promedio de 25 °C y humedad relativa de 80%.

### **Material de campo**

Se utilizó semilla seleccionada libre de plagas y enfermedades de *Solanum phureja* variedad ‘Criolla Colombia’, con un diámetro de 2-3 cm. Antes de la siembra, los tubérculos se protegieron con el fungicida Vitavax® (3 g de producto comercial por kilogramo de semilla) y con el insecticida Lorsban 2,5% DP® (1 g de producto comercial por litro), para evitar la entrada de plagas o enfermedades en el cultivo.

Con el fin de garantizar la ausencia de polilla guatemalteca y otras plagas, como gusano blanco, se construyó una casa de malla en un lote del Centro de Investigación Tibaitatá donde no se había sembrado ningún cultivo durante más de cinco años y alejado de otros lotes sembrados con papa.

Las especificaciones de la casa de malla fueron 40 m de longitud y 8 m de ancho, con estructura metálica completamente cubierta con muselina y un zócalo de plástico en el borde inferior enterrado 30 cm. Se dividió en 10 compartimientos, cada uno de 8 m de longitud y 4 m de ancho, totalmente aislados entre sí con muselina y con el zócalo de plástico para evitar el paso de insectos entre los compartimientos y el exterior. Cada compartimiento tenía entrada independiente, constituida por una cabina de 2 x 2 m, para garantizar un aislamiento total entre el compartimiento y el exterior mediante un sistema de doble puerta. En la casa de malla se instaló un pluviómetro y se realizó el registro diario para establecer la precipitación acumulada durante cada una de las etapas de desarrollo del cultivo. El registro de temperatura se hizo cada día con un termómetro de máxima y mínima.

## Tratamientos evaluados

Para evaluar el daño de *T. solanivora* en el cultivo de *Solanum phureja* variedad ‘Criolla Colombia’, se determinaron cuatro etapas fenológicas durante el ciclo de crecimiento del cultivo (tabla 1). Los tratamientos evaluados se presentan en la tabla 2.

Los adultos, una vez emergieron de la pupa, se recolectaron en frascos de vidrio de 125 mL y se mantuvieron un día en él, antes de ser liberados, para asegurar la cópula. Durante este tiempo se alimentaron con solución de miel. En cada frasco se aisló a 10 parejas. En cada introducción del insecto en la casa de malla, se liberaron 60 parejas, para un total de 240 parejas en

cada etapa evaluada del cultivo. Los frascos se abrieron en el interior de la casa de malla, haciendo con ellos desplazamientos en zig-zag para ayudar a que las poblaciones liberadas de polillas se distribuyeran homogéneamente en el cultivo.

## Diseño experimental

Se aplicó un diseño completamente al azar con submuestreo, con cinco tratamientos (T1-T5) y dos repeticiones por tratamiento. Como unidad experimental se utilizó cada uno de los compartimientos de la casa de malla, con un área de 32 m<sup>2</sup>. En cada unidad experimental se sembraron cinco surcos de papa criolla, con una distancia de siembra de 0,75 m entre surcos y 0,25 m entre plantas.

**Tabla 1.** Etapas del desarrollo del cultivo de papa criolla *Solanum phureja* var. ‘Criolla Colombia’ evaluadas en la investigación (Meier, 2001; Bello y Pinzón, 1997; Valbuena, 2000).

Etapa	dds*	Etapa fenológica	Estadios según escala BBCH	Descripción de la etapa	Descripción del desarrollo del tubérculo
I.	1-35	Crecimiento vegetativo	Germinación-brotación, desarrollo de hojas, formación de brotes laterales y crecimiento longitudinal de brotes.	Desde la siembra del tubérculo-semilla hasta el inicio de floración, que coincide con el inicio de la tuberización.	Se inicia con la siembra del tubérculo-semilla. Luego comienza la emergencia y el desarrollo de las puntas de los estolones, hasta que se inicia el desarrollo de tubérculos.
II.	36-65	Floración	Aparición del órgano floral y floración.	Desde la aparición de los primeros botones florales hasta cuando la planta inicia el incremento acelerado en la producción de área foliar (cierre de calles).	Formación de tubérculos a partir de la punta del estolón; la iniciación del tubérculo es controlada por reguladores hormonales de crecimiento.
III.	66-90	Fructificación	Formación de fruto y maduración del fruto.	Se inicia con el incremento acelerado de número de hojas en la planta hasta cuando se termina la emisión de nuevas hojas y empieza la senescencia de la planta.	Engrosamiento y diferenciación de los tubérculos, con un incremento acelerado en su tamaño y peso.
IV.	91-120	Madurez y senescencia		Se detiene la emisión de hojas, la fotosíntesis decrece gradualmente y el follaje eventualmente muere.	La tasa de crecimiento del tubérculo es lenta. El contenido de materia seca en los tubérculos alcanza el máximo valor, la piel del tubérculo se endurece aumentando su espesor.

