

**EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE CINCO VARIETADES DE PAPA (*Solanum spp.*) AL ATAQUE DE *Tecia solanivora* (LEPIDOPTERA: Gelechiidae)\***

EVALUATION OF THE ANSWER OF FIVE VARIETIES OF POTATO (*Solanum spp.*) TO THE ATTACK OF *Tecia solanivora* (LEPIDOPTERA: Gelechiidae)

Ma. Fernanda Ordóñez Ch.<sup>1</sup>, Julio Fernando Rosero V.<sup>2</sup> y Tito Bacca Ibarra<sup>3</sup>

**RESUMEN**

Se elaboraron y compararon tablas de vida de *Tecia solanivora* sobre Criolla Amarilla, Tornilla, Mambra, Tuquerreña y Diacol Capiro con el fin de hallar fuentes de resistencia a este insecto. Se realizaron dos experimentos: en el primero, se siguió el desarrollo de estados inmaduros para estimar parámetros demográficos así como porcentajes de pupamiento y emergencia de adultos; en el segundo, se determinó parámetros reproductivos usando hembras de 5 días de edad. Se presentaron diferencias significativas para el porcentaje de pupamiento entre Mambra (20.75%) y Capiro (30.25%), y para el porcentaje de emergencia de adultos, entre Tuquerreña (23.45%), Tornilla (26.04%) y Mambra (28.76%) frente a Criolla Amarilla (35.20%) y Capiro (37.57%). Para las hembras de *T. solanivora* hubo un fuerte efecto letal producido por la variedad Tuquerreña que se vio reflejado en la disminución de crecimiento poblacional y la antibiosis fue mayor sobre los estados inmaduros. Se hallaron diferencias en supervivencia y en duración de estados biológicos de la plaga, siendo Tuquerreña la variedad donde la plaga prolongó más su ciclo (75 días) además sobre esta se halló una menor oviposición (129 huevos/hembra), lo que incidió en una menor tasa reproductiva neta (18 hembras/hembra) e intrínseca (0.54 hembras/hembra/día) así como en un mayor tiempo de duplicación (1.29 días). El efecto antibiótico que ejerció Tuquerreña sobre la biología de *T. solanivora* se convierte en una de las

---

\* Documento presentado a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño como requisito para optar el título de Ingeniero Agrónomo. 2009.

<sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencia Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto (N). [maferoch@gmail.com](mailto:maferoch@gmail.com). 2009.

<sup>2</sup> Estudiante de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencia Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto (N). [juliorosero@gmail.com](mailto:juliorosero@gmail.com)

<sup>3</sup> Presidente de Tesis. I.A. Ph.D. Profesor Asociado a la Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto (N). [titobacca@gmail.com](mailto:titobacca@gmail.com). 2009.

mejores estrategias de manejo integrado de la plaga por ello esta variedad puede utilizarse como fuente de resistencia en programas de mejoramiento genético.

**Palabras clave:** Resistencia a insectos, antibiosis, parámetros demográficos, parámetros reproductivos.

### ABSTRAC

The life tables of *Tecia solanivora* were elaborated and compared on Criolla Amarilla, Tornilla, Mambera, Tuquerreña and Diacol Capiro to find sources of resistance to this insect. Two assays were performed: in the first, the development of the immature stages to estimate demographic parameters and to calculate percentages of pupation and adults' emergency; in the second, adult survival and fecundity were determined using 5 day old females. Significant differences were obtained for the percentage of pupation between Mambera (20.75%) and Capiro (30.25%), and in the percentages of adults' emergency, among Tuquerreña (23.45%), Tornilla (26.04%) and Mambera (28.76%) respect to Criolla Amarilla (35.20%) and Capiro (37.57%). For females of *T. solanivora* had a strong lethal effect produced by Tuquerreña that was reflected in the decline in population growth and antibiosis was higher on the immature stages. Differences were found in survival and duration of biological states of the pest, being Tuquerreña the potato's cultivar where the pest presented a longer life cycle (75 days), also in this potato's cultivar were found a lower oviposition (129 eggs/female), which affected on a lower net reproductive rate (18 female/female) and intrinsic rate of increase (0.54 females/female/day) and at a higher duplication time (1.29 days). The antibiotic effect exerted by Tuquerreña on the biology *T. solanivora* becomes one of the best strategies for integrated pest management so this potato's cultivar can be used as a source of resistance in genetic breeding programs.

**Key words:** Resistance to insects, antibiosis, demographic parameters, reproductive parameters.

### 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. Según el Observatorio de

Agrocadenas de Colombia, en el 2006 el cultivo de la papa en Colombia ocupó el quinto lugar en la producción agropecuaria nacional, con 2,7 millones de toneladas, fue el noveno cultivo en extensión con 162.000 hectáreas y el sexto en valor de la producción. Alrededor de 90.000 familias se encuentran vinculadas con la explotación del cultivo que genera cerca de 20 millones de jornales al año, además es el producto de origen agrícola de mayor demanda por fungicidas e insecticidas y la segunda de fertilizantes químicos (Minagricultura y Desarrollo Rural, 2006).

Actualmente, *Tecia solanivora* es una de las plagas de mayor importancia económica del cultivo de papa en Colombia y en el departamento de Nariño se ha encontrado que ha afectado la calidad del tubérculo hasta en un 100%, cuando se presentan altas poblaciones del insecto, especialmente en épocas secas (Herrera, 1998). En los últimos años el manejo de la plaga se ha concentrado en el uso de insecticidas de categoría toxicológica I y II, que han llevado a un desequilibrio en este agroecosistema e 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 disminuir los daños causados al ambiente y a la producción. (Barreto *et al.*, 2003).

