

**RESISTENCIA DE LA POLILLA DE LA PAPA *Tecia solanivora* Povolny
(LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) A LA APLICACIÓN DE INSECTICIDAS EN
POBLACIONES PROVENIENTES DE LOS MUNICIPIOS DE ILES, PASTO
(NARIÑO) Y SIACHOQUE (BOYACÁ)**

**LISBETD BOTINA JOJOA
EDWIN BENAVIDES LINARES**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO**

2015

**RESISTENCIA DE LA POLILLA DE LA PAPA *Tecia solanivora* Povolny
(LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) A LA APLICACIÓN DE INSECTICIDAS EN
POBLACIONES PROVENIENTES DE LOS MUNICIPIOS DE ILES, PASTO
(NARIÑO) Y SIACHOQUE (BOYACÁ)**

LISBETD BOTINA JOJOA

EDWIN BENAVIDES LINARES

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero
Agrónomo**

Asesor:

Mg. Carlos Andrés Benavides

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO**

2015

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado son responsabilidad exclusiva de sus autores”

Artículo 1° del acuerdo N° 324 de octubre 11 de 1966, emanada del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma presidente del jurado

Firma Jurado

Firma Jurado

San Juan de Pasto, Mayo de 2015

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	9
METODOLOGÍA.....	11
Localización	11
Poblaciones de <i>T. solanivora</i>	11
Determinación de la toxicidad de los insecticidas	13
Insecticidas a evaluar	13
Variables evaluadas.....	15
Razón de resistencia.....	15
Análisis estadístico.....	16
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	16
CONCLUSIONES.....	22
AGRADECIMIENTOS.....	22
BIBLIOGRAFÍA	22

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características geográficas y climáticas de la procedencia de las poblaciones de <i>T. solanivora</i> , colectadas en tres localidades.....	12
Tabla 2. Insecticidas evaluados para monitorear la resistencia adquirida en <i>Tecia solanivora</i> en los municipios de Iles, Pasto y Siachoque.....	14
Tabla 3. Concentraciones de tres insecticidas comerciales en tres localidades Iles, Pasto y Siachoque para la realización de bioensayos.....	14
Tabla 4. Respuesta de concentración – mortalidad a clorpirifos para las poblaciones de <i>T. Solanivora</i> en tres localidades, medida en términos de concentración letal CL ₅₀	17
Tabla 5. Respuesta de concentración – mortalidad a permetrina para las poblaciones de <i>T. Solanivora</i> en tres localidades, medida en términos de concentración letal CL ₅₀	17
Tabla 6. Respuesta de concentración – mortalidad a Carbofuran para las poblaciones de <i>T. Solanivora</i> en tres localidades, medida en términos de concentración letal CL ₅₀	17
Tabla 7. Razón de resistencia de <i>T. solanivora</i> a la aplicación de clorpirifos en tres localidades.....	18
Tabla 8. Razón de resistencia de <i>T. solanivora</i> a la aplicación de permetrina en tres localidades.....	18
Tabla 9. Razón de resistencia de <i>T. solanivora</i> a la aplicación de Carbofuran en tres localidades.....	19

Resistencia de la polilla de la papa *Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae) a la aplicación de insecticidas en poblaciones provenientes de los municipios de Iles, Pasto (Nariño) y Siachoque (Boyacá)¹

Resistance of potato moth *Tecia solanivora* Fovolny (Lepidoptera: Gelechiidae) the application of insecticides in populations from the municipalities of Iles, Pasto (Nariño) and Siachoque (Boyacá)

Lisbetd Botina Jojoa²

Edwin Benavides Linares³

Tito Bacca Ibarra⁴

RESUMEN

En Colombia la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* Povolny es considerada como uno de los principales insectos que ataca el cultivo de papa *Solanum tuberosum*, L., causando daños a tubérculos. El uso de insecticidas químicos sigue siendo el principal agente de control de esta plaga; Sin embargo, la preocupación por la resistencia de este insecto se ha incrementado con estas prácticas de gestión. Dentro de este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar la presencia de resistencia en poblaciones de *T. solanivora* a insecticidas comúnmente utilizados para controlar esta plaga. Para ello, los insectos adultos de tres localidades fueron expuestos a tubérculos impregnados con clorpirifos, permetrina y carbofuran con el fin de estimar las concentraciones letales (CL₅₀) y coeficientes de resistencia. Las CL₅₀ estimadas para clorpirifos fue de: 5,34; 7,34 y 8,12 ppm para las poblaciones de insectos recolectados en Iles, Siachoque y Pasto, respectivamente. La CL₅₀ para permetrina fue de 16,19; 17,93 y 26,30 ppm para los insectos de Iles, Pasto y Siachoque, respectivamente y finalmente para Carbofuran fue 26,30; 169,41 y 242,17 ppm para los insectos de Siachoque, Iles y Pasto. La razón de

¹ Documento de investigación presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

² Estudiante de Ingeniería Agronómica. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, Colombia. E-mail; lisbetdlorena@hotmail.com. 2015.

³ Estudiante de Ingeniería Agronómica. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, Colombia. E-mail; edwindanilobl@gmail.com. 2015.