dds = días después de siembra

**Tabla 2.** Descripción de los tratamientos para evaluar el daño de *Tecia solanivora* en las distintas etapas de desarrollo del cultivo de papa criolla *Solanum phureja*.

<b>Tratamiento 1</b>	Cuatro introducciones de <i>T. solanivora</i> durante el crecimiento vegetativo (etapa I). Las liberaciones se realizaron 14, 21, 28 y 35 dds. Se mantuvo el cultivo libre de plaga durante el resto del ciclo. Una vez se inició la emergencia de la segunda generación de la plaga, se realizó control químico para evitar que ésta produjera daño.
<b>Tratamiento 2</b>	Cuatro introducciones de <i>T. solanivora</i> durante la floración (etapa II). Las liberaciones se realizaron 41, 48, 55 y 62 dds, manteniendo el resto del ciclo del cultivo libre de plaga. Ante la emergencia de la segunda generación de la plaga, se efectuó control químico de estas poblaciones.
<b>Tratamiento 3</b>	Cuatro introducciones de <i>T. solanivora</i> durante la fructificación (etapa III), manteniendo libre de plaga el resto del ciclo del cultivo. Las liberaciones se realizaron 69, 76, 83 y 90 dds.
<b>Tratamiento 4</b>	Cuatro introducciones de <i>T. solanivora</i> en la fase de madurez y senescencia (etapa IV). Las liberaciones se realizaron 92, 99, 105 y 112 dds.
<b>Tratamiento 5</b>	Se mantuvo el cultivo libre de plaga durante todo el ciclo de desarrollo del cultivo.

dds = días después de siembra

## Variables evaluadas

En la cosecha se tomaron cinco muestras de cuatro plantas consecutivas, ubicadas en un metro lineal del surco de los tres surcos centrales. No se tuvieron en cuenta las plantas de los extremos para eliminar el efecto de bordes. Los tubérculos cosechados se lavaron, secaron y clasificaron en tres categorías según el diámetro, así: primera o gruesa, con diámetro mayor a 4 cm; segunda o pareja, con diámetro entre 2 y 4 cm, y tercera o riche, con diámetro inferior a 2 cm. Se determinó y registró la información de las variables (peso y número de tubérculos total y por categoría), discriminando en cada caso entre peso y número de tubérculos sanos y afectados; también se evaluó la severidad de daño (tabla 3), de acuerdo con la escala propuesta por Arias *et al.* (1996b). Para medir la severidad de daño en cada tubérculo, éste se fraccionó en cuatro partes: si sólo una de las partes se encontraba afectada, se asumía un 25% de daño y así sucesivamente.

**Tabla 3.** Escala de severidad de daño de tubérculos ocasionada por la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Arias *et al.*, 1996b).

Grado	Escala de daño
0	25%
1	50%
2	75%
4	100%

Teniendo en cuenta que las introducciones de polilla guatemalteca en la casa de malla se realizaron de forma controlada, se determinó la duración del período huevo-adulto del insecto en las condiciones del experimento. Este período fue el comprendido entre la primera liberación de polilla guatemalteca y la aparición de adultos de la segunda generación, detectada con la colocación de trampas de feromona.