Mediante el manejo integrado de plagas MIP, es posible utilizar diferentes prácticas de control como el uso de variedades de plantas con resistencia a insectos. Este tipo de control es un componente ideal, porque proporciona un mecanismo natural de supresión de la plaga, 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 (Cardona, 1998a, Wiseman, 1999 y 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 interespecíficos al ataque de *T. solanivora* en condiciones de almacenamiento; encontrando que las variedades mejoradas Monserrate, Capiro, Parda Pastusa,

Ica Nariño, Ica Puracé e Ica Tequendama fueron altamente susceptibles a la plaga mientras que las variedades nativas Salentuna, Tuquerreña y Argentina y los híbridos interespecíficos 88-21-1 (*S. iopetalum* x *S. phureja*), 88-35-7 (*S. tuberosum* x (*S. acaule* x *S. phureja*)) y 88-6-5 (*S. 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 Ñustez *et al.* (2005) que evaluaron la respuesta de 60 genotipos de *S. phureja* al ataque de *T. solanivora*, comprobaron que la mayoría de variedades presentó niveles de daño hasta del 100%, lo cual indica la 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 los autores, estos materiales son promisorios para ser incluidos en programas de MIP del insecto.

En la actualidad el desarrollo de las plantas transgénicas de papa que expresen genes Cry (*Bacillus thuringiensis*), tiene buenas perspectivas en el control de *T. solanivora* (Rodríguez y Arango, 2000). Al respecto, se tiene el reporte de la investigación de Valderrama *et al.* (2007) que evaluaron 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%). Estos resultados indican, según sus autores, la capacidad de la tecnología transgénica Bt. para controlar la plaga, 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 Chaves *et al.* (1988) y Ortiz *et al.* (1990) que evaluaron materiales de papa con resistencia a *Phthorimaea operculella* 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 los autores, es importante adelantar estudios que permitan determinar cruzamientos, con variedades comerciales, que resulten favorables para el manejo de la plaga.

Todos estos estudios corroboran la necesidad de estudiar la respuesta de genotipos de papa al ataque de *T. solanivora* que pudieran ser incluidos en programas de mejoramiento genético y que aporten herramientas para el manejo integrado de la plaga. Por esto, este estudio tuvo como objetivo evaluar la antibiosis de cinco variedades de papa al ataque del insecto mediante la determinación de parámetros demográficos y reproductivos de *T. solanivora*.

## METODOLOGÍA

Esta investigación se llevó a cabo en el laboratorio de entomología de la Universidad de Nariño en Pasto, ubicado a 2600 msnm con temperatura promedio de 18°C; y en un invernadero en Pupiales (Nariño), ubicado a 2.950 msnm con temperatura promedio de 16°C.

Para evaluar la respuesta al ataque de *T. solanivora* se usaron tres tipos de material: *Solanum phureja* (Criolla Amarilla, Tornilla y Mambera), *S. andigenum* (Tuquerreña) y *S. tuberosum* (Capiro).

Para realizar la cría de *T. solanivora* se tomaron cinco bultos de papa Capiro afectada por la plaga y se mantuvieron en invernadero hasta obtener pupas, las cuales fueron sexadas utilizando las características descritas por Rincón y López (2004). Posteriormente las pupas se colocaron, en parejas de 20 individuos, sobre recipientes plásticos cubiertos con tul, en cuya base tenían papel servilleta, como sustrato para la oviposición, y un vaso con miel al 10% para la alimentación de los adultos que iban emergiendo. 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 con un alfiler esterilizado para facilitar la entrada de las larvas 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 de hembras adultas.

En la evaluación de estados inmaduros se siguió su desarrollo para estimar, parámetros demográficos, porcentajes de pupamiento y emergencia de adultos de *T. solanivora*. Para esto, se establecieron cinco cohortes, cada una de 450 huevos obtenidos a partir de las crías. La unidad de muestreo (UM) correspondió a un tubérculo que se lavó y se ubico en un recipiente plástico de 137 cm<sup>3</sup>, 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 medias se utilizo la prueba de Duncan ( $P < 0.05$ ).

En la evaluación de hembras adultas se determinó la supervivencia y los parámetros reproductivos de *T. solanivora* usando hembras de 5 días de edad. Para esto, se ubicaron individualmente cinco cohortes, cada una de 30 hembras adultas copuladas, en recipientes plásticos que contenían un tubérculo de cada genotipo y cubiertos con tul. 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 y se registró el número de hembras vivas y de huevos. Se estimó las funciones de oviposición a través del tiempo. Se calculó la proporción de sexos de la progenie de las hembras fundadoras, hallando la relación entre hembras y machos adultos encontrados en la última evaluación. Las funciones de oviposición fueron comparadas mediante pruebas estadísticas de curvas de tendencia cuadráticas y la proporción de sexos se analizó mediante análisis de varianza y para comparación de medias se utilizo la prueba de Duncan ( $P < 0.05$ ).

