

RESISTENCIA DE CINCO VARIEDADES DE (*SOLANUM* SPP., SOLANACEAE) AL ATAQUE DE *TECIA SOLANIVORA* (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)*

María Fernanda Ordóñez Ch.¹, Julio Fernando Rosero V.¹, Tito Bacca²

Resumen

Con el objetivo de buscar fuentes de resistencia, al ataque de la polilla de la papa *Tecia solanivora*, se evaluaron las variedades: tuquerreña, capiro, criolla amarilla, tornilla y mambra. Fueron estimados parámetros demográficos para esta plaga, encontrándose, que el ciclo de vida, se prolongó en la variedad tuquerreña en 75 días; 9 días más, que en las variedades susceptibles: criolla amarilla y capiro. El porcentaje de pupamiento y emergencia de adultos en las variedades mambra y tuquerreña, respectivamente, fueron estadísticamente menores, que en las demás variedades. Las mortalidades de larvas y pupas obtenidas en las variedades tuquerreña, mambra y tornilla, sobresalieron sobre las otras variedades. Cuando se evaluó la tasa de oviposición, se evidenciaron las propiedades de antixenosis en la variedad tuquerreña (129 huevos/hembra). El efecto antibiótico y de no preferencia encontrado en las variedades tuquerreña, mambra y tornilla, sobre la biología de la plaga, convierten a estos genotipos, en fuente de resistencia, que puede llegar a ser incorporada, en programas de mejoramiento de papa, frente al ataque de *T. solanivora*.

Palabras clave: antibiosis, antixenosis, parámetros demográficos, resistencia a insectos.

EVALUATION OF RESISTANCE OF FIVE POTATO VARIETIES (*SOLANUM* SPP., SOLANACEAE) TO ATTACK BY *TECIA SOLANIVORA* (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)

Abstract

With the objective of finding resistance sources to the attack by the potato moth *Tecia solanivora*, five potato varieties, tuquerreña, capiro, criolla amarilla, tornilla, and mambra, were evaluated. The pest's demographic parameters were estimated, finding that its life cycle was extended to 75 days in the tuquerreña variety, which was 9 more days than in the susceptible criolla amarilla and capiro varieties. The percentage of pupation and adult emergence in the mambra and tuquerreña varieties were statistically lower than in the other varieties. Larval and pupal mortalities obtained in the tuquerreña, mambra, and tornilla varieties were above all other varieties. Antixenosis properties were observed in the tuquerreña variety (129 eggs/female) when oviposition rate was evaluated. The antibiotic and nonpreference effect on the pest's biology, found in the tuquerreña, mambra, and tornilla varieties, makes these genotypes a resistance source that could be incorporated in potato breeding programs to the attack by *T. solanivora*.

Key words: antibiosis, antixenosis, demographic parameters, resistance to insects.

* FR: 14-II-2012. FA: 18-VIII-2012.

¹ Ingenieros Agrónomos, egresados del programa de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencia Agrícolas, Universidad de Nariño, Torobajo, Pasto, Nariño. Email: maferoch@gmail.com, juliorosero@gmail.com, respectivamente.

² Profesor Asociado, Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Torobajo, Pasto, Nariño, titobacca@gmail.com.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, el cultivo de la papa, constituye la principal actividad económica primaria del piso térmico frío, siendo fundamental para la nutrición de la población. En el año 2010, el cultivo de la papa en Colombia, se produjo 1,86 millones de toneladas y fue el séptimo cultivo en extensión con 143.110 ha (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, 2010). Alrededor de 90.000 familias, se encuentran vinculadas, con la explotación directa de este cultivo, que genera cerca de 20 millones de jornales al año, además, es el producto de origen agrícola que posee la mayor demanda por fungicidas e insecticidas y la segunda, de fertilizantes químicos, en el país (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, 2005).

Actualmente, *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae), es una de las plagas de mayor importancia económica para el cultivo de papa en Colombia; en el departamento de Nariño, ha afectado la calidad del tubérculo, hasta en un 100 %, cuando se presentan altas poblaciones del insecto, especialmente, en épocas secas (HERRERA, 1998). Para el manejo de esta plaga, la principal herramienta utilizada, es el uso de insecticidas de categoría toxicológica I y II. Esto conlleva, a un desequilibrio del agroecosistema y tiene implicaciones nefastas para la salud humana, debido principalmente, al desconocimiento de estrategias de manejo oportuno para contribuir, a la sostenibilidad del sistema productivo. Por esto, es necesario establecer sistemas sostenibles en el cultivo de la papa, siendo prioridad, la disminución de los daños causados al ambiente y a la producción (BARRETO *et al.*, 2003).

Una de las prácticas de control, dentro del Manejo Integrado de Plagas (MIP), es el uso de variedades, con resistencia a insectos. Este tipo de control, es un componente ideal, debido a que proporciona un mecanismo natural de supresión de la plaga, es limpio, duradero y compatible dentro de los programas de MIP, que involucran controles biológicos, químicos, etológicos y culturales, con los cuales se busca, mantener la población de insectos plaga por debajo de niveles, que causen daño económico (CARDONA, 1998a; WISEMAN, 1999; SMITH, 2005).