Para conocer la duración del período, se instalaron trampas de feromona en los tratamientos T1 y T2. Estas trampas se instalaron 25 d después de la cuarta introducción de polilla guatemalteca en cada tratamiento, y de esta manera se evitó que los adultos liberados cayeran en las trampas. Las trampas se revisaron cada dos días y se registraron las capturas. Una vez se presentó la segunda generación, se realizaron aplicaciones con el insecticida Lorsban® (i.a. chlorpirifos) y se continuó el registro de las capturas. La aplicación de los productos

insecticidas tuvo como objetivo eliminar los adultos de la segunda generación, para evitar una nueva generación que ocasionara daño en los tubérculos.

## Vigilancia de *T. solanivora*

Una vez iniciadas las introducciones de polilla guatemalteca en las unidades experimentales de acuerdo con cada tratamiento, se instalaron trampas en las unidades experimentales contiguas, para vigilar que las polillas liberadas no se pasaran a ellas; no hubo capturas en las trampas, lo que confirmó las condiciones apropiadas de la casa de malla. En los tratamientos, se vigiló la emergencia de la segunda generación de los insectos introducidos por medio de trampas con feromona.

## Análisis estadístico

Para las variables peso y número de tubérculos en total y por categoría, sanos y afectados por *Tecia solanivora*, se realizó prueba de normalidad y análisis de varianza. En aquellas variables en las que se encontraron diferencias entre tratamientos con el análisis de varianza, se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey. Para evaluar la severidad de daño en los tubérculos afectados, a las proporciones de tubérculos según el grado de severidad se les realizó la prueba de normalidad y se transformó por raíz cuadrada; los datos se ajustaron a una distribución normal, por lo que se realizó el análisis de varianza para determinar si los tratamientos presentaban diferencias.

## Resultados y discusión

### Rendimiento del cultivo

El peso y número de tubérculos obtenidos en total y por categoría no presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos (tabla 4). Los tubérculos de categoría segunda representaron entre 59% y 66% del peso total. El peso de tubérculos de categoría primera representó en los distintos tratamientos un rendimiento entre 5,4% y 9,5% y el de los tubérculos de categoría tercera, entre 24,6% y 35,2%.

El mayor número de tubérculos correspondió a la categoría tercera, con excepción del T3 que presentó el mayor número de la categoría segunda. El número de tubérculos de primera representó un porcentaje bajo del total. El tamaño de los tubérculos obtenidos en la investigación fue menor, teniendo en cuenta la densidad de siembra utilizada (Arias *et al.*, 1996a).

**Tabla 4.** Peso y número de tubérculos por categoría en papa criolla *Solanum phureja*.

Tratamiento	Peso total de tubérculos				Número total de tubérculos			
	Categoría primera (%)	Categoría segunda (%)	Categoría Tercera (%)	Peso total (g)	Categoría primera (%)	Categoría segunda (%)	Categoría tercera (%)	Número
T1 - Etapa I	5,4a	59,4a	35,2a	685,88a	1,6a	36,0a	62,4a	48,4a
T2 - Etapa II	9,5a	62,9a	24,6a	525,99a	4,1a	43,0a	53,0a	34,2a
T3 - Etapa III	8,2a	65,9a	25,8a	672,33a	3,1a	51,9a	45,0a	39,3a
T4 - Etapa IV	7,2a	61,8a	30,9a	658,05a	2,9a	43,6a	53,5a	41,5a
T5 - Testigo	6,6a	60,6a	30,6a	518,20a	2,9a	46,3a	50,7a	41,0a
P > F	0,936	0,726	0,366	0,380	0,763	0,716	0,399	0,233
Coefficiente de variación	45,25	56,28	53,42	42,14	15,56	28,04	29,97	18,67

Valores con la misma letra en la misma columna no presentaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ).

El análisis de las variables de rendimiento –peso y número de tubérculos, total y por categoría– no presentó diferencias significativas entre tratamientos. Esto se debe a que el ataque de la plaga no afecta la distribución de la materia seca a los tubérculos y, por lo tanto, tampoco afecta el rendimiento biológico, pero sí la calidad del tubérculo y el rendimiento comercial del cultivo.

