

# Evaluación de extractos de plantas para el manejo de polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*) en cultivos de papa en Nariño, Colombia

## Evaluation of plant extracts for Guatemalan potato tuber moth (*Tecia solanivora*) management in potato crops in Nariño, Colombia

Claudia Salazar G.<sup>1,2</sup> y Carlos Betancourth G.<sup>1</sup>

### RESUMEN

La polilla guatemalteca *Tecia solanivora* causa notorios perjuicios económicos en papa, disminuyendo la calidad y rendimiento del producto. Con el objetivo de contribuir al conocimiento del manejo de la plaga, se establecieron ensayos de campo en los municipios de Contadero y Pasto (Nariño, Colombia) para determinar la eficiencia de extractos vegetales sobre el daño causado por la plaga. En cada localidad se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos correspondieron a: alisin® (ajo+ají) 400 cm<sup>3</sup>/200 L de agua; extracto de eucalipto 3.000 cm<sup>3</sup>/200 L de agua; extracto de ruda 3.000 cm<sup>3</sup>/200 L de agua; testigo absoluto y testigo comercial (permetrina 300 cm<sup>3</sup>/200 L de agua). Se evaluaron el rendimiento y el porcentaje de daño. En Contadero los tratamientos de eucalipto, permetrina y alisin, con promedios entre 18,05 a 24,90 t ha<sup>-1</sup>, presentaron diferencias significativas con respecto a ruda y el testigo absoluto, los cuales arrojaron promedios de 16,7 y 8,0 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En cuanto al daño, el testigo absoluto presentó diferencias altamente significativas (51,42%) comparado con los tratamientos alisin (27,82%) y permetrina (27,62%). En Pasto, se encontraron diferencias altamente significativas de productividad entre los tratamientos: eucalipto, alisin, permetrina, ruda y el testigo comercial, con valores que oscilan entre 22,9 y 10,7 t ha<sup>-1</sup>. El menor daño se obtuvo con la aplicación de permetrina, la cual mostró diferencias significativas con los demás tratamientos, con valores que fluctuaron entre 25,70 y 52,03%. El análisis económico mostró que el tratamiento con eucalipto presentó el mayor beneficio neto parcial y el costo parcial variable más bajo. El uso de extractos vegetales puede ser una alternativa de manejo dentro de los programas de control de la plaga, puesto que mostró resultados similares a los alcanzados con el control químico.

**Palabras clave:** porcentaje de daño, análisis económico, rendimiento, insecticidas.

### ABSTRACT

The Guatemalan tuber moth (*T. solanivora*) causes serious harm to potato crops, affecting their quality and reducing their productivity. Seeking to contribute to the knowledge about the control of this plague, a series of plant extracts were tested for their efficacy in reducing the harm it causes on the crop. The field tests were conducted in two different research sites in the municipalities of Pasto and Contadero, (Nariño, Colombia), by means of a random block design with four repetitions in each locality. The treatments were: alisin® (garlic + hot pepper extracts, 400 cm<sup>3</sup>/200 L of water); eucalyptus extract (3,000 cm<sup>3</sup>/200 L of water); rue extract (3,000 cm<sup>3</sup>/200 L of water); absolute control and commercial control (Permetrin 300 cm<sup>3</sup>/200 L of water). A Tukey significance test and an analysis of variance were applied to assess yield, as well as harm caused by the insect. In Contadero, those treatments applying eucalyptus, permethrine and alisin showed significant differences (average yield scores ranging between 18.05 and 24.90 t ha<sup>-1</sup>) when compared to rue and the absolute control (16.7 and 8.0 t ha<sup>-1</sup>, respectively). Regarding harm in this same site, the absolute control treatment showed highly significant differences (51.42%) with respect to Alisin (27.82%), and permethrine (27.62%). Highly significant differences were also found in Pasto among the yield scores obtained with applications of eucalyptus, alisin, permethrine, rue and the commercial control (values ranging from 22.9 to 10.7 t ha<sup>-1</sup>). The least harm produced by the pest in this same locality was attained with permethrine, which showed significant differences with all other treatments, with values ranging from 25.70 to 52.03%. The economical analysis proved the eucalyptus treatment to have the best partial net return, as well as the lowest variable partial cost. Having reached similar results to those obtained with the chemical control, the use of plant extracts can be considered as a management alternative within plague control programs.

**Key words:** damage percent, economical analysis, yield, insecticides.

## Introducción

El cultivo de la papa es de gran importancia socioeconómica para el país, porque su producto forma parte esencial

de la dieta de los colombianos. Es el producto de mayor consumo per cápita, está en el tercer renglón entre los productos agrícolas del país y ocupa unas 180.000 ha año<sup>-1</sup>, de las cuales el 70% corresponden a parcelas inferiores de

Fecha de recepción: 23 septiembre de 2008. Aceptado para publicación: 2 de julio de 2009

<sup>1</sup> Departamento de Producción y Sanidad Vegetal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto (Colombia).