A pesar que *T. solanivora*, está en Colombia, desde 1985, existen escasas evidencias, de la existencia de variedades de papa, con resistencia al ataque de esta plaga. Por esto, es importante considerar los resultados de investigaciones sobre germoplasma, destacando aquellos genotipos, que puedan presentar respuestas favorables, frente al ataque de plagas como medida de control. Al respecto, se tienen reportes de estudios como el de BEJARANO *et al.* (1997), quienes evaluaron la respuesta de 10 variedades de papa y tres híbridos inter-específicos, frente al ataque de *T. solanivora*, en condiciones de almacenamiento; encontrando que, las variedades mejoradas: monserate, capiro, parda pastusa, ica nariño, ica puracé e ica tequendama, fueron altamente susceptibles a la plaga, mientras que las variedades nativas: salentina, tuquerreña, argentina y los híbridos inter-específicos 88-21-1 (*Solanum iopetalum* x *Solanum phureja*), 88-35-7 (*Solanum tuberosum* x (*Solanum acaule* x *S. phureja*)) y 88-6-5 (*Solanum avilesii* x *S. phureja*), presentaron menor grado de susceptibilidad a la plaga, representada en los más bajos porcentajes de pupamiento (28-45 %). Así mismo, en estudios realizados por CADENA *et al.* (2005), se evaluaron la respuesta de 60 genotipos de *S. phureja*, al ataque de *T. solanivora*, comprobando que la mayoría de variedades, presentó niveles de daño

hasta del 100 %, lo cual indica, una alta susceptibilidad de este material a la plaga; sin embargo, el ataque fue considerablemente menor, en 13 genotipos, en los que se encontró, porcentajes inferiores al 25 %. Por tanto, según dichos autores, estos materiales son promisorios para ser incluidos en programas de MIP.

En la actualidad, el desarrollo de las plantas transgénicas de papa, que expresen genes Cry Bt (*Bacillus thuringiensis*), tiene buenas perspectivas en el control de *T. solanivora* (RODRÍGUEZ & ARANGO, 2000). Al respecto, en Colombia, VALDERRAMA *et al.* (2007), evaluó la resistencia de 43 líneas transgénicas obtenidas, a partir de tres variedades de papa (capiro, parda pastusa y pan de azúcar), a las cuales, se les introdujo el gen sintético Cry1Ab de Bt. Las larvas de *T. solanivora*, en los tubérculos de papa transgénica, mostraron una mayor mortalidad (83,7-100 %), con respecto, a las líneas no transgénicas (0-2,67 %) (VALDERRAMA *et al.* 2007). Estos resultados indican, la capacidad de la tecnología transgénica Bt para controlar la plaga, a la vez que genera una reducción en el uso de insecticidas químicos, siendo favorable para el desarrollo del MIP.

A nivel mundial, para el estudio de la resistencia de papa al ataque de lepidópteros perforadores del tubérculo, se tienen experiencias como las de CHÁVEZ *et al.* (1988) y ORTIZ *et al.* (1990), quienes evaluaron materiales de papa con resistencia a *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) y encontraron, que genotipos provenientes de *Solanum sparsipilum* (material nativo), si bien, no poseen las características organolépticas deseables para su consumo, se convierten en fuentes de resistencia para la plaga y según estos autores, es importante adelantar estudios, que permitan determinar cruzamientos, entre dicho genotipo y variedades comerciales, que resulten favorables para el manejo de la plaga. En Colombia ESTRADA & VALENCIA (1988), evaluaron diferentes especies de papa silvestres y cultivadas, al ataque de *P. operculella*, encontrando, que de 38 genotipos evaluados, 28 son resistentes a la plaga, donde se destacan, el clon 82-3-5, proveniente de un cruce de *S. tuberosum* x *S. phureja*, que se caracterizó, por su alta resistencia a la plaga y rendimiento.

Todos estos análisis, corroboraron la necesidad de estudiar, la respuesta de genotipos de papa, al ataque de *T. solanivora*, que pudiesen ser incluidos en programas de mejoramiento genético y que aporten herramientas para el manejo integrado de la plaga. Ante la necesidad de identificar genotipos de papa, con posible resistencia a *T. solanivora*, este estudio, tuvo como objetivo, evaluar la antibiosis de cinco variedades de papa, al ataque del insecto, mediante la determinación de parámetros demográficos de la plaga.

METODOLOGÍA

Esta investigación se llevó a cabo, en una casa de malla localizada en Pupiales (Nariño), ubicado a 2.950 msnm, con una temperatura promedio de 16 °C. Para evaluar la respuesta al ataque de *T. solanivora*, se utilizaron cinco variedades de papa, que pertenecen a tres especies: *Solanum andigenum* (tuquerreña), que tiene menor grado de susceptibilidad (BEJARANO *et al.*, 1997); *S. tuberosum* (Diacol capiro), considerada como susceptible (BEJARANO *et al.*, 1997); *S. phureja* criolla amarilla o yema de huevo, que es una variedad susceptible (CADENA *et al.* 2005); *S. phureja* tornilla y *S. phureja* mambra, variedades de las que se presume, tengan resistencia (C. ÑUSTEZ, com. per.).