⁴ PhD. Tito Bacca I. Profesor titular, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agronómica. E-mail: titobacca@gmail.com. 2015.

resistencia para clorpirifos fue: 1x, 1,37x y 1,52x, para las poblaciones de insectos recolectados en Iles, Siachoque y Pasto. Para permetrina con valores 1x, 1,10x y 1,62 x y Carbofuran con 1x, 1,42x y 1,62 x, para las poblaciones de insectos recolectados en Iles, Pasto y Siachoque. Se puede concluir que las poblaciones de *T. solanivora* evaluadas son bastante similares en cuanto a su grado de resistencia a los insecticidas utilizados.

PALABRAS CLAVES: Razón de resistencia, mortalidad, ingrediente activo, concentración letal, plaga.

ABSTRACT

In Colombia the Guatemalan potato moth *Tecia solanivora* is considered as a key pest of the tubers of potato *Solanum tuberosum*, L. crops. The use of chemical insecticides is still the main agent of this pest control; however, the concern with resistance of this insect has increased with such management practice. In this context, the aim of this study was to evaluate the presence of resistance in populations of *T. solanivora* to insecticides commonly used to control this insect pest. To do this, adult insects from three localities were exposed to tubers impregnated with chlorpyrifos, permethrin and carbofuran in order to estimate the median lethal concentrations (LC₅₀'s) and resistance ratios. The LC₅₀ estimated for chlorpyrifos was 5,34 , 7,34 and 8,12 ppm for insect populations collected in Iles, Siachoque and Pasto, respectively. Estimated LC₅₀ for permethrin was 16,19 , 17,93 and 26,30 ppm for insects from Iles, Pasto and Siachoque, respectively. Finally, LC₅₀ for carbofuran was 26,30 , 169,41 and 242,17 ppm for insects from Siachoque, Iles and Pasto. The resistance ratio (RR) for chlorpyrifos was 1, 1.52 and 1,37 x for insects from Iles, Pasto and Siachoque, respectively. For permethrin, the RR was 1, 1,62 , 1,10 x for insects from Iles, Pasto and Siachoque, respectively. For Carbofuran, the RR value was 1, 1,42 and 1,62x for insects from Iles, Pasto and Siachoque, respectively. It can conclude that populations of *T. solanivora* are quite similar in their degree of resistance to insecticides evaluated.

KEY WORDS: Resistance ratio, mortality, active ingredient, lethal concentration plague.

INTRODUCCIÓN

La papa es uno de los cuatro alimentos más importantes del mundo junto al maíz, el trigo y el arroz, por lo que se constituye en el principal alimento de origen no cereal para la humanidad (Fedepapa, 2010). La FAO (2015), reporta una producción mundial de 339.581.231 toneladas para el año 2013. En Colombia para el año 2014, se reportó una producción total de 2.490.000 toneladas y un rendimiento promedio de 20,4 t/ha, del tubérculo. Sobresaliendo los departamentos de Cundinamarca con 958.200 toneladas, Boyacá con 672.000 toneladas y Nariño con 484.400 toneladas (Fedepapa, 2015)

Dentro de los insectos plaga que afectan éste cultivo, se destaca *Tecia solanivora* Povolny, 1973 (Lepidóptera: Gelechiidae) por su amplia distribución (Niño, 2004). Según el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 2013), su ataque causa grandes pérdidas económicas, que no solo se atribuyen al deterioro de la apariencia del tubérculo, que reduce su valor comercial y los ingresos de los cultivadores, sino al hecho de que los tubérculos severamente afectados no pueden ser utilizados para semilla, ni para consumo humano o animal.

Esta plaga, pertenece al complejo de polillas que atacan los tubérculos de la papa. Es originaria de Centroamérica. Se reporto en Colombia por primera vez en 1985, causando infestaciones en este cultivo superiores al 90%, con pérdidas del 25% en producción y hasta el 100% en almacenamiento (Niño, 2004).

Esta polilla tiene una estrecha relación con la papa, este tubérculo se considera como el único sustrato alimenticio para las larvas de esta especie (Trillos y Arias, 1998). Sus estados larvales se desarrollan dentro de los tubérculos de papa, lo que les confiere una protección física, hecho que dificulta su manejo (Arévalo, 2003).

Una de las principales herramientas para el manejo de esta plaga es el control químico, siendo en algunos casos la única forma de control con 12 a 24 aplicaciones por período de cultivo (Espinal *et al.*, 2005). Ante el ICA están registrados ingredientes activos como: clorpirifos, permetrina y profenofos como método de control de *T. solanivora* (Arévalo y

Castro, 2003), sin embargo, los agricultores también utilizan otro tipo de insecticidas no registrados en el ICA, como los carbamatos (carbofuran).

Los insecticidas químicos pueden disminuir los daños producidos por una plaga y por lo tanto aumentar los rendimientos, sin embargo, su uso reiterado puede seleccionar progresivamente insectos resistentes a ciertos ingredientes activos (Lietti *et al.*, 2005). La aparición de resistencia en insectos plaga, ha llegado a ser uno de los factores más serios que limitan el uso del control químico (Sosa, 1992).

La aplicación de un insecticida es, sin duda alguna, un evento catastrófico para la población de insectos. Las aspersiones calendarizadas a intervalos frecuentes tienen un efecto profundo en la composición genética de la población: la frecuencia de individuos resistentes se incrementa de manera progresiva y el insecticida eventualmente pierde su efectividad biológica (Georghiou y Taylor, 1986).