<sup>2</sup> Autor de correspondencia. claudiasalazarg@yahoo.com

2 ha. De este cultivo dependen en forma directa cerca de 90.000 familias y ocupa 120 jornales directos por hectárea, sin tener en cuenta todos los que se emplean en los procesos de transporte, industrialización, comercialización y demás que intervienen en la cadena agroalimentaria de papa (Fedepapa, 2004). En el departamento de Nariño, la mayor parte de la producción de papa se concentra en la zona andina; explotando alrededor de 25.000 ha año<sup>-1</sup> (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Nariño, 2006).

En la zona andina, los cultivos de papa se ven afectados especialmente por plagas como la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* Povolni, 1973 (Lepidoptera: Gelechiidae) (Integrated Taxonomic Information System, 2000), siendo esta de gran importancia económica en el cultivo, ya que afecta la calidad del tubérculo hasta en un 100% y se presenta tanto en campo como en almacenamiento (Corpoica, 1999).

Actualmente, la polilla guatemalteca de la papa *T. solanivora*, es una de las plagas de mayor importancia económica en el cultivo, y en el departamento de Nariño ha afectado la calidad del tubérculo, cuando se presentan altas poblaciones del insecto, especialmente en épocas secas. En los últimos años el manejo de la plaga se ha concentrado en el uso de insecticidas de categorías I y II, que generan un costo económico considerable aunque difícil de cuantificar por la presencia de otras plagas; sumado a esto están los costos ambientales y sociales pocas veces estudiados (Hilje, 1994).

El desconocimiento por parte del agricultor de los criterios técnicos adecuados para el manejo integrado de plagas ha generado problemas como resistencia genética a diferentes ingredientes activos, debido a la presión de selección continua que se ejerce con las aplicaciones de insecticidas (Brattsten, 1990); resurgimiento de plagas que ocurre cuando una plaga expuesta a altas aplicaciones reaparece a niveles mayores, esto se debe a la interferencia del insecticida con los enemigos naturales (CATIE, 1990); contaminación ambiental y en algunos casos problemas de salud para los operarios y sus familias (García, 1999). Por otra parte, cada día hay una creciente demanda por parte de los consumidores de productos agrícolas sin residuos agroquímicos o con bajas trazas de ellos. Por tal razón, se hace necesario evaluar prácticas biorracionales encaminadas a disminuir las aplicaciones y a obtener cultivos limpios que generen un mayor valor agregado y mejor calidad de vida de los productores y consumidores en general. El uso de feromonas sexuales para la atracción de machos de la especie *T. solanivora* es usada con éxito en estudios de niveles de dinámica poblacional, orientando

la aplicación de productos químicos según la densidad poblacional, seleccionando valores entre 50 a 150 adultos/trampa y semana, siendo estos umbrales nominales, que tal como lo describe Clavijo (1993), se han establecido con base en la experiencia de gente que trabaja en el cultivo, sin que existan trabajos experimentales que los apoyen (Niño, 2004).

Hoy, la introducción de tácticas de control más limpias y amigables con el medio permite satisfacer al consumidor con un producto más sano, y de igual forma, reducir el número de aplicaciones y costos de producción. Dentro de dichas estrategias se encuentran las plantas con propiedades insecticidas y repelentes, que contienen compuestos promisorios como las piretrinas y azaradictinas (Ahmed y Grainge, 1986; Addor, 1995; Silva *et al.*, 2002).

El manejo de plagas con extractos vegetales es una práctica antigua, la cual ha estado enmarcada con resultados positivos, negativos y neutros en muchos casos. El desarrollo de insecticidas sintéticos de alta eficiencia hizo que tales prácticas fueran abandonadas. Sin embargo, en las últimas décadas y a causa de todos los inconvenientes ocasionados por los agroquímicos, se han retomado las estrategias de control de plagas con extractos vegetales con resultados promisorios en diferentes especies por todo el mundo (Rodríguez, 2000; Mancebo *et al.*, 2000). Entre la diversidad de plantas que existe en la naturaleza, las plantas briofitas han sido utilizadas con gran éxito como funguicidas, y aproximadamente unas 300 especies se han destacado por su poder nematocida e insecticida (Atehortúa, 1994). Una de las primeras plantas utilizadas para tal fin fue la sabadilla, que no mataba directamente a los insectos sino que se decía que los repele. Otras plantas, pero de más reciente data, son quasia (*Quaisa amara*, Simaroubaceae) y el neem o *Azadirachta indica*, Meliaceae, las cuales, aparte de mostrar excelentes resultados como controladoras de insectos, también han resultado ser fuente de compuestos para combatir enfermedades que afectan al hombre (Silva, 2002). En países como México y varios otros de América Central aún es común encontrar prácticas de control de plagas con recomendaciones de plantas que datan del tiempo de los aztecas y mayas. Un ejemplo de esto es la práctica de mezclar el maíz y frijol con ají (*Capsicum frutescens*, Solanaceae), ruda (*Ruta graveolens*, Rutaceae) o ajo (*Allium cepa*, Alliaceae). Actualmente ya se encuentran en el mercado una serie de insecticidas de origen vegetal como los formulados a base de neem, semillas de toronja y ajo, entre otros, además de copias sintéticas como los neonicotinoides donde se destaca el Imidacloprid (Silva, 2002).