Para realizar la cría de *T. solanivora*, se tomaron cinco bultos de papa, variedad capiro, afectada por la plaga y se mantuvieron, en la casa de malla, hasta obtener las pupas, las cuales fueron sexadas, utilizando las características descritas por RINCÓN & LÓPEZ (2004). Posteriormente, las pupas se colocaron en parejas de 20 individuos, sobre recipientes plásticos, cubiertos por tul, en cuya base, tenían papel servilleta como sustrato para la oviposición y una vez emergieron los adultos, se colocó un vaso con agua y miel al 10 %, para su alimentación. Luego, para continuar la cría, hasta obtener el material suficiente para la instalación del experimento, se cortaron las porciones circulares, con colonias de huevos y se llevaron, a nuevos recipientes que contenían tubérculos de cada genotipo, con perforaciones hechas, por medio de un alfiler estéril para facilitar la entrada de las larvas recién emergidas.

Para evaluar la antibiosis de las cinco variedades de papa, se realizaron dos experimentos: en el primero, se siguió el desarrollo de estados inmaduros y en el segundo, se utilizó hembras adultas de 5 días de edad.

En la evaluación de inmaduros, se siguió el desarrollo de los estados jóvenes para estimar los parámetros demográficos y determinar, los porcentajes de pupamiento y emergencia de adultos de *T. solanivora*. Para esto, se establecieron cinco cohortes, cada uno de 450 huevos obtenidos, a partir de las crías. La unidad de muestreo (UM), correspondió a un tubérculo que se lavó y se ubicó, en un recipiente plástico de 137 cm³, sobre una pequeña cantidad de aserrín, el cual favoreció, la fase de pupa del insecto. Se colocaron 15 huevos sobre el tubérculo y el recipiente, se cubrió, con tul transparente para permitir una adecuada aireación. Se usaron 30 UM por cada variedad evaluada. Cada cinco días, se tomaron aleatoriamente tres UM por variedad, hasta completar 10 evaluaciones, para contar los estados inmaduros del insecto, hasta que se presentó, la mayor frecuencia de adultos. Los estados que fueron tomados para muestreo, se descartaron para posteriores lecturas. Los porcentajes de pupamiento y emergencia de adultos, se analizaron mediante análisis de varianza y para comparación de los promedios, se utilizó la prueba de Duncan ($p < 0,05$).

En la evaluación de hembras adultas, se determinó la supervivencia y reproducción, de *T. solanivora*, usando hembras de 5 días de edad. Para esto, se ubicaron individualmente, cinco cohortes, cada una de 30 hembras adultas recién copuladas, en recipientes plásticos que contenían un tubérculo de cada genotipo y que fueron cubiertos con tul transparente. En total, se utilizaron 30 unidades de muestreo por cada variedad evaluada. Cada cinco días, se tomaron aleatoriamente, tres unidades de muestreo de cada material evaluado y se registró, el número de hembras vivas y el número de huevos. Se estimaron las funciones de oviposición, a través del tiempo, en los materiales evaluados. Se calculó la proporción de sexos de la progenie de las hembras fundadoras, hallando la proporción entre hembras y machos adultos, encontrados en la última evaluación. Las funciones de oviposición, fueron comparadas mediante pruebas estadísticas de curvas de tendencia cuadráticas ($p < 0,05$) y la proporción de sexos, se analizó mediante análisis de varianza ($p < 0,05$) y para comparación de promedios, se utilizó la prueba de Duncan ($p < 0,05$).

Para medir la resistencia por antibiosis, también fueron utilizadas tablas de vida, donde se ordenó la información de sobrevivencia y mortalidad de los individuos de la población clasificados por edad (RABINOVICH, 1990). Los datos para la construcción de las tablas de vida, se obtuvieron de las observaciones hechas en cada monitoreo de los estados biológicos de *T. solanivora*.

Parámetros demográficos

En la evaluación de estados inmaduros, se registró el número de individuos para cada fase de desarrollo (N) y la duración promedio en días (X), a partir de los cuales, se pudo calcular los demás parámetros de la tabla de vida de *T. solanivora* (RABINOVICH, 1990), así:

N_x = Número de individuos vivos a cada una de las edades

X = Estado de desarrollo o categoría de edad

I_x = Proporción de supervivientes a la edad $x = N_x / N_0$

d_x = N° de individuos que mueren en el transcurso de cada estado = $N_x - N_{x+1}$

q_x = Probabilidad de morir entre x y $x+1 = d_x / N_x$

L_x = Promedio de sobrevivientes entre dos estadios consecutivos = $[I_x + I_{x+1}] / 2$

T_x = N° de días que quedan por vivir a los sobrevivientes en edad $x = \sum_m^x L_x$

e_x = Esperanza de vida = T_x / I_x

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de estados inmaduros

La duración del ciclo total de *T. solanivora*, en las variedades capiro y criolla amarilla, fue similar (65 días), mientras que, en las variedades mamberra y tornilla, fue de 70 días y en la variedad tuquerreña, fue de 75 días. La prolongación del ciclo de vida de la plaga, es un indicativo de resistencia, en estas variedades, ocurrieron menos generaciones por año, que en la variedad susceptible (SHARMA, 1993.; CARDONA, 1998b; SMITH, 2005).