El método utilizado en el experimento para medir la resistencia por antibiosis fueron las Tablas de Vida y Fecundidad donde se ordenó la información de sobrevivencia y mortalidad de los individuos de una población clasificados por edad así como la información de fertilidad de cada categoría. Los parámetros calculados para las Tablas de Vida y Fecundidad fueron (Rabinovich, 1990):

**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, así:

$$\begin{array}{llll}
 I_x = & \text{Proporción de supervivientes a la edad } x & \rightarrow & N_x/N_0 \\
 d_x = & \text{Nº de individuos que mueren en el transcurso de cada estado} & \rightarrow & N_x - N_{x+1} \\
 q_x = & \text{Probabilidad de morir entre } x \text{ y } x+1 & \rightarrow & d_x/N_x \\
 L_x = & \text{Promedio de sobrevivientes entre dos estadios consecutivos} & \rightarrow & [I_x + I_{x+1}] / 2 \\
 T_x = & \text{Nº de días que quedan por vivir a los sobrevivientes en edad } x & \rightarrow & \sum_m^x L_x \\
 e_x = & \text{Esperanza de vida} & \rightarrow & T_x / I_x
 \end{array}$$

**Parámetros Reproductivos.** En la evaluación de hembras adultas se calculó la supervivencia ( $I_x$ ) y la fecundidad específica ( $m_x = \text{Nº huevos/proporción sexual}$ ), por edad ( $x$ ) y se calcularon los parámetros reproductivos de *T. solanivora*:

$$\begin{array}{llll}
 R_0 = & \text{Tasa reproductiva neta, que mide el efecto de cada genotipo} & \rightarrow & \sum (m_x l_x) \\
 & \text{sobre la reproducción de la hembra de } T. \text{ solanivora} & & \\
 r_m = & \text{Tasa intrínseca de crecimiento, que indica el efecto de cada} & \rightarrow & \ln R_0 / T \\
 & \text{genotipo sobre la capacidad innata de crecimiento de la} & & \\
 & \text{población de } T. \text{ solanivora} & & \\
 T = & \text{Tiempo generacional, que mide la influencia del genotipo sobre} & \rightarrow & \log(R_0) / r \\
 & \text{la edad en la cual una polilla tiene su descendencia.} & & \\
 TD = & \text{Tiempo de duplicación, que muestra el efecto del genotipo sobre} & \rightarrow & \ln 2 / r \\
 & \text{el tiempo en el cual } T. \text{ solanivora} \text{ se duplica.} & &
 \end{array}$$

Estos parámetros son puntuales y no hay un estimativo de sus errores típicos, lo que impide comparaciones estadísticas. Esta limitación se superó con la técnica de remuestreo de Jackknife, que permitió realizar estimaciones de error y asociar intervalos de confianza a los parámetros demográficos y reproductivos, mediante la utilización del paquete estadístico SAS siguiendo los lineamientos enunciados por Maia *et al* (2000), mediante análisis de varianza que permitió realizar comparaciones de promedios.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**ANÁLISIS DE ESTADOS INMADUROS.** La duración del ciclo total de *T. solanivora* en Capiro y Criolla Amarilla fue similar: 65 días mientras que en Mambera y Tornilla fue de 70 días y en Tuquerreña de 75 días. Cabe destacar que, como lo mencionan Sharma (1993), Cardona (1998b) y Smith (2005): al existir una mayor prolongación del ciclo se manifiesta mayor resistencia a la plaga, como ocurre en Tuquerreña, Mambera y Tornilla. La antibiosis causa una significativa prolongación del ciclo de vida del insecto de tal manera que en una variedad antibiótica ocurrirán menos generaciones por año que en una variedad susceptible (Smith, 2005).

**Tabla 1.** Frecuencia de individuos de *T. solanivora* en cada estado de desarrollo a través del tiempo en cinco materiales de papa. **DDI:** Días Después de la Infestación.

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	<b>27</b>	<b>33</b>
	LARVAS IV	22	19	<b>43</b>	40	33
	PREPUPAS	<b>39</b>	38	14	27	25
25	LARVAS III	0	0	25	10	5
	LARVAS IV	25	<b>35</b>	50	10	19
	PREPUPAS	30	18	<b>25</b>	50	33
	PUPAS	45	47	0	30	43
30	LARVAS III	24	0	25	0	36
	LARVAS IV	29	27	50	<b>50</b>	<b>36</b>
	PREPUPAS	24	20	13	13	18
	PUPAS	24	<b>53</b>	13	38	9
35	LARVAS IV	40	24	25	60	50
	PREPUPAS	20	35	0	0	<b>17</b>
	PUPAS	40	41	75	40	33
40	PREPUPAS	0	0	0	<b>25</b>	14
	PUPAS	<b>57</b>	33	67	25	43
	ADULTOS	43	<b>67</b>	33	50	43
45	PREPUPAS	0	10	0	0	0
	PUPAS	11	20	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>60</b>
	ADULTOS	89	70	20	20	40
50	PUPAS	14	10	<b>38</b>	<b>33</b>	<b>40</b>
	ADULTOS	<b>86</b>	<b>90</b>	63	67	60

Fuente: Esta Investigación

El cuarto estado larval se presentó con mayor rapidez en las variedades Mambera y Criolla Amarilla (20 y 25 DDI) con frecuencias del 43 y el 35%, mientras que en Tornilla y Tuquerreña el mismo estado se presentó a los 30 días con frecuencias del 50 y el 36% (Tabla 1). Más del 50% de individuos en estado de pupa, para Criolla Amarilla y Capiro se evidenció a los 30 y 40 DDI, mientras que el mismo estado se observó en Mambera, Tornilla y Tuquerreña a los 45 DDI (80, 80 y 60%). Más del 80 % de individuos en el estado de adulto se presentó a los 50 días después de la infestación en Criolla Amarilla y Capiro (90 y el 86%) mientras que en Tuquerreña, Mambera y Tornilla el 40, 38 y 33% de individuos aun eran pupas. Esta última lectura, en donde para Capiro y Criolla Amarilla la frecuencia de adultos fue mayor en consideración con los otros tres materiales indica que el ciclo de la *T. solanivora* en estas es más corto y por tanto en ella las generaciones de la plaga se producirán con mayor frecuencia. La expresión de resistencia en 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, etc.) o por la dureza extrema de tejidos (Smith, 2005).