En Colombia se han realizado estudios relacionados con el efecto antialimentario de extractos de neem sobre *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) bajo condiciones de laboratorio, que muestran un efecto antialimentario del 100% para extractos intracelulares y del 39% para extractos extracelulares, en suspensiones elicidadas a 35°C y oscuridad (Capataz *et al.*, 2007).

En Nariño, Mendoza y Mipaz (2005) desarrollaron una investigación que ha permitido determinar la eficiencia de diferentes extractos de plantas como eucalipto, pispura, ajo y ají, entre otros. En plagas de papa, frijol y repollo, mediante ensayos de laboratorio e invernadero, se han probado diferentes concentraciones y métodos de extracción, pero se requiere evaluar los mejores tratamientos en campo para poder corroborar su efecto y la posibilidad de acoplarse a un esquema de protección y manejo integrado de plagas.

En los últimos años, la tendencia a utilizar alternativas no convencionales y más limpias para manejar poblaciones de insectos plagas, especialmente los de cuerpo blando como larvas de lepidópteros, entre otros órdenes de insectos, se ha convertido en la base de los programas de manejo integrado de plagas donde se busca un desarrollo sostenible que conduzca a un equilibrio entre los cultivos por explotar y el medio ambiente (Hass, 1999; Mancebo *et al.*, 2000; Rodríguez, 2000). Con base en estos antecedentes se planteó la presente investigación, con el fin de evaluar el efecto insecticida de los extractos de ruda, eucalipto y la mezcla de ajo + ají sobre la polilla guatemalteca de la papa.

## Materiales y métodos

El presente estudio se desarrolló entre septiembre de 2007 y abril de 2008 en el departamento de Nariño, ubicado al sur de Colombia, entre las coordenadas geográficas 2,79° N, 2,58° S, -79,05° W y -76,72° E; en el municipio de Contadero ubicado en la zona sur a una altitud de 2.500 msnm con una temperatura promedio de 15°C, y en el municipio de Pasto ubicado a 2.600 msnm y 13°C de temperatura.

Las plantas y órganos utilizados para la elaboración de los extractos fueron eucalipto (*Eucalyptus globulus* L'Her. (Mirtacea) y ruda *Ruta graveolens* L. (Rutacea), los cuales fueron colectados en cada municipio, tomando hojas y ramas de plantas jóvenes. Una vez colectadas, las plantas se llevaron al laboratorio, donde se realizó un lavado con agua destilada y se eliminaron partes afectadas por hongos y daños causados por plagas. Luego se secaron a temperatura ambiente por espacio de 12 h, y posteriormente las plantas se llevaron a una estufa con temperatura regulada a 50°C

por 72 h con el fin de eliminar los excesos de humedad y facilitar el proceso de pulverización (Mendoza y Mipaz, 2004). Para facilitar el proceso de extracción, se procedió a realizar la pulverización del material en un molino manual. Las plantas pulverizadas se etiquetaron y se almacenaron en bolsas de papel hasta su procesamiento.

Para la preparación de los extractos se utilizó el método por decocción que consistió en tomar 60 g por planta a los que se agregaron 200 mL de agua destilada, se cocinó por 20 min a 100°C y se dejó a temperatura ambiente. Entonces, se procedió a exprimir el contenido a través de un tamiz colocando el extracto en un recipiente oscuro (Mendoza y Mipaz, 2004).

En campo, se seleccionaron dos lotes de 756 m<sup>2</sup> en los municipios de Pasto (La Empalizada) y Contadero (San Francisco) departamento de Nariño, con parcelas de 4,8 x 6,0 m (28,8 m<sup>2</sup>). Para cada tratamiento se sembró semilla certificada de la variedad capiro, que se sembró a una distancia de 1,20 m entre surcos y 0,50 m entre plantas. Se usó un diseño en bloques completos al azar; los tratamientos correspondieron a la aplicación de tres extractos, el testigo absoluto y el producto comercial, con cuatro repeticiones, y se dejaron calles de 1 m entre cada bloque y entre parcelas.