El cuarto estado larval, se presentó, con mayor rapidez en las variedades mamberra y criolla amarilla (20 y 25 días después de la infestación (DDI)), con frecuencias entre 43 y 35 %, mientras que, en las variedades tornilla y tuquerreña, se presentó a los 30 días, con frecuencias entre 50 y 36 % (Tabla 1). En las variedades criolla amarilla y capiro, más del 50 %, de los individuos, alcanzaron el estado de pupa a los 30 y 40 DDI, mientras que el pupamiento en mamberra, tornilla y tuquerreña, se presentó a los 45 DDI (80, 80 y 60 %). A los 50 días DDI, más del 80 %, de los individuos, alcanzaron el estado de adulto en criolla amarilla y capiro (90 y el 86 %), mientras que, en tuquerreña, mamberra y tornilla el 40, 38 y 33 %, de los individuos, aún eran pupas. Lo anterior, evidencia que, en las variedades susceptibles, los ciclos se acortan, lo que conlleva, a la generación de altas poblaciones de la plaga. La expresión de resistencia en estas variedades antibióticas, puede deberse al efecto deletéreo de químicos presentes en la planta atacada por el insecto o por la falta de nutrientes esenciales (caroteno, vitaminas, carbohidratos, proteínas, glucosa, sucrosa, entre otros) o por la dureza extrema de tejidos (SMITH, 2005). Es posible, que la substancia que causa la antibiosis a *T. solanivora*, en las variedades evaluadas, corresponda, a algún tipo de alcaloide, tal como fue evidenciado por FLANDERS *et al.* (1992), quienes encontraron que el glicoalcaloide, tomatina, está asociado, a la resistencia de variedades de papa, al ataque del escarabajo del Colorado y al saltahojas de la papa.

Tabla 1. Frecuencia de individuos de *T. solanivora*, en cada estado de desarrollo, a través del tiempo, en cinco materiales de papa.

DDI	ESTADO	CAPIRO %	CRIOLLA %	MAMBERA %	TORNILLA %	TUQUERREÑA %
0	HUEVOS	100	100	100	100	100
5	LARVAS I	56	29	60	36	50
	LARVAS II	44	71	40	64	50
10	LARVAS I	50	0	40	40	33
	LARVAS II	29	61	40	60	67
	LARVAS III	21	39	20	0	0
15	LARVAS I	0	0	25	18	17
	LARVAS II	29	0	25	36	58
	LARVAS III	36	91	50	45	17
	LARVAS IV	36	9	0	0	8
20	LARVAS II	11	19	29	7	8
	LARVAS III	28	24	14	27	33
	LARVAS IV	22	19	43	40	33
	PREPUPAS	39	38	14	27	25
25	LARVAS III	0	0	25	10	5
	LARVAS IV	25	35	50	10	19
	PREPUPAS	30	18	25	50	33
	PUPAS	45	47	0	30	43
30	LARVAS III	24	0	25	0	36
	LARVAS IV	29	27	50	50	36
	PREPUPAS	24	20	13	13	18
	PUPAS	24	53	13	38	9
35	LARVAS IV	40	24	25	60	50
	PREPUPAS	20	35	0	0	17
	PUPAS	40	41	75	40	33
40	PREPUPAS	0	0	0	25	14
	PUPAS	57	33	67	25	43
	ADULTOS	43	67	33	50	43
45	PREPUPAS	0	10	0	0	0
	PUPAS	11	20	80	80	60
	ADULTOS	89	70	20	20	40
50	PUPAS	14	10	38	33	40
	ADULTOS	86	90	63	67	60

DDI: días después de la infestación.

Parámetros demográficos

El número de sobrevivientes (I_x), decreció en forma paulatina, en las cinco variedades. En las cohortes desarrolladas, en tuquerreña, se presentó, la mayor probabilidad de muerte para el primer instar larval ($q_x = 33\%$) (Tabla 2). Cabe mencionar, que la resistencia por antibiosis, se produce cuando la planta causa efectos negativos sobre la biología del insecto y pueden variar de leves a letales, en cuyo caso, afectan los estados jóvenes (huevos y larvas) del insecto (SMITH, 2005).

El efecto de la mortalidad evidenciada en tuquerreña, se debe entre otras causas, a que como lo indican LUJAN & ARÉVALO (1992), este genotipo, es una variedad nativa que no es resultado de programas de fitomejoramiento y corresponde, a una selección hecha por nuestros antepasados y mantenida en el tiempo por agricultores de algunas regiones del país, por lo cual, esta variedad se caracteriza, por presentar tubérculos de piel oscura y alta gravedad específica, que les proporciona una consistencia dura y particular, que podría, de alguna manera, estar explicando la respuesta observada del material frente a la plaga; los músculos de su aparato bucal y su tracto digestivo, apenas empieza a acostumbrarse a penetrar en los tubérculos y a formar galerías alimentándose de la pulpa (HERRERA, 1998).