El Comité de Acción para la Resistencia a los Insecticidas (IRAC) 2014, define la resistencia como “un cambio heredable en la sensibilidad de una población de una plaga que se refleja en repetidos fallos de un producto para alcanzar los niveles de control esperados al ser usado de acuerdo con las recomendaciones de la etiqueta para esa plaga”. A una situación de resistencia puede llegarse por el ‘uso abusivo’ o ‘mal uso’ de un insecticida o acaricida en el control de una plaga, que resulta en la selección de formas resistentes y la consiguiente evolución de las poblaciones que se convierten en resistentes a ese insecticida o acaricida.

La resistencia que pueden generar los organismos produce importantes consecuencias a nivel de agricultor: pérdidas en la producción, aumento de la dosis aplicada del producto y su frecuencia de aplicación, mayor costo, contaminación ambiental y exposición de trabajadores a residuos de insecticidas (Vargas, 1996).

El manejo de la resistencia tiene como finalidad retardar o revertir la evolución de la resistencia en plagas (Omer *et al.*, 1993). El éxito de cualquier programa de manejo de la resistencia está relacionado a medios rápidos y eficientes para detectar y monitorear la resistencia de plagas en el campo (Bush *et al.*, 1993).

Por lo anterior, surgió la necesidad de fortalecer los estudios sobre la posible presencia de resistencia en poblaciones de *T. solanivora*, debido que los agricultores del departamento de Nariño y Boyacá mencionan fallas en el control por parte de la aplicación de insecticidas utilizados para esta plaga. Al respecto en Colombia, la investigación todavía es incipiente en esta área, a pesar que esta plaga es considerada de gran importancia económica en el cultivo de papa. El objetivo de este trabajo fue evaluar la resistencia de poblaciones de *T. solanivora* provenientes del departamento de Nariño (Iles y Pasto) y departamento de Boyaca (Siachoque), a los insecticidas clorpirifos, permetrina y Carbofuran.

METODOLOGÍA

Localización

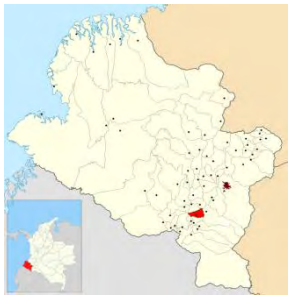


El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Entomología de la Universidad de Nariño, localizado en el Municipio de Pasto, Departamento de Nariño. Colombia. Situado a una altura de 2.486msnm y a una temperatura que oscila entre 13 a 18 °C.

Poblaciones de *T. solanivora*

Las muestras exploradas de las poblaciones de *T. solanivora* fueron colectadas en el departamento de Nariño (Iles y Pasto) y una población del municipio de Sichoque del departamento de Boyacá, fue facilitada por Nancy Barreto, Investigadora del Grupo Manejo Fitosanitario de Corpoica, Tibaitatá (Tabla 1).

Una vez recolectado el material, se realizó la cría de *T. solanivora*, tomando 50 kg de papa infestadas con la plaga de las fincas, donde posiblemente se presentaba resistencia, los tubérculos se depositaron en canastillas plásticas y se confinaron en jaulas entomológicas de 1,20 x 80 x 60 cm para cada lugar de muestreo por separado, estas se mantuvieron en una casa de malla hasta obtener pupas. Estas pupas fueron sexadas utilizando las características descritas por Rincón y López (2004).

Tabla 1. Características geográficas y climáticas de la procedencia de las poblaciones de *T. solanivora*, colectadas en tres localidades.

Departamento	Nariño		Boyacá
Localidad	Iles	Pasto	Siachoque
Ubicación geográfica			
Coordenadas	0° 58' 14" N 77° 31' 15" W	1° 8' 54" N 77° 18' 41,5" W	5° 28' 50" N 73° 15' 39" W
Altitud	2985 msnm	2800 msnm	2942 msnm
Temperatura media	12°C	12°C	13,18°C
Piso térmico	Frio	Frio	Frio
Precipitación media	1.100 mm(anual)	703 mm (anual)	786 mm (anual)
Humedad relativa	81.96%	80%	85%

Posteriormente las pupas se colocaron, en parejas de 20 individuos, en recipientes plásticos de 16 onzas, con un diámetro de 11.5 cm, con una altura de 6 cm, los cuales contenían dos orificios cuadrados de 3cm x 2.5 cm cubiertos con tela Muselina blanca, para la entrada libre de Oxígeno, también se dispuso discos de papel de craft en el fondo del recipiente y en la tapa se pegaron tres tiras de papel crepe color negro que llegaban hasta el fondo del vaso, para facilitando la ovoposición. Como sustrato se colocó una copa de plástico con agua y miel al 10% para su alimentación. Después de la eclosión de los adultos y se presentó posturas de ovoposición, se cortaron porciones de papel crepe donde estaban ubicadas las colonias de huevos y se llevaron a nuevos recipientes que contenían tubérculos totalmente sanos, a los cuales, previamente se les realizó unas perforaciones con ayuda de un alfiler (esterilizado con flameos frecuentes) para facilitar la entrada de las larvas neonatas. De esta manera se continuó con la cría masiva hasta obtener el material suficiente para la instalación del experimento.

Determinación de la toxicidad de los insecticidas

La toxicidad de los insecticidas se evaluó en adultos de la plaga, utilizando la metodología descrita por Elghar *et al*, (2005), utilizada para adultos *Spodoptera littoralis*. Con algunas modificaciones.