Los tratamientos utilizados correspondieron a: producto comercial alisin® (ajo+ají) 400 cm<sup>3</sup>/200 L de agua; eucalipto 3.000 cm<sup>3</sup>/200 L de agua; ruda decocción 3.000 cm<sup>3</sup>/200 L de agua; testigo absoluto y testigo comercial (pirestar® permetrina 300 cm<sup>3</sup>/200 L de agua). Los tratamientos se aplicaron en el follaje; en los primeros estados del cultivo y en la etapa de tuberización la aplicación se dirigió al suelo. La labor se hizo teniendo en cuenta la densidad de la población de la plaga. Se colocó en cada lote una trampa con feromona sexual, con el fin de establecer el umbral de la plaga (100 polillas por trampa). Las trampas se revisaron semanalmente a partir de los 15 d después de la siembra y se contó el número de polillas que correspondían a la especie *T. solanivora*.

Al momento de la cosecha se colectaron los tubérculos de las plantas de los dos surcos centrales de cada parcela y se evaluó la producción expresada en kg ha<sup>-1</sup>, midiendo en cada caso el número de tubérculos afectados por polilla y el número de tubérculos sanos, para calcular el porcentaje de daño en cada tratamiento, para luego obtener la producción neta descartando los tubérculos dañados por la plaga.

Los resultados se analizaron mediante el programa estadístico SAS® (SAS, 1999) a través de análisis de varianza

y pruebas de comparación de promedios de Tukey. Los datos en porcentaje se transformaron según la fórmula  $\sqrt{x}$  (Steel y Torrie, 1996; Legarda *et al.*, 2001). De igual forma, se efectuó un análisis económico mediante el presupuesto parcial de Perrin y un análisis de dominancia para obtener la tasa de retorno marginal de los tratamientos (Perrin, 1997).

## Resultados y discusión

### Monitoreo de la población de *Tecia solanivora*

En la Fig. 1 se observa que al inicio del cultivo las poblaciones de la polilla excedían los umbrales establecidos para el manejo químico del insecto, obteniéndose en promedio 328 polillas; por tanto, se determinó iniciar las aplicaciones correspondientes a los tratamientos con intervalos de 8 d durante el ciclo del cultivo, debido a la presencia continua de la plaga que sobrepasaba el umbral de acción.

La población inicial en los cultivos de Pasto y Contadero sobrepasó el umbral de acción (100 polillas por trampa y semana). De acuerdo con Barreto *et al.* (2002), se ha determinado una mayor captura de machos en las zonas con menor altitud, no obstante las poblaciones de polilla aumentan en forma significativa independientemente del rango de altura. En el caso de Contadero se presentó con semanas de continuas lluvias (Fig. 1).

Teniendo en cuenta los datos meteorológicos de las estaciones de Botanilla (Pasto) e Ipiales (a 15 km del municipio de Contadero) (Fig. 2), se observó que a pesar de que se presentó un incremento en la pluviosidad, no se detectó una disminución considerable de las poblaciones de la polilla, tal como lo afirman Rodríguez (2000), Barreto *et al.* (2002) y Niño (2004), ya que en los diferentes estudios

se ha observado reiteradamente que las bajas densidades de esta polilla están asociadas con altas precipitaciones. En ese sentido, Herrera (1997) recomienda hacer aplicaciones de riego, puesto que este insecto no soporta la humedad; el comportamiento encontrado en el municipio de Contadero no coincide con esta afirmación, debido a que la plaga posiblemente se ha adaptado a condiciones de alta humedad sin que se vea afectada su reproducción. En estudios realizados en Colombia se ha observado que existe un incremento de las poblaciones de este insecto que coincide con los períodos de tuberización del cultivo y con la labor de aporque, manteniéndose poblaciones mayores a 300 adultos en las semanas anteriores a la cosecha (Barreto *et al.*, 2002).

En cuanto al número de insectos capturados, cabe anotar que las poblaciones de la polilla guatemalteca en las localidades de Pasto y Contadero estuvieron por encima de 300 polillas/trampa por semana para una área de 675 m<sup>2</sup>, coincidiendo con trabajos realizados por Palacios (2002), quien recomienda un mínimo de 4 y un máximo de 16 trampas/ha para capturas iguales o superiores a 400 adultos/trampa por semana, distribuidas especialmente hacia los bordes del lote en donde al parecer se concentra la mayor población de

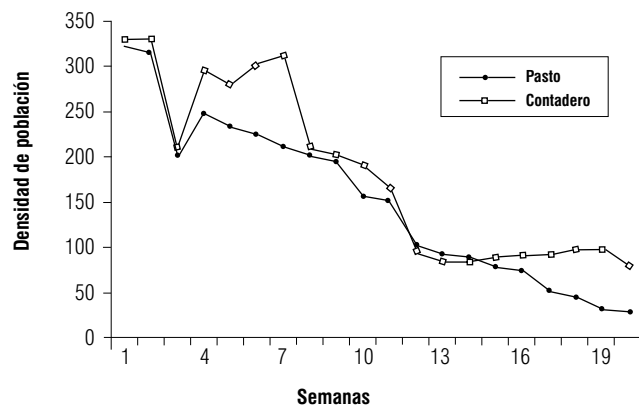


FIGURA 1. Fluctuación de la población (por trampa) de *Tecia solanivora* en cultivos de papa en Nariño, Colombia.