Los valores más altos de probabilidad de muerte (q_x), para el tercer instar larval, se presentaron en las variedades tornilla y tuquerreña, con valores de 22,8 % y 10,5 %, frente a criolla amarilla, mambra y capiro, donde se exhibieron, porcentajes de mortalidad de 1,1 %, 4,2 % y 9,7 %, para el mismo estado (Tabla 2). Es importante enunciar, que las larvas de tercer instar *T. solanivora*, son consideradas las más voraces (ÁLVAREZ & TRILLOS, 1999), lo que podría reflejar, la capacidad antibiótica de las variedades. La tasa de mortalidad de las pupas en tuquerreña y tornilla, fue la más alta ($d_x = 41,5$ y 40,8) (Tabla 2), este estado, es inmóvil y gasta gran parte de su energía para convertirse en adulto, haciéndolo, más sensible a factores externos (TÓRRES *et al.*, 1995).

Tabla 2. Parámetro demográficos de *T. solanivora* en cinco variedades de papa.

VARIEDAD	X	N_x	D_x	I_x	Dx	q_x	L_x	T_x	e_x
CAPIRO	HUEVO	1351	10	1000	814,2	81,4	592,9	10916,0	10,9
	LARVA I	251	10	186	27,4	14,7	172,1	4987,0	26,8
	LARVA II	214	5	158	28,1	17,8	144,3	3266,1	20,6
	LARVA III	176	5	130	12,6	9,7	124,0	2544,4	19,5
	LARVA IV	159	10	118	17,8	15,1	108,8	1924,5	16,4
	PUPA	135	10	100	32,6	32,6	83,6	836,4	8,4
	ADULTO	91	15	67	67,4	100,0			
CRIOLLA AMARILLA	HUEVO	1500	10	1000	811,3	81,1	594,3	10260,0	10,3
	LARVA I	283	3	189	39,3	20,8	169,0	4316,7	22,9
	LARVA II	224	3	149	28,7	19,2	135,0	3894,2	26,1
	LARVA III	181	15	121	1,3	1,1	121,3	3556,7	29,5
	LARVA IV	183	10	122	36,7	30,1	103,7	1736,7	14,2
	PUPA	128	10	85	30,7	35,9	70,0	700,0	8,2
	ADULTO	82	15	55	54,7	100,0			



VARIEDAD	X	N _x	D _x	I _x	D _x	q _x	L _x	T _x	e _x
MAMBERA	HUEVO	800	15	1000	802,5	80,3	598,8	13212,5	13,2
	LARVA I	158	5	198	15,0	7,6	190,0	4231,3	21,4
	LARVA II	146	5	183	33,8	18,5	165,6	3281,3	18,0
	LARVA III	119	5	149	6,3	4,2	145,6	2453,1	16,5
	LARVA IV	114	5	143	65,0	45,6	110,0	1725,0	12,1
	PUPA	62	20	78	37,5	48,4	58,8	1175,0	15,2
	ADULTO	32	15	40	40,0	100,0			
TORNILLA	HUEVO	858	15	1000	828,7	82,9	585,7	13024,5	13,0
	LARVA I	147	5	171	7,0	4,1	167,8	4239,5	24,7
	LARVA II	141	5	164	5,8	3,5	161,4	3400,3	20,7
	LARVA III	136	5	159	36,1	22,8	140,4	2593,2	16,4
	LARVA IV	105	10	122	43,1	35,2	100,8	1891,0	15,5
	PUPA	68	15	79	40,8	51,5	58,9	882,9	11,1
	ADULTO	33	15	38	38,5	100,0			
TUQUERREÑA	HUEVO	386	10	1000	725,4	72,5	637,3	11975,4	12,0
	LARVA I	106	10	275	90,7	33,0	229,3	5602,3	20,4
	LARVA II	71	5	184	36,3	19,7	165,8	3309,6	18,0
	LARVA III	57	5	148	15,5	10,5	139,9	2480,6	16,8
	LARVA IV	51	5	132	49,2	37,3	107,5	1781,1	13,5
	PUPA	32	20	83	41,5	50,0	62,2	1243,5	15,0
	ADULTO	16	20	41	41,5	100,0			

X: Estado de desarrollo; N_x: Número de individuos vivos a cada una de las edades, D_x: duración del estado; I_x: Supervivencia; d_x: Número de individuos que mueren durante el transcurso de cada estado; q_x: Probabilidad de morir entre x y x+1; L_x: Promedio de individuos vivos entre dos estadios consecutivos; T_x: Número total de días que quedan por vivir a los sobrevivientes que han alcanzado la edad x; e_x: Esperanza de vida.

La curva de supervivencia, correspondió, a una de tipo III (Figura 1), el cual representa un sistema, donde hay una fracción constante de individuos vivos, que muere, en cada uno de los intervalos de edad, es decir, que el número de individuos que muere, a medida que la población envejece, es cada vez menor (RABINOVICH, 1990). En este sentido, se evidenció un efecto de los genotipos, en una reducción sustancial de la población de *T. solanivora*, a lo largo del tiempo y dicha mortalidad, fue mayor, en la variedad tuquerreña (Figura 1).