En un balón aforado se preparó la solución madre con cada ingrediente activo: Clorpirifos, Carbofuran y Permetrina (tabla 2), a partir de la solución madre se prepararon las concentraciones deseadas, aparte se dispuso ocho recipientes plásticos de 16 onzas, posteriormente se distribuyeron 500 ml de la solución en cada uno de los recipientes de cada concentración, se rotularon con la información correspondiente. En cada solución se introdujo diez tubérculos sanos por cinco segundos y luego fueron depositados cada uno de los tubérculo en nuevos recipientes de plástico de menor tamaño que contenía una copa con algodón con una solución de miel de abeja al 10%, diez recipientes por cada concentración, luego se dejaron secaron a temperatura ambiente durante 24 horas, transcurrido este tiempo se realizaron pases de diez adultos de *T. solanivora* entre dos y cinco días de edad a los recipientes acondicionados para la realización del ensayo, con la ayuda de una cámara diseñada para la manipulación de adultos de esta especie. Para la solución testigo solo se agregó agua destilada y 10 gotas de Twen al 20% y se repitió el anterior procedimiento.

Los recipientes con los insectos fueron almacenados en el laboratorio de entomología. Para evaluar la mortalidad, se determinó después de 48 horas de haber expuesto los insectos al insecticida. Como criterio de conteo de la mortalidad de las polillas, se tuvo en cuenta la presencia de movimiento, se manipularon a los adultos con ayuda de un pincel, los que no presentaron movimiento fueron considerados muertos.

Insecticidas a evaluar

Los insecticidas evaluados pertenecen a diferentes insecticidas de diferentes grupos químicos utilizados en Nariño y Boyacá para el control de *T. solanivora* (Tabla 2).

Tabla 2. Insecticidas evaluados para monitorear la resistencia adquirida en *Tecia solanivora* en los municipios de Iles, Pasto y Siachoque.

Ingrediente activo	Producto comercial	Grupo químico	Formulación	g de i.a ¹	Fabricante	Dosis comercial
Clorpirifos	Lorsban 4EC®	Organofosforado	Concentrado emulsionable	480/L	Dow Agrosciences Industrial Ltda.	0,8 – 1,2 lts/ha
Permetrina	Pirestar 38EC®	Piretroide	Concentrado emulsionable	384/L	Du Pont de Colombia S. A.	750 cc/ha
Carbofuran	Furadan .3SC®	Carbamato	Suspensión concentrada	330/L	FMC Latinoamérica S.A.	3 – 4 lts/ha

¹Cantidad de ingrediente activo g/L de producto comercial.

Los insecticidas se escogieron con base en los insecticidas comúnmente utilizados por los agricultores en Nariño y Boyacá, es importante destacar que Clorpirifos y Permetrina tienen registro ICA para el control de *T. solanivora*.

Niveles de resistencia a insecticidas

Las dosis de los insecticidas (Tabla 3) se seleccionaron mediante la realización de ensayos preliminares que determinaron la ventana de respuesta biológica del insecto, usando en la fase inicial siete concentraciones, que causaron mortalidades entre 2 y 99%.

Tabla 3. Concentraciones de tres insecticidas comerciales en tres localidades Iles, Pasto y Siachoque para la realización de bioensayos.

Concentraciones/ ppm								
Iles			Pasto			Siachoque		
Clorpirifos	Permetrina	Carbofuran	Clorpirifos	Permetrina	Carbofuran	Clorpirifos	Permetrina	Carbofuran
10.000	10.000	15.000	10.000	10.000	15.000	5.000	10.000	2.000
1.000	1.000	10.000	1.000	1.000	10.000	1.000	5.000	1.000
100	500	5.000	500	500	5.000	500	1.000	500
10	100	1.000	100	100	1.000	100	100	250

1	50	100	50	50	100	10	10	100
0,1	10	10	10	10	10	1	1	50
0,01	1	1	1	1	1	0,1	0,1	10
Testigo: Agua destilada + Sol. Tween 20%								

Variables evaluadas

Mortalidad

La mortalidad se estableció mediante la fórmula:

$$\%Mortalidad = \frac{(\text{Polillas vivas} - \text{polillas muertas})}{\text{Número total de polillas}} \times 100$$

El porcentaje de mortalidad obtenido para los adultos no fue corregida con la fórmula de Abbott (1925), debido que no se presentaron mortalidades mayores al 10%.

Razón de resistencia

Para calcular la razón de resistencia (RR) se utilizó la metodología propuesta por Robertson *et al*, (1992), donde se dividió los valores de la concentración letal CL₅₀ para cada insecticida sobre la menor concentración CL₅₀ de las poblaciones que presenta mayor susceptibilidad. Los intervalos de confianza al 95% se consideraron la significantes, excepto el valor de 1.

La razón de resistencia con valores de 1,0 x; indican que la muestra de la población de campo es la que mayor susceptibilidad presenta al insecticida expuesto. Mazarri y Georghiou (1995), han propuesto los siguientes criterios, donde RR<5x: indica que la muestra es susceptible, 5x > RR < 10x: indica que la muestra presenta una resistencia incipiente o moderada y RR > 10x: indica resistencia elevada. Este concepto se ha aplicado ampliamente para el entendimiento de la resistencia en los insecticidas químicos.