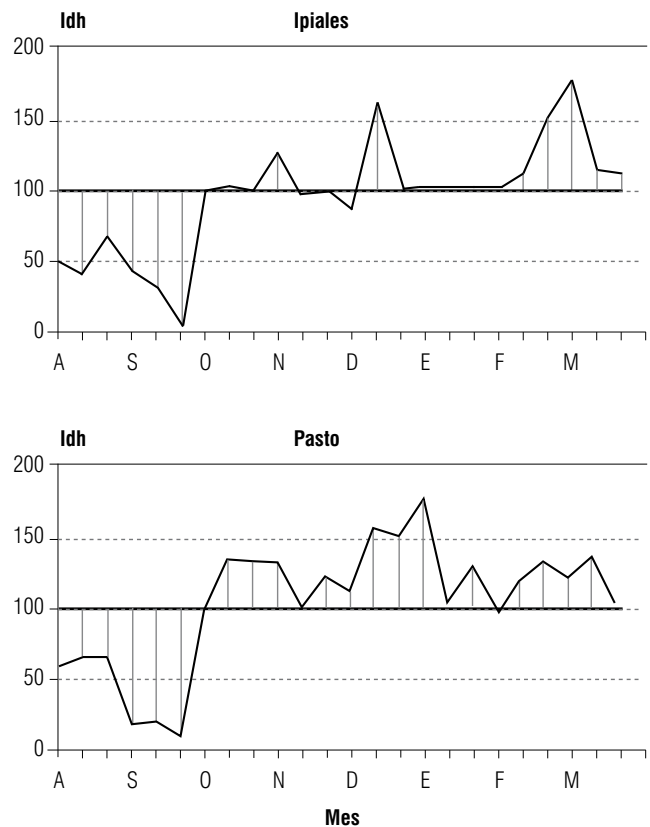


FIGURA 2. Índice de humedad (Idh) para Ipiales y Pasto (Ideam agosto de 2007 - marzo de 2008).

la plaga, que se encuentra cerca de las viviendas y parcelas de descanso, siendo estas las fuentes de infestación del insecto que conducen a las trampas con feromonas para realizar la captura de la población de polilla.

### Porcentaje de daño

Según el análisis de varianza (Tab. 1), para la localidad de Pasto se encontró que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. La prueba de comparación indica que el testigo es estadísticamente diferente ( $P \leq 0,05$ ) a los demás tratamientos evaluados, con un porcentaje de daño superior al 52% (Tab. 1), mientras que los tratamientos de eucalipto, alisin, ruda y permotrina muestran porcentajes de daño que oscilan entre 33,63 y 25,74%, sin diferencia entre ellos.

**TABLA 1.** Evaluación de porcentaje de daño y rendimiento de cultivos de papa afectados por *T. solanivora* en los municipios de Pasto y Contadero.

Tratamientos	Porcentaje de daño (%)		Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Pasto	Contadero	Pasto	Contadero
Testigo	52,03 a	51,42 a	10,709 b	8,093 b
Eucalipto	33,63 b	34,72 ab	22,968 a	24,929 a
Alisin	26,78 b	29,66 ab	19,701 ab	18,059 a
Ruda	26,71 b	27,82 b	17,753 ab	16,782 ab
Permetrina	25,74 b	27,62 b	18,444 a	19,312 a
Significancia <sup>b/cv</sup>	24,13**	28,47*	24,98*	22,94**
P>F	0,0098	0,050	0,0891	0,0058

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

\*\*, \*Significancia al nivel de  $P \leq 0,01$  y  $P \leq 0,05$ , respectivamente.

Los resultados encontrados en el análisis de varianza en la localidad de Contadero indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos (Tab. 1). La prueba de comparación de medias de Tukey mostró diferencias entre el testigo, el cual obtuvo un porcentaje de 51,42% en comparación con los tratamientos de ruda y permotrina con porcentajes de 27,82 y 27,68%.

Según el Sistema Nacional de Información de la papa de agosto de 2002, cuando se compararon diferentes productos para el control de plagas con diferentes grupos químicos, con el único producto que se obtuvo una disminución considerable en cuanto a daño fue la permotrina. A pesar de no haber diferencias estadísticas entre el tratamiento químico y el alisin, los extractos de plantas actúan de forma gradual; debido a esto, no se observó una disminución considerable de la población de la plaga, posiblemente debido a los efectos fisiológicos que puede causar en el insecto cuando el producto se adquiere a través de la alimentación. Además, se

debe considerar que cuando la planta entra en contacto con el extracto vegetal, este se absorbe, alterando su olor natural, causando en el insecto alteración y confusión cuando la alicina en el caso del ajo al entrar en contacto con la enzima allinasa produce la alicina que se convierte en thiosulfatos que atacan el sistema nervioso de los insectos.