Porcentaje de pupamiento

Para esta variable, se presentaron diferencias estadísticamente significativas, entre los promedios de las variedades mambra y capiro (Figura 2). El promedio general de pupamiento, fue de 25,46 %. Estos resultados se ajustan, con los valores encontrados por BEJARANO *et al.* (1997), en las variedades de papa, con menor grado de susceptibilidad (28-45 %).

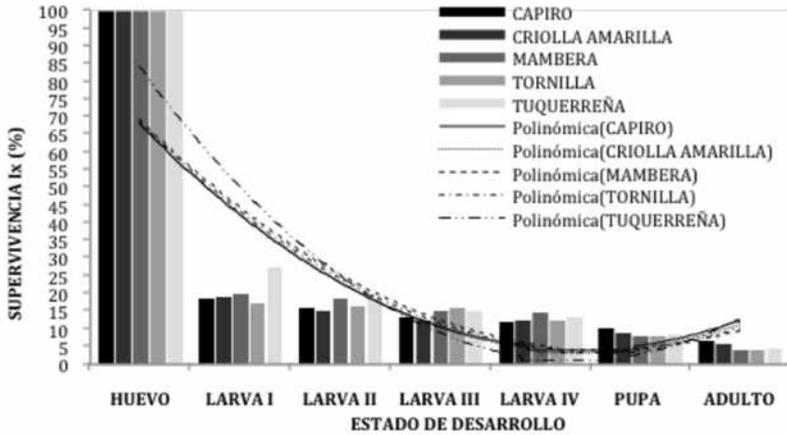


Figura 1. Curva de supervivencia de *T. solanivora*, en cinco variedades de papa.

Porcentaje de emergencia de adultos

Para esta variable, se encontraron diferencias significativas, entre el promedio de tuquerreña (23,45 %) y capiro (37,57 %) (Figura 2). En esta variable, se refleja los efectos antibióticos de la variedad tuquerreña, sobre la biología de *T. solanivora*, que fueron observados, en las anteriores variables.

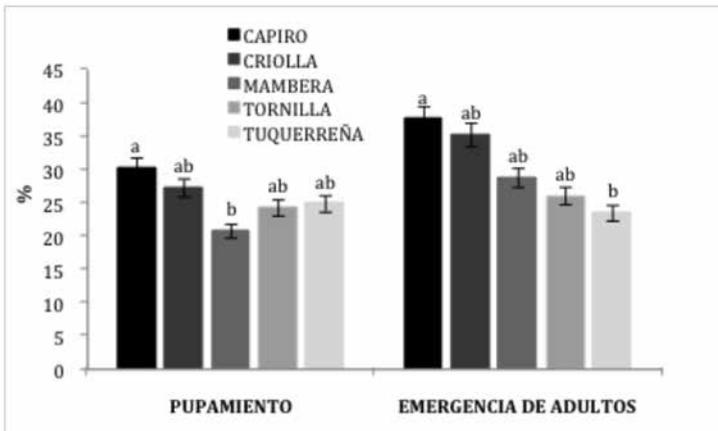


Figura 2. Porcentajes de pupamiento y emergencia de adultos de *T. solanivora*, en cinco variedades de papa. Las líneas verticales, representan los intervalos de confianza del promedio. Las letras diferentes, sobre las barras, indican diferencias significativas, prueba de Duncan ($p \leq 0,05$).

Hembras adultas

Oviposición

Entre los 5 y los 10 días después de la infestación, se presentó el pico más alto en la oviposición de *T. solanivora*, en todas las variedades. A los cinco DDI, en las variedades tuquerreña, se produjeron 58 huevos por hembra (Figura 3A), siendo el menor promedio de los cinco genotipos evaluados, seguido de las variedades tornilla y mambra. En este sentido RAMAN (1986), menciona, que una variedad resistente, actúa sobre la fisiología del insecto y se manifiesta, entre otras características, en una baja fecundidad de este.

Al final, se obtuvo que, el total de huevos puestos por hembra, en cada una de las variedades, fue en promedio 326 huevos/hembra, siendo la variedad criolla amarilla, donde se encontró, la mayor cantidad (500), seguida de capiro (450), tornilla (286), mambra (267) y tuquerreña, con la menor proporción (129) (Figura 3B). Estos datos concuerdan, con los estudios realizados por TORRES *et al.* (1995), según los cuales, más del 90 %, de los huevos de *T. solanivora*, son puestos en los primeros 15 días de edad de la hembra y el número total, puede llegar a 490 huevos/hembra. Resultados similares, han sido señalados por otros autores (TORRES *et al.*, 1995; HERRERA, 1998). La reducción en la tasa de oviposición observada en las variedades evaluadas, posiblemente, es atribuida a un mecanismo de defensa de la planta y es un tipo de comportamiento conocido, como no preferencia o antixenosis y se refiere, a características (olor, color, entre otras), que hacen que una variedad, sea menos preferida por el insecto para los procesos de alimentación o de oviposición (CARDONA, 1998b; SMITH, 2005), como sucedió en las variedades tuquerreña, tornilla y mambra.