#### ***Incidencia de daño por T. solanivora***

En el peso de tubérculos total y de categoría segunda afectados por *T. solanivora*, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Para el peso de tubérculos de primera y tercera afectados no se encontró diferencias entre tratamientos (tablas 5 y 6). Para el número de tubérculos totales y de las categorías primera y segunda afectados se presentaron diferencias significativas, pero no para el número de tubérculos de categoría tercera afectados (tablas 5 y 6).

El número de tubérculos afectados durante las etapas II, III y IV fue similar, lo que confirma que el

ataque de la plaga se presenta desde el inicio de tuberización; por lo tanto, la plaga no tiene preferencia por un determinado estado de desarrollo de los tubérculos.

**Tabla 5.** Peso y número de tubérculos sanos y afectados de papa criolla *Solanum phureja* por *Tecia solanivora* en la variedad ‘Criolla Colombia’, según tratamiento.

Tratamiento	Peso de tubérculos sanos (%)	Peso de tubérculos afectados (%)	Número de tubérculos sanos (%)	Número de tubérculos afectados (%)
T1 - Etapa I	84,4	4,0b	84,7	4,1b
T2 - Etapa II	65,5	24,9c	54,9	28,7c
T3 - Etapa III	70,4	20,3c	65,4	26,2c
T4 - Etapa IV	54,8	33,4d	60,5	28,9c
T5 - Testigo	84,7	0,0a	88,2	0,0a
P > 0,05		0,0013		0,0004
Coefficiente de variación		49,87		20,99

Valores con la misma letra en la misma columna no presentaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ).

**Tabla 6.** Peso y número de tubérculos de papa criolla *Solanum phureja* afectados por *Tecia solanivora*, según categoría y tratamiento.

Tratamiento	Peso de tubérculos de primera afectados (%)	Peso de tubérculos de segunda afectados (%)	Peso de tubérculos de tercera afectados (%)	Número de tubérculos de primera afectados (%)	Número de tubérculos de segunda afectados (%)	Número de tubérculos de tercera afectados (%)
T1 - Etapa I	0,00a	68,00ab	32,00a	0,00a	45b	55a
T2 - Etapa II	21,54a	43,99b	34,46a	6,12bc	32,65c	61,22a
T3 - Etapa III	4,09a	49,12b	46,78a	0,97ab	34,95c	64,07a
T4 - Etapa IV	14,98a	67,94c	17,08a	5,75c	56,66c	37,5a
T5 - Testigo	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a
P > F	0,0834	0,0072	0,1118	0,0472	0,0011	0,0621
Coefficiente de variación	52,89	62,49	67,78	49,46	33,26	35,86

Valores con la misma letra en la misma columna no presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ).

En los tratamientos en los que se realizaron introducciones de *T. solanivora*, se evidenció que el mayor peso de tubérculos afectados correspondió a la categoría segunda, pues, al ser los más abundantes, tuvieron mayor probabilidad de ser encontrados y afectados por las larvas de polilla.

El testigo no presentó tubérculos afectados por *T. solanivora*, ya que las poblaciones del insecto se controlaron estrictamente en la casa de malla, y se puede afirmar, por lo tanto, que los resultados reflejan la capacidad de daño que tiene el insecto en cada etapa de desarrollo del cultivo, con las poblaciones introducidas en cada tratamiento y con las condiciones ambientales presentes.

Durante el desarrollo vegetativo del cultivo (etapa I), 4,0% del rendimiento y 4,1% de los tubérculos fueron afectados por *T. solanivora*, y la incidencia de daño, comparada con las demás etapas, fue baja por la falta de tubérculos disponibles para ser afectados por la plaga.

El daño ocasionado durante la etapa I fue causado probablemente por la descendencia de las polillas introducidas en la cuarta liberación, realizada 35 dds, que encontraron tubérculos ya formados (en papa criolla, esto ocurre a los 50 dds) y se observó, dos semanas después, un aumento de la población de larvas que atacan a los tubérculos. De esta manera, la descendencia de las introducciones uno, dos y tres de *T. solanivora* no encontró en la etapa I tubérculos formados que pudiera afectar.

Las etapas II, III y IV del cultivo son estadísticamente similares en número de tubérculos afectados por *T. solanivora*. Sin embargo, el peso afectado fue mayor en la etapa IV y se diferenció estadísticamente de las etapas II y III (tabla 6).