Según Coats (1994), los compuestos naturales en general tienen un efecto protector que principalmente se debe a repelencia, disuasivo de la alimentación u oviposición y regulador de crecimiento. Además, Metcalf y Metcalf (1992), señalan el efecto confusor o disruptor, los cuales consisten en contaminar el medio con estímulos químicos de diferente naturaleza de modo que el insecto no pueda identificar el aleloquímico característico del hospedante vegetal en que se alimenta o reproduce.

Por tanto, al encontrarse valores más bajos en el experimento en el porcentaje de daño entre el 27 y 34% y poblaciones altas del insecto se debe considerar la posibilidad de incrementar la frecuencia de aplicación de los extractos o establecer otras formas de uso de la planta, como pulverizaciones, extractos acuosos y alcohólicos y durante varios ciclos productivos con el fin de establecer una recomendación de uso. Es muy probable que este efecto reducido en el tiempo se deba a las características que presentan las sustancias de origen natural como son la inestabilidad en el medio ambiente, ya que son sustancias altamente biodegradables, cuyos principios activos se metabolizan rápidamente ante la radiación solar, la humedad microclimática y el ataque microbiano, reduciendo su acción en el tiempo y haciendo necesarias aplicaciones frecuentes (Morales y García, 2000).

### Rendimiento

En la localidad de Pasto, el análisis de varianza (Tab. 1) para la variable rendimiento indica diferencias significativas entre tratamientos. Los mejores rendimientos varían entre 17.753 hasta 22.968 kg ha<sup>-1</sup>, con diferencias significativas respecto al testigo, que obtuvo 10.709 kg ha<sup>-1</sup> (Tab.1).

En forma análoga, para la localidad de Contadero el análisis de varianza presentó diferencias significativas entre tratamientos. En este caso los rendimientos variaron entre 16.782 y 24.929 kg ha<sup>-1</sup>, con diferencias significativas respecto al testigo que obtuvo un valor de 8.093 kg ha<sup>-1</sup> (Tab. 1).

Los promedios de rendimiento encontrados para las dos localidades muestran que los extractos de plantas y el producto comercial ejercen una disminución del daño de la plaga, el cual se ve reflejado en el rendimiento que para la localidad de Contadero supera tres veces a la del testigo. Sin

**TABLA 2.** Análisis de presupuesto parcial de papa (\$/ha) con diferentes controles de *T. solanivora* en la localidad de Pasto, Colombia.

Concepto	Ruda	Eucalipto	Alisin	Testigo	Permetrina
Producción (t ha <sup>-1</sup> )	17,7	22,9	19,7	10,7	18,4
Valor bruto de la producción	12.390.000	16.030.000	13.790.000	7.490.000	12.880.000
Total costos variables	306.000	306.000	547.000	-----	1.007.676
Beneficio neto parcial	12.084.000	15.724.000	13.243.000	7.490.000	11.872.324

embargo, se observó que el producto cosechado mostraba una disminución en el tamaño con tubérculos en su mayoría de categoría intermedia y no cero como era de esperarse en la variedad Capiro. Esta disminución del tamaño afecta directamente el rendimiento, debido a factores como la duración del periodo de crecimiento y el crecimiento del tubérculo por día el cual está influido por la variedad y el estrés a que se somete el tubérculo cuando no encuentra condiciones óptimas para su desarrollo.

### Análisis económico

Al realizar el análisis del presupuesto parcial para el control de *Tecia solanivora*, en la localidad de Pasto, se observó que el tratamiento con eucalipto presentó un mayor beneficio neto parcial de \$15.724.000, con menores costos variables, mientras que el testigo absoluto presentó el menor beneficio neto parcial con \$7.490.000 (Tab. 2).

**TABLA 3.** Análisis de dominancia para el control de *T. solanivora* en la localidad de Pasto.

Tratamientos	Beneficio neto parcial	Costos parciales variables
Eucalipto	15.724.000	306.000
Alisin®	13.243.000	547.000*
Ruda	12.084.000	306.000*
Permetrina	11.872.324	1.007.676*
Testigo	7.490.000	0

\*Tratamientos dominados

**TABLA 4.** Análisis de retorno marginal para el control de *T. solanivora* en la localidad de Pasto, Colombia.

Tratamientos	Beneficio neto parcial	Costos variables	Incremento con respecto a		TRM <sup>3</sup> %
			BNP <sup>1</sup>	CV <sup>2</sup>	
Eucalipto	15.724.000	306.000	8.234.000	306*000	2.690
Testigo	7.490.000	0			

<sup>1</sup>BNP, beneficio neto parcial; <sup>2</sup>CV, Costo variable; <sup>3</sup>TRM, tasa de retorno marginal.