Análisis estadístico

Los datos de mortalidad se analizaron mediante un análisis Probit ($p < 0,05$), que permitió determinar las curvas de concentración/mortalidad y CL_{50} para cada insecticida y población (Finney, 1971).

Estas curvas se expresaron por la ecuación de regresión lineal: $Y = a + b X$, donde: Y = mortalidad en Probit; a = intercepto de la curva; b = coeficiente angular (pendiente) de la curva y X = logaritmo decimal de la concentración del insecticida (ppm de ingrediente activo). Estas curvas de dosis respuesta, fueron ajustadas a este modelo y para esto, se utilizó la prueba de chi cuadrado con una probabilidad del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Mortalidad: En los resultados obtenidos después de la exposición de las poblaciones de *T. solanivora* al insecticida organofosforado, clorpirifos (Tabla 4) en la población de la localidad de Iles se puede apreciar que para obtener el 50% de mortalidad (CL_{50}), se utilizó 5,34 ppm. En tanto que, para la población de Siachoque, se necesitó una concentración de 7,342 ppm y para la población de Pasto fue de 12,425 ppm. Lo encontrado anteriormente evidencia que para la localidad de Iles se necesitó una menor concentración de insecticida y para la población de Pasto una mayor concentración.

En la Tabla 5 se puede apreciar que CL_{50} de permetrina (piretroide) es de 16,19 ppm para lo localidad de Iles, Nariño, mientras que en Siachoque, Boyacá se necesitaron 26,30 ppm. Lo anterior indica que la población de la localidad de Siachoque necesitó 9,4 ppm más que la localidad de Iles, que presento la menor concentración para obtener una mortalidad del 50%.

En la Tabla 6 se puede observar que para el insecticida carbofuran, en la localidad de Pasto la CL_{50} presentaron valores de 242,17 ppm, en la localidad de Iles de 169,41 ppm y finalmente para la localidad de Siachoque se utilizó 245,02 ppm.

Para lograr que el 50% de mortalidad en la población la de Siachoque necesito de 75,61 ppm más en comparación con la población de Iles que presento susceptibilidad a este insecticida. Al contrario que en los anteriores ensayos. También se puede observar que se necesita de una mayor concentración de este insecticida para obtener el 50% de mortalidad

Tabla 4. Respuesta de concentración – mortalidad a clorpirifos para las poblaciones de *T. Solanivora* en tres localidades, medida en términos de concentración letal CL₅₀.

Localidad	No Insectos	Pendiente (±EE)	CL ₅₀ (LC 95%) ppm	X ² calculado	Probabilidad
Iles	300	2,0433 (±0,3213)	5,34 (3,33:8,25)	4,27	1.000
Siachoque	420	0,9386 (±0,0744)	7,342 (4,658:11,2627)	6,40	0.2684
Pasto	600	2,2080 (±0,2335)	12,425 (8,120 :17,215)	6,00	0.8692

Tabla 5. Respuesta de concentración – mortalidad a permetrina para las poblaciones de *T. Solanivora* en tres localidades, medida en términos de concentración letal CL₅₀.

Localidad	No Insectos	Pendiente (±EE)	CL ₅₀ (LC 95%) ppm	X ² calculado	Probabilidad
Iles	500	1,5651 (±0,1254)	16,19 (12,357:21,150)	3,9781	0.2638
Pasto	700	1,4898 (±0,1066)	17,93 (14,039:22,476)	3,0623	0,6904
Siachoque	400	0,9685 (±0,0871)	26,30 (18,141:38,770)	4,3600	0,1130

Tabla 6. Respuesta de concentración – mortalidad a Carbofuran para las poblaciones de *T. Solanivora* en tres localidades, medida en términos de concentración letal CL₅₀.

Localidad	No Insectos	Pendiente (±EE)	CL ₅₀ (LC 95%) ppm	X ² calculado	P
Iles	350	1.5595 (±0.2490)	169.41 (23.51:543,17)	10,6880	0,0048
Pasto	400	2,0059 (±0,2707)	242,17 (175,762:374,775)	2,5989	0.2727
Siachoque	400	4.0160 (±0.3238)	245,02 (211,298:281,870)	3,9252	0.2071

Razón de resistencia (RR).

La población con menor CL₅₀, correspondió a Iles, la cual se tuvo como referencia para obtener los valores de razón de resistencia.

Tabla 7. Razón de resistencia de *T. solanivora* a la aplicación de clorpirifos en tres localidades.

Localidades	CL ₅₀	Límite inferior	Límite superior	RR CL ₅₀
Iles	5,34	0,7225	1,3840	1 a
Siachoque	7,342	0,7744	2,4359	1,37 a
Pasto	12,425	1,1669	1,981	2,32 a

Letras iguales en la columna no difieren significativamente.

RR de CL₅₀ de clorpirifos para la población de Siachoque fue de 1,37x y Pasto con 1,52x. Esto muestra que Siachoque utiliza 0.37x más que Iles, mientras que Pasto utiliza 0,52x más de la dosis de concentración empleada en Iles (Tabla 7).

Tabla 8. Razón de resistencia de *T. solanivora* a la aplicación de permetrina en tres localidades.