La diferencia en peso se explica porque en las etapas II y III los tubérculos son órganos dominantes de depósito de fotoasimilados y tal vez éstos sean asignados en mayor cantidad hacia los tubérculos más competitivos, que fueron los no afectados, mientras que los tubérculos afectados son posiblemente órganos de demanda menos eficientes. Esto teniendo en cuenta que el máximo crecimiento de un tubérculo depende de su potencial de llenado, de la disponibilidad de órganos fuente y de la competencia interna entre los tubérculos y otros órganos demanda (Cabezas, 2002).

En la etapa de madurez y senescencia (etapa IV), los tubérculos están cerca de alcanzar o han alcanzado el

tamaño de cosecha y su tasa de crecimiento es lenta, porque la distribución de materia seca es baja (Valbuena, 2000). Durante esta etapa, la mayor parte de los fotoasimilados ya ha sido distribuida entre los distintos órganos de demanda y la planta al parecer no los removiliza al presentarse el ataque de la plaga, por lo que una mayor cantidad de materia seca puede quedar almacenada en tubérculos afectados durante esta etapa. La etapa de madurez y senescencia del cultivo de papa criolla es la más crítica frente al ataque de la plaga, pues, a pesar de que se introdujo la misma proporción de población en todas las etapas de desarrollo del cultivo, durante ésta fue mayor la disminución en el peso de tubérculos aptos para la comercialización; otra razón para considerarla como una etapa crítica es que durante el desarrollo del cultivo la población de la plaga se incrementa en los lotes comerciales de papa (Luna *et al.*, 1998; Núñez *et al.*, 1998).

A pesar de que la plaga no ocasiona disminución en el potencial de rendimiento del cultivo, sí afecta la rentabilidad del cultivo, al disminuir la cantidad y el peso de tubérculos con calidad comercial. Si se suman los daños ocasionados en cada etapa del cultivo, el peso afectado por la plaga desde la siembra sería 82,6% y desde el inicio de la tuberización, 78,6%, y el número de tubérculos afectados desde la siembra, 87,9% y desde el inicio de la tuberización, 83,1%. Esto muestra la capacidad potencial de daño de la plaga si no se implementan prácticas de manejo para la población del insecto.

### **Severidad de daño por *T. solanivora***

Para evaluar la severidad de daño ocasionado por la polilla guatemalteca, se estableció la escala de daño; de acuerdo con el número de tubérculos afectados en cada categoría, se obtuvo el porcentaje de tubérculos en cada uno de los grados (tabla 7).

Entre las diferentes etapas de desarrollo del cultivo no se presentaron diferencias en la severidad del daño de los tubérculos afectados. La severidad del daño causado a los tubérculos no depende de la etapa fenológica en la cual se presenta el ataque de la polilla guatemalteca; depende seguramente de factores de tipo físico, como el lugar donde se realiza la oviposición, la cercanía del tubérculo a la superficie o a grietas del suelo. De acuerdo con estas condiciones se presenta una mayor o menor oportunidad de que un mismo tubérculo sea atacado por un mayor número de larvas. Esto concuerda con lo afirmado por Cañón (1999), que no encontró diferencias en la severidad del daño ocasionado por *T. solanivora*

**Tabla 7.** Severidad de daño en tubérculos de papa criolla *Solanum phureja* afectados por *Tecia solanivora*, según categoría y tratamiento.

Tratamiento	Severidad en tubérculos de primera (%)				Severidad en tubérculos de segunda (%)				Severidad en tubérculos de tercera (%)			
	Grado				Grado				Grado			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
T1 - Etapa I	0	0	0	0	21,5	7,15	7,15	64,25	25	33,3	16,6	25
T2 - Etapa II	16,6	16,6	11,1	55,5	15,4	38,0	11,3	35,0	11,2	23,8	28,8	36,2
T3 - Etapa III	33,3	33,3	33,3	0	19,4	44,4	13,8	22,2	0	0	30,9	69,1
T4 - Etapa IV	20	10,0	36,7	33,3	33,0	27,7	5,5	33,3	0	37,5	6,2	56,3
T5 - Testigo	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0
P > F	0,871	0,730	0,142	0,103	0,236	0,139	0,626	0,277	0,178	0,257	0,74	0,172
Coefficiente de variación	58,77	50,29	36,13	30,96	45,08	40,04	57,35	49,88	34,97	43,79	21,51	42,05