**Parámetros Demográficos.** El número de sobrevivientes ( $I_x$ ) decreció en forma paulatina en las cinco cohortes. En la cohorte de Tornilla la mortalidad ( $q_x=82.9\%$ ) se acentuó para los huevos de *T. solanivora* (Tabla 2). Así mismo en Tuquerreña se presentó la mayor probabilidad de muerte para el primer instar larval ( $q_x= 33\%$ ). 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). Contrario a lo esperado, la supervivencia de huevos fue alta en Tuquerreña ( $I_x=275$ , equivalente al 27.5%) con respecto a las demás variedades ( $I_x$  entre el 17.1% y el 19.8%), sin embargo las larvas de primer instar en este genotipo fueron las más susceptibles a los factores de mortalidad ( $d_x=90.7$  individuos muertos en el transcurso del estado). La muerte de los insectos en variedades antibióticas ocurre, generalmente en el primer instar larval (Wiseman, 1999). El efecto de la mortalidad evidenciada en Tuquerreña puede deberse entre otras causas, a que como lo indican Lujan y Arévalo (1992) este genotipo es un material nativo 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 se caracteriza por presentar

tubérculos de piel oscura y alta gravedad específica que les proporciona una consistencia dura y particular, que podría 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).

**Tabla 2.** Tabla de vida de *T. solanivora* en cinco variedades de papa. **X:** Estado de desarrollo; **N<sub>x</sub>:** N° de individuos vivos a cada una de las edades, **D<sub>x</sub>:** Duración del estado; **I<sub>x</sub>:** Supervivencia; **d<sub>x</sub>:** N° de individuos que mueren durante el transcurso de cada estado; **q<sub>x</sub>:** Probabilidad de morir entre x y x+1; **L<sub>x</sub>:** Promedio de individuos vivos entre dos estadios consecutivos; **T<sub>x</sub>:** N° total de días que quedan por vivir a los sobrevivientes que han alcanzado la edad x; **e<sub>x</sub>:** Esperanza de vida.

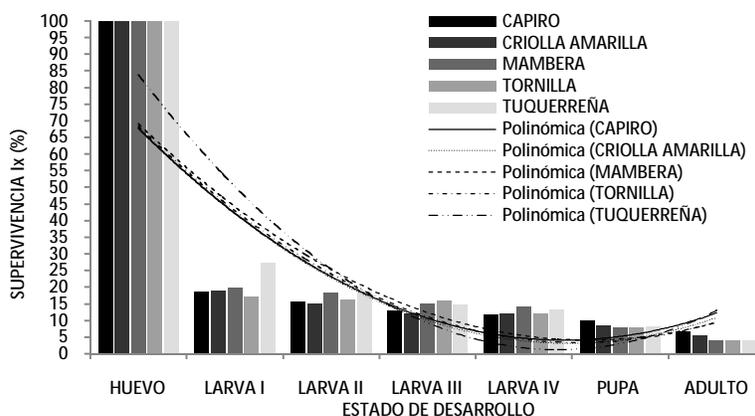
VARIEDAD	X	N <sub>x</sub>	D <sub>x</sub>	I <sub>x</sub>	d <sub>x</sub>	q <sub>x</sub>	L <sub>x</sub>	T <sub>x</sub>	e <sub>x</sub>
CAPIRO	HUEVO	1351	10	1000	814,2	81,4	592,9	10916,0	10,9
	LARVA I	251	10	186	27,4	14,7	172,1	4987,0	26,8
	LARVA II	214	5	158	28,1	17,8	144,3	3266,1	20,6
	LARVA III	176	5	130	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			
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			

**Fuente:** Esta Investigación

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,

Mambera y Capiro en donde se exhibieron porcentajes de 1.1%, 4.2% y 9.7% para el mismo estado. Este comportamiento es conveniente para lograr disminuir los daños causados por *T. solanivora* considerando que las larvas de tercer instar de la polilla son las más voraces y las que hacen las galerías más profundas en el tubérculo (Álvarez, 1996). La tasa de mortalidad de las pupas en Tuquerreña y Tornilla fue la más alta ( $d_x =$  y 41.5 y 40.8). Este estado es inmóvil y gasta gran parte de su energía para convertirse en adulto, haciéndolo más sensible a factores externos (Echeverría, 1997 y Tórres, 1995).

La curva de supervivencia correspondió a una de tipo III (Fig.1) que representa un sistema en el cual hay una fracción constante de individuos vivos que muere a 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.