Localidades	CL ₅₀	Límite inferior	Límite superior	RR CL ₅₀
Iles	16,19	0,7108	1,4068	1 a
Pasto	17,93	0,8080	1,5184	1,10 a
Siachoque	26,3	0,7291	3,6192	1,62 a

Letras iguales en la columna no difieren significativamente.

En relación a la RR de CL₅₀ de permetrina (Tabla 8) indica que la población de la localidad de Pasto presenta un valor de 1.10x y finalmente Siachoque con 1.62x. La localidad de Siachoque aplica 0,62x más concentración en comparación a la población de referencia.

En la Tabla 9, la razón de resistencia de CL₅₀ de carbofuran, se aprecia que la población de Pasto y Siachoque presenta valores de RR = 1,42x y 1,44x respectivamente.

Tabla 9. Razón de resistencia de *T. solanivora* a la aplicación de Carbofuran en tres localidades.

Localidades	CL ₅₀	Límite inferior	Límite superior	RR CL ₅₀
Iles	169,41	0,4116	2,4295	1 a
Pasto	242,17	0,8641	2,3647	1,42 a
Siachoque	245,02	1,2523	1,6704	1,44 a

Letras iguales en la columna no difieren significativamente.

El análisis de los resultados obtenidos para la razón de resistencia de los insecticidas evaluados, no presentan diferencia significativa entre sí, siendo observada la sobre posición de sus intervalos de confianza. La razón de resistencia de las tres poblaciones fue en todos los casos cercanos al valor de 1,0x; que de acuerdo a la interpretación propuesta por Mazarri y Georghiou (1995), se puede concluir que son susceptibles.

Estos valores bajos de resistencia de las localidades, puede que no exprese la situación real de susceptibilidad de las poblaciones de *T. Solanivora* a estos insecticidas, debido a que una de las principales limitantes del presente estudio fue la ausencia de ensayos con una población susceptible o con menor presión de insecticida. De modo que la alta susceptibilidad observada puede ser atribuida a ineficiencia de la metodología utilizada en discriminar los individuos resistentes dentro de las poblaciones, posiblemente debido a la naturaleza recesiva de patrón de herencia de la resistencia de plagas (Deacutis *et al.*, 2007). También los resultados sugieren la necesidad de involucrar otras poblaciones donde haya menor presión de insecticida o una población susceptible de *T. solanivora* para comparar localidades donde se presume que haya resistencia informada por los agricultores.

Es importante considerar que la continua exposición de *T. solanivora* a los mismos ingredientes activos puede llegar a generar resistencia por parte de los insectos a estas moléculas, como por ejemplo la mosca blanca *Bemisia tabaci*, insecto capaz de afectar gran diversidad de especies vegetales de interés económico, el cual desarrolló resistencia a insecticidas a base de organofosforados y piretroides mediante la expresión de genes de resistencia relacionados con el canal de sodio de las neuronas del insecto (Boykin *et al.*, 2007).

Silva *et al*, (2009) realizó estudios de susceptibilidad en *Bemisia tabaci*, en dos Poblaciones que presentaban fallas de control, encontraron altos niveles de susceptibilidad, sin embargo, señalan que los bioensayos se realizaron dos a cinco meses después de la fecha de la captura del insecto. Por lo tanto, hay una posibilidad de reducir la ocurrencia de razón de resistencia durante este período, por lo tanto, segundo Ranasighe y Georghiou (1979), en ausencia de la presión de selección puede producirse la reducción en la tolerancia insecticida en la creación de insectos de laboratorio después de varias generaciones. Tener la inestabilidad de la resistencia *T. solanivora* con un determinado plaguicida, posibilita que los resultados que aquí se presentan no igualan la realidad.

De acuerdo a diversos autores, el tiempo necesario para la reversión de la resistencia en lepidópteros es variable dependiendo del insecticida y los mecanismos involucrados. Knight *et al*, (1994) y Welter, (2000) señalan que la resistencia a azinfos metílico en larvas de *Cydia pomonella* L., fue revertida después de cinco y siete generaciones en ausencia de presión de selección, respectivamente. Estudios realizados en Israel indican que el nivel de resistencia a azinfos metílico en la misma especie, en una población local descendió sólo un 50% después de 17 generaciones (Reuveny y Cohen, 2004).

En investigaciones realizadas por Morillo y Notz (2001), en *S. frugiperda*, se evaluó la resistencia a los insecticidas lambda-cialotrina y metomil, una población sometida a presión de selección durante siete generaciones, lograron demostrar que existen altos niveles de resistencia para estos insecticidas en *S. frugiperda* que sugieren la necesidad de implementación de estrategias para el manejo de la resistencia de esta plaga. Para lambda-cialotrina, la razón de resistencia osciló entre 19,4 a 49,9 x veces, mientras que con poblaciones evaluadas metomil fueron entre 3,1 y 22,1x respectivamente y dos poblaciones de campo para la lambda-cialotrina fueron de 62,0 y 65,7 x y para metomil de 10,6 y 3,8 x en las respectivas poblaciones.

En poblaciones de *Tuta absoluta*, Silva *et al*, (2010), evaluaron la posibilidad de fallas de control, así como la influencia del tiempo, utilizando diez insecticidas en siete poblaciones de campo. Se registraron bajos niveles de resistencia para piretroides, abamectina, spinosal, *Bacillus thuringiensis* y la mezcla deltrametrina, triazofos con una $RR_{50} < 12,5$ x; en cambio

en indoxacarb fue de 27,5 x, mostrando niveles moderados de resistencia y los inhibidores de síntesis de quitina exhibieron elevados niveles de resistencia con una RR_{50} de 222,7 x.