No se presentaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ).

en papa criolla en monocultivo y asociada con arveja. Ramos *et al.* (1995), con diferentes láminas de riego aplicadas al cultivo de papa, determinaron, a través de un modelo lineal, que la humedad tenía sólo un efecto de 11% en la severidad del daño ocasionado por la plaga.

### **Duración del período de huevo-adulto de *T. solanivora***

Se determinó la duración del periodo comprendido entre la primera liberación de adultos de *T. solanivora* y el inicio de la captura de adultos de la segunda generación. En este periodo la polilla guatemalteca completa su ciclo de vida: una vez liberados los adultos de un día de emergidos de la pupa, las hembras inician al día siguiente la oviposición; de igual forma, una vez que emergen los adultos de la segunda generación, las hembras inician la oviposición dos días después.

En los tratamientos se realizó la vigilancia de la emergencia de la segunda generación de los insectos introducidos por medio de trampas con feromona, y sólo en los T1 y T2 se presentaron capturas de polillas.

En el T1, la primera liberación se hizo 14 dds y la primera captura de adultos, 68 d después de esta liberación. En el T2, la captura de los primeros adultos de la segunda generación se registró 66 d después de la primera liberación de adultos, realizada a su vez 41 dds. De acuerdo con esto y bajo las condiciones del experimento, la polilla guatemalteca completó su ciclo de vida en un período de 66-68 d.

Para implementar el programa de manejo integrado de polilla guatemalteca en campo, es necesario el

conocimiento de aspectos de la biología y ecología del insecto. Uno de éstos es la duración del periodo en que el insecto completa su ciclo de vida (huevo-adulto), de manera que con una vigilancia adecuada de la plaga se podrá predecir en qué etapa del cultivo se presentan las mayores poblaciones del insecto y tomar una acertada decisión sobre su manejo.

En un lote de cultivo, sin residuos de cosecha, la llegada de la polilla guatemalteca se presentaría a partir del inicio de tuberización y del ciclo del insecto de la población presente en el lote, que daría origen a una sola generación de reproducción en el lote. Sin embargo, si hay fuentes de infestación anteriores o nuevas a partir del inicio del cultivo, las poblaciones dependerían de la cantidad de población inicial, de la población inmigrante y dos generaciones de reproducción en el campo de cultivo. También es importante considerar que en variedades de papa de ciclo más largo, el número de generaciones de polilla que se podría presentar es mayor.

Para realizar un manejo racional y eficiente de la polilla guatemalteca de la papa y evitar el daño económico al productor, se debe realizar una vigilancia oportuna y constante de las poblaciones y relacionar el ciclo de desarrollo del cultivo de papa con el ciclo de vida del insecto, con el fin de predecir los periodos de mayor emergencia de adultos del suelo y optimizar el control de la plaga.

### **Conclusiones**

Se determinó que la etapa de madurez y senescencia del desarrollo fenológico de la papa, comprendida entre el inicio de la senescencia del cultivo y la cosecha, es

altamente crítica frente al ataque de la polilla guatemalteca, ya que, con el mismo nivel de población, la plaga ocasionó una pérdida mayor en peso de tubérculos aptos para la comercialización.

Las poblaciones de adultos de la polilla guatemalteca presentes en el cultivo desde el inicio de la tuberización tienen incidencia significativa en el daño a los tubérculos y ésta depende de los niveles de la población.

La severidad del daño causado a los tubérculos no depende de la etapa fenológica en que se presenta el ataque de la polilla guatemalteca.

En condiciones de cultivo de casa de malla, con temperatura media de 15 °C, la polilla guatemalteca completa su ciclo de vida en un período de 66-68 d.