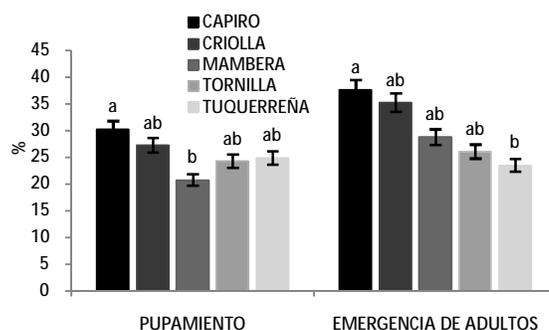


**Figura 1.** Curva de supervivencia de *T. solanivora*. Fuente: Esta Investigación

**Porcentaje de Pupamiento.** Para esta variable, se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre Mambera y Capiro (Fig.2). Se presentó un promedio general de 25.46%. Estos resultados se encuentran dentro de los rangos encontrados por Bejarano *et al.* (1997) que estuvieron entre 28 y 82.7%, encontrándose los mayores porcentajes de pupamiento (65.3 - 82.7%) en los genotipos mejorados Chitaga, Monserrate, Puracé, Capiro, Tequendama, Nariño y

Parda Pastusa; mientras que se presentaron promedios estadísticamente inferiores en las variedades nativas Salentuna, Tuquerreña y Argentina y los híbridos interespecíficos por lo tanto exhibieron mayor grado de tolerancia a *T. solanivora*. Dentro de los genotipos evaluados se hallaron valores aun más bajos para el límite inferior encontrado por Bejarano *et al.* (28%), lo cual indica la existencia de variedades con propiedades desfavorables para el desarrollo del insecto lo cual amerita estudiarse más a fondo en investigaciones a futuro.

**Porcentaje de Emergencia de Adultos.** Para esta variable, se presentó un promedio de 30.20%. Se presentaron diferencias significativas entre Tuquerreña (23.45%) y Capiro (37.57%). La evaluación de esta variable permitió establecer que existe un efecto del genotipo sobre el porcentaje de emergencia de adultos ya que se presentaron diferencias significativas estadísticamente entre los genotipos evaluados, como lo muestra la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $P \leq 0.05$ ).

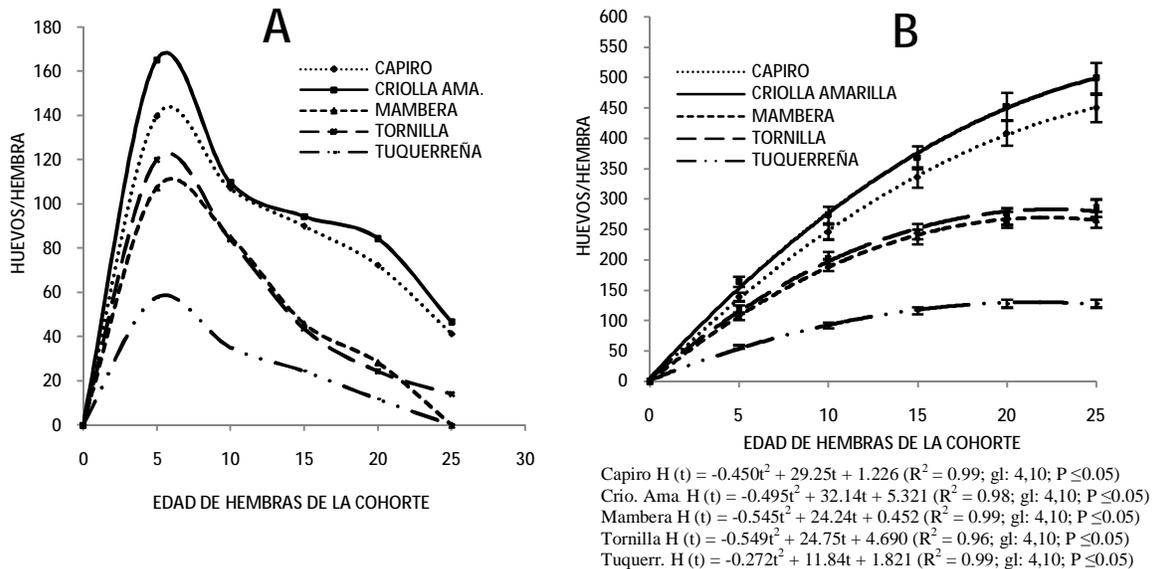


**Figura 2.** Porcentajes de pupamiento y emergencia de adultos de *T. solanivora* en cinco materiales de papa. Las líneas verticales representan los intervalos de confianza para la media ( $P=95\%$ ). Las letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas, prueba de rangos múltiples de Duncan ( $P \leq 0.05$ ). *Fuente:* Esta Investigación

## 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* sobre todos los materiales. A los cinco DDI en Tuquerreña se produjeron 58 huevos por hembra (Fig.3-A), siendo este el menor promedio de los cinco

materiales evaluados, seguida de Tornilla y Mambera. 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.

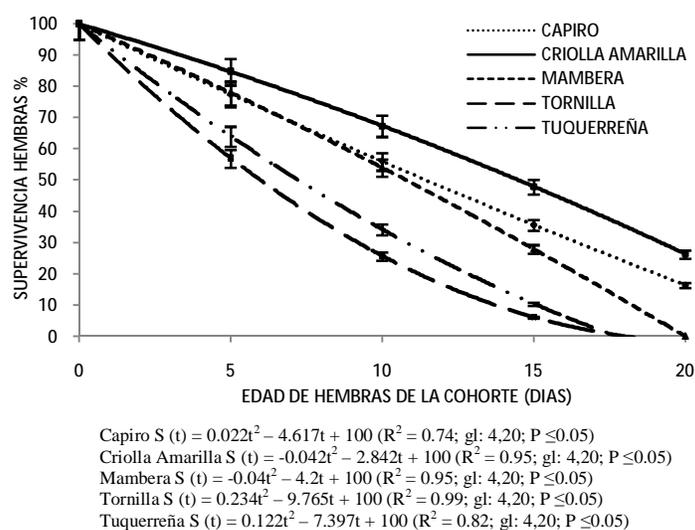


**Figura 3.** Oviposición de hembras de *T. solanivora*. **A.** Promedio de huevos puestos por intervalo de edades. **B.** Oviposición acumulada. Las líneas verticales muestran los intervalos de confianza para la media ( $P=95\%$ ). Fuente: Esta Investigación