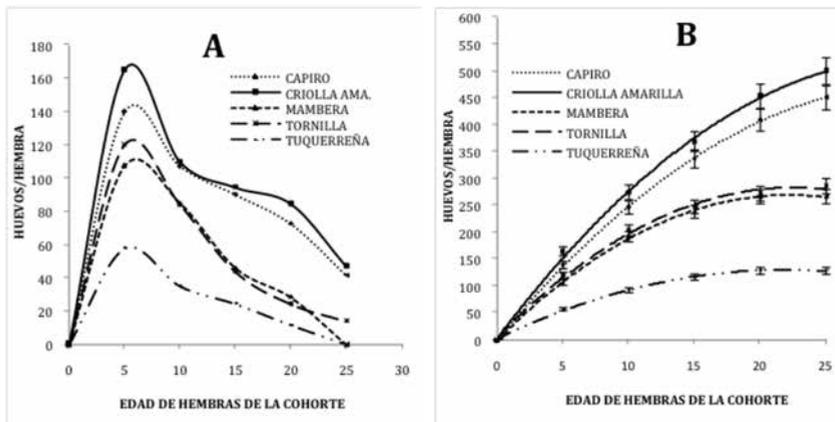


Figura 3. Oviposición de hembras de *T. solanivora*, en cinco variedades de papa. A. Promedio de huevos puestos por intervalo de edades. B. Funciones de oviposición acumulada para la variedad: capiro $H(t) = -0,450t^2 + 29,25t + 1,226$ ($R^2 = 0,99$; gl: 4,10; $p \leq 0,05$) criolla amarilla $H(t) = -0,495t^2 + 32,14t + 5,321$ ($R^2 = 0,98$; gl: 4,10; $p \leq 0,05$), mambra $H(t) = -0,545t^2 + 24,24t + 0,452$ ($R^2 = 0,99$; gl: 4,10; $p \leq 0,05$), tornilla $H(t) = -0,549t^2 + 24,75t + 4,690$ ($R^2 = 0,96$; gl: 4,10; $p \leq 0,05$) y Tuquerreña $H(t) = -0,272t^2 + 11,84t + 1,821$ ($R^2 = 0,99$; gl: 4,10; $p \leq 0,05$).

Proporción de sexos

Según la prueba de Duncan ($p < 0,05$), las proporciones sexuales de *T. solanivora*, fueron estadísticamente iguales, para las variedades mambra, tornilla y capiro 0,9, 1 y 1,2 hembras/macho, mientras que, se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la variedad tuquerreña (0,5 hembras/macho) y la variedad criolla amarilla (2 hembras/macho). Según estudios realizados por OKUNAGA & OCHOA (1987), ÁLVAREZ & TRILLOS (1999), la proporción de hembras de *T. solanivora* y de otros gelechidos, plagas de papa, son ligeramente superior, a los machos, aunque en otros estudios, señalan igual proporción de hembras y machos. La proporción de sexos puede ser un factor importante, que evidencia la resistencia en las plantas, debido que contribuyen en la reducción de poblaciones de futuras generaciones de la plaga, donde la proporción de sexos favorece a los machos (PANDA & KHUSH, 1995).

Los parámetros reproductivos como: tasa neta reproductiva, tasa intrínseca de crecimiento; entre otros parámetros, no fueron estimados, debido a la gran variabilidad encontrada en los datos obtenidos. Se recomienda, por tanto, aumentar el número de unidades de muestreo para disminuir el error experimental y con esto, poder calcular estos parámetros de la plaga, que son de gran importancia para complementar los datos demográficos, cuando se evalúa la resistencia de la plantas a insectos (SMITH, 2005).

Los resultados de este trabajo, permiten visualizar, que la mejor fuente de resistencia al ataque de *T. solanivora*, lo constituye la variedad tuquerreña, la cual tuvo, el mayor efecto antibiótico y de no preferencia, sobre la biología de la plaga. Además, estos efectos fueron observado en menor grado, en las variedades mambra y tornilla, que potencializan, a estos genotipos, también en programas de mejoramiento para encontrar resistencia del cultivo de la papa, frente al ataque de *T. solanivora*.

AGRADECIMIENTOS

A Juan Vicente Romero, del Centro Nacional de Investigaciones de Café: CENICAFÉ, por la asesoría, en la realización de algunos análisis estadísticos; a FEDEPAPA-Obonuco, por el suministro del material de la variedad tuquerreña y a los profesores de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño: Claudia Salazar, Oscar Checa Coral y Tulio Lago, por su asesoría en esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, G. & TRILLOS, O., 1999.- *Estudio sobre la biología y cría de la polilla de la papa Tecia solanivora Povolny*. Universidad Nacional de Colombia, FEDEPAPA, IICA. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá. 29 p.
- BARRETO, N., ESPITIA, E., GALINDO, R., GORDO, E., CELY, L., MARTÍNEZ, L., LOZANO, F. & LÓPEZ-ÁVILA, A., 2003.- *Estudios de fluctuación de poblaciones de la polilla guatemalteca de la papa Tecia solanivora en tres intervalos de altitud en Cundinamarca y Boyacá*. CEVIPAPA. Bogotá. p. 119-122.
- BEJARANO, V., ÑUSTEZ, C. & LUQUE, E., 1997.- Respuesta de 10 variedades de papa (*Solanum tuberosum*) y 3 híbridos interespecíficos al ataque de *Tecia solanivora* en condiciones de almacenamiento. *Agron. Colom.*, 15 (2): 138-143.