Según Cochran (1989), El fenómeno de la resistencia surge como resultado de la interacción insecto/insecticida, originando focos o poblaciones resistentes. Como está capacidad de resistencia a los insecticidas llega a estar determinada genéticamente, es heredable a nuevas generaciones, que siguen sobreviviendo al tratamiento con insecticida mientras se disminuye la proporción de individuos susceptibles en la población. De esta manera el insecticida actúa como una fuerza selectiva poderosa que concentra individuos resistentes en la población.

La resistencia evoluciona mediante la selección de genes que codifican enzimas involucradas en el metabolismo de insecticida y le confieren la tolerancia a los insecticidas. Varios genes de resistencia se han identificado y clonado en estudios en diferentes estudios. La recombinación entre los alelos resistentes preexistentes en las poblaciones naturales es un mecanismo que los insectos utilizan para adaptarse rápidamente a nuevas presiones selectivas (Shi *et al.*, 2004).

Estos estudios indican la importancia de vigilar la resistencia, especialmente en el campo y la interacción de los insecticidas utilizados en la agricultura. La realización de este tipo de investigaciones, son de vital importancia porque permite detectar el estado de la sensibilidad o resistencia de forma temprana de las poblaciones de *T. solanivora*, lo que facilita la aplicación de medidas de forma oportuna para la prevención del desarrollo de la resistencia en el marco de los programas de MIP y vigilancia de los grados de resistencia en el transcurso del tiempo.

Esto podría constituir la base para transferir información a productores, empresas de agroquímicos y organizaciones gubernamentales relacionadas con el problema y alertar las áreas agrícolas estudiadas y aquellas regiones donde el uso de plaguicidas es excesivo para el control de insectos, de tal manera que, mediante un uso racional y ordenado, se eviten problemas colaterales a causa del desarrollo de resistencia (Cáceres *et al.*, 2011).

CONCLUSIONES

Las poblaciones de *T. solanivora* evaluadas en el presente trabajo, no registraron resistencia a los ingredientes activos clorpirifos, permetrina y Carbofuran.

La variabilidad observada en la mortalidad obtenida en *T. solanivora*, utilizando los grupos químicos piretroides, organofosforados y carbamatos, no se pudo probar estadísticamente debido posiblemente a un número de observaciones y rango de exploración relativamente bajo de poblaciones.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento póstumo especial al PhD. Tito Bacca Ibarra, quien como presidente de nuestro trabajo de grado, nos brindó todo el apoyo y colaboración. A nuestro asesores. Ms. Carlos Andres Benavides Cardona, I.a. Maria Pineda Arteaga por el apoyo, colaboración, estímulo constante en el desarrollo y culminación del presente trabajo de grado. A la Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agronómica por la formación académica brindada durante este largo recorrido.

BIBLIOGRAFÍA

ARÉVALO, A. 2003. Análisis de la problemática de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* Povolny (Lepidóptera: Gelechiidae) en Colombia, p. 129-133. En: Memorias del II taller nacional sobre *Tecia solanivora* “Presente y futuro de la investigación sobre *Tecia solanivora*”. Bogotá. Colombia.

ARÉVALO, A. y CASTRO, R. 2003. Evaluación post-registro de los insecticidas con licencia de uso para controlar la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* Povolny (Lepidóptera: Gelechiidae) en Colombia, p. 86-89. En: Memorias del II taller nacional sobre *Tecia solanivora* “Presente y futuro de la investigación sobre *Tecia solanivora*. Bogotá. Colombia.

BOYKIN, L., SHATTERS, R., ROSELL, R., MCKENZIE, C., BAGNALL, R., DE BARRO, P. y FROHLICH D.R. 2007. Global relationships of *Bemisia tabaci* (Hemiptera:

Aleyrodidae) revealed using Bayesian analysis of mitochondrial COI DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 44(3): 1306-1319.

BUSH, M., ABDEL, Y., SAITO, K. y ROCK, G. 1993. Azinphosmethyl resistance in the tufted apple bud moth (Lepidoptera: Tortricidae), reversion, diagnostic concentrations, associated esterases, and glutathione transferases. *Journal of Economic Entomology*. 86: 213-225.

CÁCERES, L., ROVIRA, J., GARCÍA, A., y TORRES, R. 2011. Determinación de la resistencia a insecticidas organofosforados, carbamatos y piretroides en tres poblaciones de *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae) de Panamá. *Biomédica*, 31(3), 419-427

COCHRAN, D. 1989. Monitoring for insecticide resistance in field collected strains of the *German cockroach* (Dictyoptera: Blattellidae). *Journal of Economic Entomology*. 82(2): 336-41.

DEACUTIS, J., LEICHTER, C., GERRY, A; RUTZ, D., WATSON, W., GEDEN, C. y SCOTT, J. 2006. Susceptibility of field collection house flies to spinosad before and after a season of use. *Journal of agricultural and urban entomology*. 23(2): 105-110.

ELGHAR, G., ELBERMAWY, Z., YOUSEF, A. y ELHADDY, H. 2005. Monitoring and characterization of insecticide resistance in the cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Asia - Pacific Entomology*. 8(4): 397-410.