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 Criolla Amarilla la variedad donde se encontró la mayor cantidad (500), seguida de Capiro (450), Tornilla (286), Mambera (267) y Tuquerreña con la menor proporción (129) (Fig.3-B). Estos datos concuerdan con los estudios realizados por Notz (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 de huevos/hembra puede llegar a 490. Resultados similares han sido señalados por otros autores (Tórres, 1995; herrera, 1998). La baja tasa de oviposición registrada en el experimento, según autores como Cardona (1998b) y Smith (2005) 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 (Generalmente de olor, color, etc.) que hacen que una variedad sea menos preferida por el insecto para los procesos de alimentación o de oviposición, como sucedió en Tuquerreña, Tornilla y Mambera.

**Proporción de Sexos.** Las proporciones sexuales de *T. solanivora* fueron similares para Mambera, Tornilla y Capiro (0.9, 1 y 1.2 hembras/macho), siendo estadísticamente iguales, mientras que se presentaron diferencias significativas entre Tuquerreña (0.5 hembras) y Criolla Amarilla (2 hembras). Estas proporciones concuerdan con los reportes de literatura (Rincón y García, 2007). La proporción de hembras es ligeramente superior a los machos, con valores entre 52 a 55,3 % de hembras según estudios realizados por Okunaga y Ochoa (1987) y Álvarez y Trillos (1999), aunque en otros estudios señalan igual proporción de hembras y machos. De acuerdo a Thornhill y Alcock (2001) la capacidad de los machos de copular con tantas hembras como sea posible, es la mejor estrategia para que los machos de los insectos maximicen su eficacia reproductiva. En este sentido, en la variedad Criolla Amarilla el éxito reproductivo de los machos estará estrechamente relacionado con el número de hembras que éstos tendrán la posibilidad de inseminar, que esta variedad será mayor.

**Supervivencia.** Las curvas de Supervivencia para hembras de *T. solanivora* (Fig.5) cuando fueron mantenidas sobre las cinco variedades de papa utilizadas, se ajustaron a funciones de segundo grado ( $P=95\%$ ; gl. 4,20,  $t=2.086$ ) (Fig. 5).



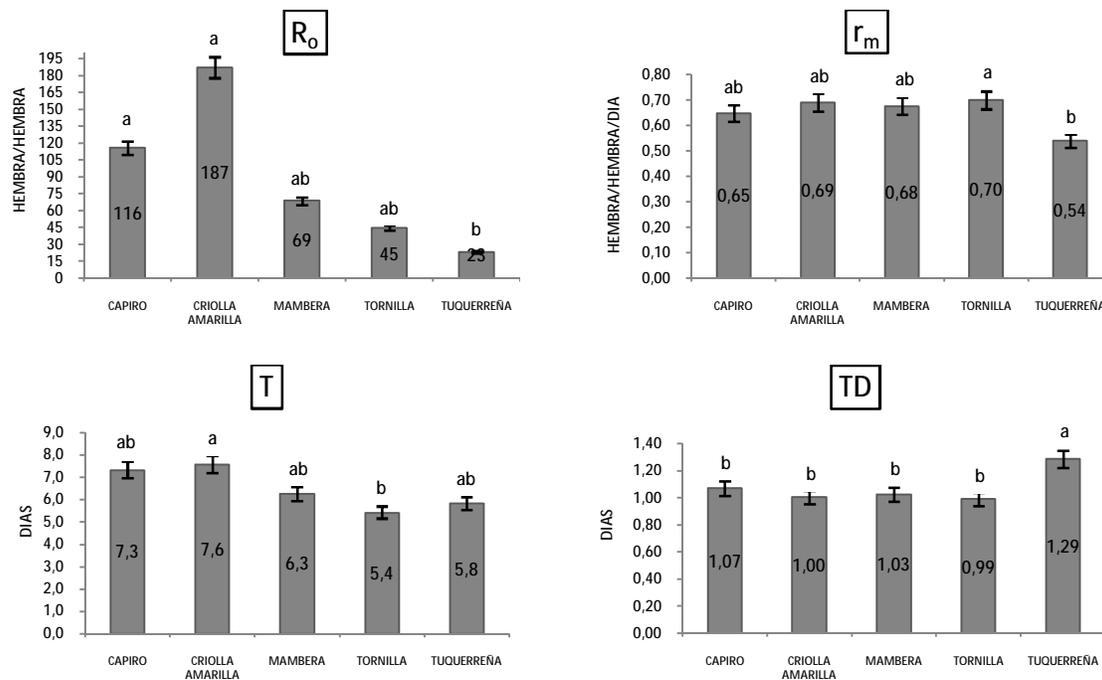
**Figura 4.** Curva de Supervivencia de Hembras Adultas de *T. solanivora*, a lo largo del tiempo en cinco variedades de papa. Las líneas verticales representan los intervalos de confianza para la media ( $P=95\%$ ). Fuente: Esta Investigación

Los mayores porcentajes de mortalidad de individuos en estado adulto se presentaron durante los 10 primeros días con un valor promedio para todas las variedades del 52.52% de individuos muertos, siendo Criolla Amarilla la variedad que presentó el valor más bajo (32.62%), seguida de Capiro (43.97%) y Mambera (46%) frente a Tornilla y Tuquerreña en las que se obtuvieron 74.25% y 65.77%.