Se recomienda tener en cuenta la duración del ciclo de vida de la polilla, determinada en este estudio, para predecir aumentos drásticos de la población debidos a la emergencia de adultos de una primera generación de reproducción en el campo de cultivo. De esta manera es posible utilizar los recursos para el control del insecto con mayor eficiencia y con mejores resultados.

Con base en los resultados de este trabajo, se recomienda realizar investigaciones en las que se determinen con mayor precisión los umbrales de advertencia y toma de decisiones con respecto al control de la polilla guatemalteca.

## Literatura citada

- Alvarado, L.F. 1986. Crecimiento del cultivo de la papa. pp. 161-169. En: Memorias del curso "Control integrado de plagas en papa". Centro Internacional de la Papa (CIP) e Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Arias, V., P. Bustos, C.E. Núñez. 1996a. Evaluación del rendimiento en papa criolla (*Solanum phureja*) variedad 'Yema de huevo' bajo diferentes densidades de siembra en la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana* 13(2), 152-161.
- Arias, J.H., J.A. Jaramillo, E. Arévalo, N.R. Rocha y L. Muñoz. 1996b. Evaluación de la incidencia y severidad del daño de la polilla gigante de la papa *Tecia solanivora* en el departamento de Antioquia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). 24 p.
- Bello, M.L y B.N. Pinzón. 1997. Evaluación del efecto del tamaño del tubérculo semilla sobre el rendimiento de la papa criolla, variedad 'Yema de huevo' *Solanum phureja* Juz et Buk. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Cabezas, G.M. 2002. Estimación de la interceptación de la radiación solar en papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk) en tres localidades colombianas. Tesis de maestría. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 95 p.
- Cañón, L. 1999. Rendimiento de papa criolla *Solanum phureja* y arveja *Pisium sativum* L. e incidencia y severidad del daño causado por la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny) en dos sistemas de cultivo. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 82 p.
- Eraso, L.E y C. Echeverría. 1998. Apetencia de *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) a seis variedades de papa en el municipio de Pasto. p. 46. En: Taller "Planeación estratégica para el manejo de *Tecia solanivora* en Colombia". Conclusiones y memorias. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Luna, J., Y. Luna y M. Benavides. 1998. Comportamiento poblacional de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny) y estrategias de manejo en el municipio de Sibató. p. 54. En: Taller "Planeación estratégica para el manejo de *Tecia solanivora* en Colombia". Conclusiones y memorias. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Meier, U. 2001. Estadios de las plantas mono- y dicotiledóneas. BBCH Monografía. Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura. 149 p.
- Midmore, D.J. 1986. Respuesta de la planta de papa (*Solanum spp.*) al daño de insectos: algunos efectos de compensación. pp. 176-201. En: Memorias del curso "Control integrado de plagas en papa". Centro Internacional de la Papa (CIP) e Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Núñez, C.E., D.F. Álvarez, L. Barandica, C.A. Gómez, A. Naranjo, y D.H. Trujillo. 1998. Evaluación de la dinámica poblacional de machos de *Tecia solanivora* en un lote comercial de papa variedad 'Diacol Capiro'. pp. 46-48. En: Taller "Planeación estratégica para el manejo de *Tecia solanivora* en Colombia". Conclusiones y memorias. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Ramos, S.G., R.C. Lacruz, F.A. García y M.F. Becerra. 1995. Efecto de la humedad sobre el cultivo de la papa y la incidencia de plagas a nivel de tubérculos, en Bailadores, Estado Mérida. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*, Venezuela 12, 133-144.
- Soriano, J. y N. Pedraza. 1998. Relación entre el comportamiento poblacional de machos de *Tecia solanivora* y el desarrollo del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*). pp. 54-55. En: Taller "Planeación estratégica para el manejo de *Tecia solanivora* en Colombia". Conclusiones y memorias. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Trillos, O. y Arias R.J. 1998. Aspectos de la biología de *Tecia solanivora*. pp. 10-11. En: Taller "Planeación estratégica para el manejo de *Tecia solanivora* en Colombia". Conclusiones y memorias. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Valbuena, B.I. 2000. Aspectos básicos sobre el crecimiento y desarrollo en el cultivo de la papa. Manejo integrado del cultivo de la papa en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Bogotá.