**TABLA 5.** Análisis de presupuesto parcial de papa \$/ha con diferentes controles de *T. solanivora* en la localidad de Contadero.

Concepto	Ruda	Eucalipto	Alisin	Testigo	Permetrina
Producción (t ha <sup>-1</sup> )	16,7	24,9	18,0	8,03	19,3
Valor bruto de la producción	11.200.000	17.430.000	12.600.000	5.621.000	13.510.000
Total costos variables	306.000	306.000	547.000	-----	1.007.676
Beneficio neto parcial	10.894.000	17.124.000	12.053.000	5.621.000	12.502.324

### Análisis de dominancia en Pasto, Colombia

En el análisis de dominancia de la localidad de Pasto, se observa que el único tratamiento viable económicamente es el eucalipto, ya que presenta el mayor beneficio neto parcial y el costo parcial variable más bajo en comparación con los demás tratamientos evaluados (Tab. 3).

### Análisis de retorno marginal

El análisis de retorno marginal indica que en las aplicaciones con el tratamiento de eucalipto se invirtió \$306.000 en el manejo de la plaga y se obtuvo un incremento de beneficio neto parcial de \$8.234.000 con respecto al testigo, cuando no se hizo ningún control de la polilla (Tab. 4). Esto demuestra que el uso de extractos de plantas contribuye en la disminución de los costos de producción, sin afectar económicamente al productor, Además, se debe considerar que en la mayoría de los casos el costo ambiental que se genera al aplicar estas sustancias no se tiene en cuenta cuando se establecen los costos de producción de un cultivo.

De igual forma, para la localidad de Contadero se encontró que el mayor beneficio neto parcial lo obtuvo el tratamiento de eucalipto, con \$17.124.000, seguido del tratamiento Permetrina, alisin, ruda y el testigo (Tab. 5).

## Análisis de dominancia de Contadero, Colombia

En el análisis de dominancia, se observa que el tratamiento eucalipto resultó económicamente viable por presentar el mayor beneficio neto parcial y el menor costo en el control de la polilla guatemalteca (Tab. 6).

**TABLA 6.** Análisis de dominancia para el control de *T. solanivora* en la localidad de Contadero.

Tratamientos	Beneficio neto parcial	Costos parciales variables
Eucalipto	17.124.000	306.000
Permetrina	12.502.324	1.007.676*
Alisin	12.053.000	547.000*
Ruda	10.984.000	306.000*
Testigo	5.621.000	0

\*Tratamientos dominados.

## Análisis de retorno marginal

Por medio del análisis del retorno marginal se puede observar que cuando se realizaron aplicaciones de eucalipto para el control de la plaga, se invirtieron \$306.000; los ingresos se incrementan a \$11.593.000, comparando con el tratamiento testigo (Tab. 7), demostrando que la aplicación de extractos de eucalipto puede ser una alternativa económicamente viable y ambientalmente segura en el manejo de la polilla guatemalteca de la papa.

## Conclusiones

Las altas poblaciones del insecto halladas en las dos localidades reflejan un manejo inadecuado, especialmente de residuos de cosecha y condiciones de almacenamiento de los tubérculos cosechados.

Los altos porcentajes de daño encontrados en los tratamientos afectan directamente la calidad del tubérculo y con ello el rendimiento del cultivo.

Los extractos de plantas mostraron control de la plaga en comparación con el testigo, siendo eucalipto el más eficiente. Sin embargo, es conveniente utilizar metodologías que determinen la eficiencia biológica del eucalipto en la mortalidad de la plaga.

**TABLA 7.** Análisis de retorno marginal para el control de *T. solanivora* en la localidad de Contadero, Colombia.

Tratamientos	Beneficio neto parcial	Costos variables	Incremento con respecto a		TRM %
			BNP	CV	
Eucalipto	17.124.000	306.000	11.593.000	306.000	3.788
Testigo	5.621.000	0			

BNP, beneficio neto parcial; CV, Costo variable; TRM, tasa de retorno marginal.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad de Nariño, VIPRI, la financiación de este proyecto y a los agricultores de Contadero y Pasto por su valiosa colaboración.