**Tasa reproductiva neta.** La tasa reproductiva neta ( $R_0$ ) para las poblaciones criadas sobre Criolla Amarilla y Capiro fue de 187 y 116 hembras/hembra siendo iguales estadísticamente (Fig.6). Si se considera que en estas dos variedades *T. solanivora* produce la mayor cantidad de hembras, los valores estimados de este parámetro en Tuquerreña (23 hembras/hembra) muestran que este genotipo redujo significativamente ( $P \leq 0.05$ ) la tasa de reproducción neta de la plaga. Por lo tanto el insecto en esta variedad producirá menor cantidad de hembras. Cabe resaltar que como menciona Ordas *et al.* (2002) la tasa de reproducción de una especie se ve afectada en la medida en que la tasa de oviposición de las hembras se reduce sobre una variedad antibiótica.

**Tasa intrínseca de crecimiento.** La tasa intrínseca de crecimiento ( $r_m$ ) se interpreta como el número de individuos que se adicionan a una población por individuo y por unidad de tiempo (hembra/hembra/día). Si se considera que en Tornilla se expresa el máximo potencial de crecimiento ( $r_m = 0.70 \pm 0.06$ ) el estimado de la tasa intrínseca de crecimiento en Tuquerreña muestra que esta variedad redujo significativamente ( $P \leq 0.05$ ) la expresión de este potencial. De acuerdo a Rabinovich (1990), la tasa intrínseca de crecimiento es un carácter genético, que refleja la capacidad de multiplicación de la población en condiciones óptimas sobre un genotipo determinado.

**Tiempo generacional.** El tiempo generacional (T) es el tiempo que pasa entre el nacimiento de las madres y el nacimiento de las hijas. Se presentaron diferencias significativas entre Criolla Amarilla (7.6 días) y Tornilla (5.4 días). Este parámetro fue similar para Capiro (7.3 días), Mambera (6.3) y Tuquerreña (5.8). Respecto al comportamiento reproductor de las hembras de *T. solanivora*, se comprueba que, en promedio, a los 6.48 días de ingresar al estado adulto las hembras alcanzan su máxima fecundidad.



**Figura 5.** Parámetros reproductivos de *T. solanivora* en cinco variedades de papa.  $R_0$ : Tasa reproductiva neta;  $r_m$ : Tasa intrínseca de crecimiento; T: Tiempo generacional; TD: Tiempo de duplicación. Dentro de las barras los promedios y las líneas verticales sus intervalos de confianza (P=95%); calculados con la técnica Jackknife. Las letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ;  $t = 2.228$ ). Fuente: Esta Investigación

**Tiempo de duplicación.** El Tiempo de duplicación (TD) es el tiempo necesario para que la población del insecto sea el doble de la población inicial. Sobre Tuquerreña, que fue la variedad con la menor  $R_0$  que indica la menor oviposición registrada en los materiales evaluados, *T. solanivora* tarda mucho más en doblar su población. Si se considera que en Tornilla, Criolla, Mambera y Capiro, la plaga necesita el menor tiempo para duplicar su población inicial (TD= 0.99, 1, 1.03 y 1.07) los estimados de este parámetro en Tuquerreña (TD=1.3 días) muestran que esta variedad aumentó significativamente ( $P \leq 0.05$ ) el tiempo de duplicación de la plaga por lo tanto el insecto en esta variedad producirá menos generaciones en un año. Cabe destacar que como lo menciona Smith (2005), en una variedad antibiótica ocurrirán menos generaciones por año que en una variedad susceptible.

## CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo permiten visualizar que una de las mejores fuentes de resistencia para *T. solanivora* lo constituyen los genotipos provenientes de *Solanum andigenum*, debido a que Tuquerreña tuvo el mayor efecto sobre el potencial biótico de la plaga, reflejado en la disminución de la población. Además el efecto antibiótico producido por esta variedad sobre los estados inmaduros, donde se evidencio la mayor mortalidad, sumado al efecto en las hembras adultas para las que se presentó una baja tasa de oviposición, reducirá notablemente el crecimiento de la población de *T. solanivora*, convirtiéndose así en una de las herramientas a tener en cuenta dentro del manejo integrado de la plaga. Además las tablas de vida construidas para *T. solanivora* permitieron cuantificar el crecimiento poblacional de la plaga y del mismo modo observar el efecto negativo que tuvo el genotipo de Tuquerreña con un nivel alto de antibiosis sobre los parámetros demográficos y reproductivos del insecto.

## AGRADECIMIENTOS

A Carlos Eduardo Ñustez. I. A. M.Sc. en Fitomejoramiento, profesor Asociado de la Universidad Nacional de Colombia (Bogotá), por el suministro de información así como las recomendaciones para llevar a cabo la presente investigación; a Juan Vicente Romero, I.A., disciplina de Mejoramiento Genético, CENICAFÉ, por la colaboración en la ejecución de los análisis estadísticos mediante la prueba Jackknife; a FEDEPAPA (Obonuco) por el suministro del material de la variedad Tuquerreña, a los asesores: Claudia Salazar. I. A. M.Sc., Oscar Checa Coral. I. A. Ph.D y Tulio Lagos. I. A. Ph.D, profesores de la FACIA de la Universidad de Nariño, por el suministro de material bibliográfico y por la asesoría brindada para el desarrollo de esta investigación y a todos aquellos que de una u otra manera colaboraron en el desarrollo de esta investigación.