- CADENA, M., NARANJO, A. & ÑUSTEZ, C., 2005.- Evaluación de la Respuesta de 60 genotipos de *Solanum phureja* al ataque de la Polilla Guatemalteca (*Tecia solanivora* Povolny). *Agron. Colomb.*, 23 (1): 112-116.
- CARDONA, C., 1998a.- *Entomología económica y manejo de plagas*. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 98 p.
- CARDONA, C., 1998b.- *Resistencia varietal a insectos*. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 86 p.
- CHÁVEZ, R., SCHMIEDICHE, P. E., JACKSON, M. T. & RAMAN, K. V., 1988.- The breeding potential of wild potato species resistant to the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller). *Euphytica*, 39: 123-13.
- ESTRADA, N. R. & VALENCIA, L. V., 1988.- Desarrollo de cultivares de papa resistentes a la palomilla *Phthorimaea operculella* (Zeller), en Colombia. *Rev. Latinoam. Papa*, 1: 64-73.
- HERRERA, F., 1998.- *La polilla guatemalteca de la papa: biología, comportamiento y prácticas de manejo integrado*. Programa Regional Agrícola, Reg. 1, CORPOICA. p. 10.
- FLANDERS, K. L., HAWKES, J. G., RADCLIFFE, E. B. & LAUER, F. I., 1992.- Insect resistance in potatoes: sources, evolutionary relationships, morphological and chemical defenses, and ecogeographical associations. *Euphytica*, 6 (2): 83-111.
- LUJAN, L. & ARÉVALO, H., 1992.- Variedades de papa colombiana. *Rev. Latinoam. Papa*, 4: 9-20.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL., 2005.- Observatorio Agro cadenas de Colombia, Cadena de la Papa en Colombia. [En línea]. Disponible en: http://www.agrocadenas.gov.co/documentos/coyuntura/Inf_Coyuntura_papa_4.pdf. 1p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL., 2010.- Oferta agropecuaria cifras 2010 [En línea]. Disponible en: http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/ena/ENA_2010.pdf
- OKUNAGA, Y. & OCHOA, R., 1987.- Estudios de la dinámica reproductiva en palomilla de la papa *Scrobipalposis solanivora* y relación natalidad mortalidad para *S. solanivora* y *Phthorimaea operculella*. XIII Reunión ANAP. Panamá. p. 402-418.
- ORTIZ, R., IWANAGA, M., RAMAN, K. V. & PALACIOS, M., 1990.- Breeding for resistance to potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller), in diploid potatoes. *Euphytica*, 50: 119-125.
- PANDA, N. & KHUSH, G. S., 1995.- *Host plant resistance to insects*. CAB, Oxon, UK. 431p.
- RABINOVICH, J., 1990.- *Introducción a la ecología de poblaciones de animales*. Centro de Ecología del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Editorial Continental S. A. México. p. 114-244
- RAMAN, K. V., 1986.- Nuevas estrategias en el control de plagas de papa. *Memorias del curso sobre control integrado de plagas de papa*. Bogotá, Colombia. p. 69.
- RINCÓN, D. F. & LÓPEZ, A., 2004.- Dimorfismo sexual en pupas de *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Rev. Corpoica*, 5 (1): 41-42.
- RODRÍGUEZ, E. & ARANGO, R., 2000.- Mejoramiento no tradicional de semilla de papa (*S. tuberosum*) mediante desarrollo de líneas resistentes a *Tecia solanivora*. [En línea]. Disponible en <http://www.cevipapa.org.co/verproyectos.php?id=4>.
- SHARMA, H. C., 1993.- Host-plant resistance to insects in sorghum and its role in integrated pest management. *Crop. Prot.*, 12: 11-34.
- SMITH, C.M., 2005.- *Plant Resistance to Arthropods, molecular and conventional approaches*. Editorial Springer. Manhattan. 421p.
- TÓRRES, F., NOTZ, A. & VALENCIA, L., 1995.- Ciclo de vida y otros aspectos de la biología de la Polilla de la papa *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) en el estado de Táchira, Venezuela. *Bol. Entomol. Venez.*, 12 (1): 81-94
- VALDERRAMA, A. M., VELÁSQUEZ, N., RODRÍGUEZ, E., ZAPATA, A., ZAIDI, M. A., ALTOSAAR, I. & ARANGO, R., 2007.- Resistance to *T. solanivora* in three transgenic andean varieties of potato expressing *Bacillus thuringiensis* Cry1Acv protein. *J. Econ. Entomol.* 1: 172-9.