ESPINAL, C., COVALEDA, H., RUIZ, N. y URRUTIA, C. 2005. La Cadena De La Papa En Colombia. Una Mirada Global De Su Estructura y Dinámica 1991 - 2005. Bogotá D. C. 28 p. Disponible en: http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2005112163731_caracterizacion_papa.pdf. Consultado: abril, 2015.

FAO. 2015. Faostat. Production quantity. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>. Consulta: Marzo de 2015.

FEDERACION COLOMBIANA DE PRODUCTORES DE PAPA (FEDEPAPA). 2010. Acuerdo de competitividad de la cadena agroalimenticia de la papa en Colombia. Bogotá, D.C. 72 p.

FEDERACION COLOMBIANA DE PRODUCTORES DE PAPA (FEDEPAPA). 2010. Estadísticas. Disponible en: http://www.fedepapa.com/?page_id=409. . Consulta: Mayo de 2015.

FINNEY, D.J. 1971. Probit Analysis, 3rd ed. Cambridge University press, Cambridge University, Press, London, UK. 333 p.

GEORGHIOU, G.P. y TAYLOR, CH. E. 1986. Factors influencing the evolution of resistance. Pesticide resistance: Strategies and tactics for management. National Academy Press. Washington, D.C. 157-169 p.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). 2013. Condiciones climáticas y falta de controles fitosanitarios son la causa de la Polilla Guatemalteca. Disponible en: <http://www.ica.gov.co/Noticias/Agricola/2013/ICA-Condicioness-climaticas-y-falta-de-controles-fi.aspx>. Consultado: abril, 2015.

KNIGHT, A., BRUNNER, J. y ALSTON, D. 1994. Survey of azinphos-methyl resistance in codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in Washington and Utah. Journal of Economic Entomology. 87 (1): 285-292.

MAZARRI, M. y GEORGHIOU, G. 1995. Characterization of resistance to organophosphate, carbamate, and pyrethroid insecticides in field populations of *Aedes aegypti* from Venezuela. Journal of the American Mosquito Control Association 11: 315-322.

MORILLO, F. y NOTZ, A. 2001. Resistencia de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (lepidóptera: Noctuidae) a lambdacihalotrina y metomil. Revista entomotropica, 16(2): 79-87.

- NIÑO, L. 2004. Revisión sobre la polilla de la papa *Tecia solanivora* en Centro y Suramérica. Suplemento revista Latinoamericana de la papa. 1: 4-22.
- LIÑAN, C. 1997. Farmacología vegetal. Ediciones aerotécnicas. S.L. Madrid. 1187 p.
- LIETTI, M., BOTTO, E. y ALZOGARAY, R. 2005. Insecticide resistance in Argentine populations of *Tuta absoluta* (Meyrick). Neotropical Entomology. 34 (1): 113-119.
- OMER, A., JOHNSON, M., TABASHNIK, B., COSTA, H y ULLMAN, D. 1993. Sweetpotato whitefly resistance to insecticides in Hawaii: intra island variation is related to insecticides use. Entomologia Experimentalis et Applicata. 67: 173-182.
- RANASINGHE, L. y GEORGHIOU, G. (1979) Comparative modification of insecticide resistance spectrum of *Culex pipiens fatigans* Wied. by selection with temephos and temephos/synergist combination. Pest Management Science 10: 502-508.
- RAYMOND, M. 1985. Presentation d'un programme d'analyse log probity pour micro ordinateur. Cah Orstom ser Entomol med parasitol. 22: 117-21.
- REUVENY, H., y COHEN, H. 2004. Resistance of the codling moth *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) to pesticides in Israel. Journal of Applied Entomology. 128: 645-651.
- RINCÓN, R. y LÓPEZ, A. 2004. Dimorfismo sexual en pupas de *Tecia solanivora* (Povolný) (Lepidoptera: Gelechiidae). Revista Corpoica 5: 4-42.
- ROBERTSON, J. y PREISLER, H. 1992. Pesticide Bioassays with Arthropods, second edition. CRC Press, NW. Boca Raton, FL. 201 p.
- SHI, M., LOUGARRE, A., ALIES, C., FREMAUX, I., TANG, Z. y STOJAN, J. 2004. Acetylcholinesterase alterations reveal the fitness cost of mutations conferring insecticide resistance. BMC Evolutionary Biology. 6: 4-5.

SILVA, G., PICANCO, M., BACCI, L., CRESPO, A., ROSADO, J. y GUEDES, R. 2011. Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance in the tomato pinworm, *Tuta absoluta*. *Pest Management Science*, 67: 913-920.

SILVA, L., OMOTO, C., BLEICHER, E. y DOURADO, P. 2009. Monitoramento da Suscetibilidade a Inseticidas em Populações de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) no Brasil. *Neotropical Entomology*. 38(1):116-125.

SOSA, M. A. 1992. Consideraciones generales sobre resistencia de los insectos a los plaguicidas con especial referencia a los “piretroides”. Publicación miscelánea. Estación Experimental Agropecuaria Reconquista 5(2): 5-9.

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.

VARGAS, R. 1996. Resistencia a insecticidas en plagas agrícolas. *Tierra Adentro*. 8(1): 50-52.

WELTER, C. 2000. Correlated insecticide cross-resistance in azinphos-methyl resistant codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology*. 93: 955-962.