## Literatura citada

- Addor, R. 1995. Insecticides agrochemical from natural products. Marcel Dekker, New York, NY.
- Ahmed, S. y M. Grainge. 1986. Potential of the neem tree (*Azadirachtha indica* A. Juss) for pest control and rural development. Econ. Bot. 40(2), 201-209.
- Araque, C. y J. García. 1999. Manual integrado de la polilla guatemalteca de la papa. Corpoica, Bogotá.
- Atehortúa, G., L. 1994. Retrospectiva de los plaguicidas de origen vegetal. pp. 186-225. En: Ponencias, XXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, Socolen. 27-29 de julio. Medellín, Colombia.
- Barreto, N., E. Espitia, R. Galindo, E. Gordo, J. Sánchez y A. López-Ávila. 2002. Fluctuación de la población de *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) en tres intervalos de altitud en Cundinamarca y Boyacá, Colombia. p. 120. En: Memorias II Taller Internacional de Polilla Guatemalteca *Tecia solanivora*, Avances en investigación y manejo integrado de la plaga. 4-5 de junio. Quito.
- Brasttsten, L.B. 1990. Resistance mechanisms to carbamatos and organophosphate insecticide. pp. 24-60. En: Green, M.B., H.M. LeBaron y W.K. Moberg (eds.). Managing resistance to agrochemicals: from fundamental research to practical strategies, American Chemical Society, Washington.
- Capataz, J., F. Sánchez, R. Vergara y R. Hoyos. 2007. Efecto antialimentario de suspensiones celulares de *Azadirachta indica* sobre *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith en condiciones de laboratorio. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín. 60(1), 3703-3715.
- CATIE, 1990. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de repollo. Programa de mejoramiento de cultivos tropicales. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Clavijo, S. 1993. Fundamentos de manejo de plagas. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Coats, J. 1994. Risks from natural versus synthetic insecticidas. Annu. Rev. Entomol. 39, 485-515.
- Fedepapa. 2004. Guía ambiental para el cultivo de la papa. Fedepapa; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá.

- García, J. 1999. El mito del manejo seguro de los plaguicidas en los países en desarrollo. *Manejo Integrado de Plagas* 52, 25-41.
- Hass, R. 1999. Recursos botánicos con potencial biocida: conceptos básicos y métodos de análisis. Red de Acción en Alternativas al uso de Agroquímicos (RAAA), Lima.
- Herrera, F. 1997. La polilla guatemalteca de la papa: biología, comportamiento y prácticas de manejo integrado. Corpoica, Mosquera, Colombia.
- Hilje, L. 1994. Caracterización del daño de las polillas de la papa, *Tecia solanivora* y *Thorimea operculella* (Lepidoptera Gelechiidae) en Cartago, Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas* 31, 43-46.
- Integrated Taxonomic Information System. 2000. Catalogue of life: dynamic checklist. En: ITIS, Species 2000, [http://www.catalogueoflife.org/dynamic-checklist/info\\_about\\_col.php](http://www.catalogueoflife.org/dynamic-checklist/info_about_col.php); consulta: mayo de 2009.
- Legarda, L., T. Lagos y L. Vicuña. 2001. Diseño de experimentos agropecuarios. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
- Mancebo, F., L. Hilje, G. Mora y R. Salazar. 2000. Efecto de extractos vegetales sobre larvas de *Hypsipyla grandella*. *Manejo Integrado de Plagas* 55, 12-23.
- Mendoza, L. y L. Mipaz. 2004. Evaluación de plantas para el control de plagas de papa (*Solanum tuberosum*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y repollo (*Brassica oleracea*) en la zona Andina del departamento de Nariño. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
- Metcalf, L. y R. Metcalf. 1992. Plant kairomones in insect ecology and control. Chapman y Hall, New York, NY.
- Morales, S. y C. García. 2000. Metodología para la evaluación del potencial insecticida de especies forestales. *Rev. Fac. Nac. Agr. Medellín* 53, 787-800.
- Niño, L. 2004. Revisión sobre la polilla de la papa *Tecia solanivora* en Centro y Suramérica. Suplemento Revista Latinoamericana de la Papa. pp. 4-22.
- Palacios, M. 2002. Uso de la feromona sexual en el manejo de *Tecia solanivora*. pp. 61-67. En: Memorias I Taller Internacional Sobre Prevención y Control de Polilla Guatemalteca de la Papa. Servicio Nacional de Sanidad Agraria, Centro Internacional de la Papa, CIP. 11-14 de septiembre. Lima.
- Perrin, R. 1997. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), México.
- Rodríguez, H. 2000. Plantas contra plagas: potencial práctico de ajo, anona, nim, chile y tabaco. Red de Acción Sobre Plaguicidas y Alternativas en México (Rapam). Texoco, México.
- SAS institute. 1999. Introductory guide for personal computers. Versión 8. Cary, NC.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Nariño. 2006 Anuario estadístico agrícola, acuícola y pesquero. Gobernación de Nariño, Pasto, Colombia.
- Silva, A. 2002. Insecticidas vegetales. En: Radcliffe, E.B. y W.D. Hutchison. (eds.). Radcliffe: texto mundial de MIP. Universidad de Minnesota, <http://ipmworld.umn.edu>; consulta: julio de 2009.
- Silva, A., A. Lagunas, C. Rodríguez y D. Rodríguez. 2002. Insecticidas vegetales: una vieja y nueva alternativa para el manejo de plagas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 66, 4-12.
- Steel, R. y J. Torrie. 1996. Bioestadística: principios y procedimientos. 2a ed. McGraw Hill, México D.F.