## LITERATURA CITADA

- ALVARADO, L. F. 1992. Descripción de las principales variedades de papa cultivadas en Nariño. Minagricultura, Instituto Colombiano Agropecuario, Regional 5. 15 p.
- ÁLVAREZ, G. 1996. Estudios sobre la biología y ciclo de vida de la Polilla de la papa *Tecia solanivora* (Povolny). Informe de pasantía. CORPOICA. 55p.
- ÁLVAREZ, G. y TRILLOS, O. 1999. Estudio sobre la Biología y Cría de la Polilla de la Papa *Tecia Solanivora* Povolny. En: Conclusiones y Memorias del Taller: Plan Estratégico para el Manejo de *Tecia Solanivora* en Colombia. 22 al 24 de Julio 1.998. Universidad Nacional de Colombia, FEDEPAPA, IICA. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá. pp. 29.
- 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. Memorias del II Taller nacional sobre *Tecia solanivora*. CEVIPAPA. Bogotá. pp. 119-122
- BEJARANO, V, ÑUSTEZ, C y LUQUE, E. 1997. Respuesta de 10 variedades de papa (*Solanum tuberosum*) y 3 híbridos interespecíficos al ataque de *Tecia solanivora* en condiciones de almacenamiento. Agronomía Colombiana. Bogotá. 15(2):138-143.
- CARDONA, Cesar. 1998a. Entomología económica y manejo de plagas. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 98 p.
- CARDONA, Cesar. 1998b. Resistencia varietal a insectos. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 86 p.
- CHÁVEZ, R., SCHMIEDICHE, P. E., JACKSON, M. T. y RAMAN, K. V. 1988. The breeding potential of wild potato species resistant to the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller). Euphytica. 39: 123-132
- ECHEVERRÍA, C. 1997. Aspectos biológicos y manejo integrado de la Polilla Guatemalteca de la papa *Tecla solanivora*, En: Manejo Sanitario del cultivo de la papa. Curso, memorias. Abril 9, 10, 11 de 1997. San Juan de Pasto, Nariño, Colombia. pp. 50-52.
- HERRERA, F. 1998. La Polilla Guatemalteca de la Papa: Biología, comportamiento y prácticas de Manejo Integrado. Programa Regional Agrícola, Reg. 1, CORPOICA. pp. 10.

- LUJAN, L y ARÉVALO, H. 1992. Variedades de papa colombiana. En: Revista papa, FEDEPAPA. 4: 4-21.
- MAIA, A. *et al.* 2000. Statistical inference on associated fertility life table parameters using jackknife technique: Computational aspects. *Economic Entomology*. p. 511-518
- MINAGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. 2006. Observatorio Agrocadenas de Colombia, Cadena de la Papa en Colombia. 2005. En: [http://www.agrocadenas.gov.co/documentos/coyuntura/Inf\\_Coyuntura\\_papa\\_4.pdf](http://www.agrocadenas.gov.co/documentos/coyuntura/Inf_Coyuntura_papa_4.pdf). 1p.; consulta: Enero de 2009
- NOTZ, Armando. 2008. Influencia de la temperatura sobre la biología de *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) criadas en tubérculos de papa *Solanum tuberosum*. En: <http://www.redpav.avepagro.org.ve/entomol/v11-1/v1101a07.html>. 1p.; consulta: Enero de 2008
- ÑUSTEZ, Carlos, CADENA, Marleny y NARANJO, Álvaro. 2005. Evaluación de la Respuesta de 60 genotipos de *Solanum phureja* al ataque de la Polilla Guatemalteca (*Tecia solanivora* Povolny). *Agronomía Colombiana*. Bogotá. 23 (1): 112-116
- OKUNAGA, Y. y OCHOA, R. 1987. Estudios de dinámica Reproductiva en palomilla de la papa *S. solanivora* y relación Natalidad/mortalidad para *S. solanivora* y *Phthorimaea operculella*. En: XIII Reunión ALAP. Panamá, 09 al 13 de Marzo de 1987. pp. 402 - 418.
- ORDAS, A. BUTRON, Soengas, and R. A. Malvar. 2002. Antibiosis of the pith of maize to *Sesamia nonagrioides* (Lepidoptera: Noctuidae). *Economy Entomologic*. 95:1044 - 1048.
- ORTIZ, R., IWANAGA, M., RAMAN, K. V. y PALACIOS, María. 1990. Breeding for resistance to potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller), in diploid potatoes. *Euphytica*. 50: 119-125.
- RABINOVICH, Jorge. 1990. Introducción a la Ecología de Poblaciones de Animales. Centro de Ecología del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Editorial Continental S.A. México. pp. 114-244
- RAMAN. K.V. 1986. Nuevas estrategias en el control de plagas de papa. En Memorias del curso sobre control integrado de plagas de papa. Bogotá, Colombia. pp. 69.
- RINCÓN, Diego Fernando y LÓPEZ, Aristóbulo. 2004. Dimorfismo sexual en pupas de *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae). Artículo técnico CORPOICA, Centro Tibaitatá. Bogotá, Colombia. *Revista CORPOICA*. 5(1):41-42

- RINCÓN, Diego y GARCÍA Javier. 2007. Frecuencia de cópula de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae). Revista Colombiana de Entomología. 33(2):133-140
- RODRÍGUEZ, Esperanza y ARANGO, Rafael. 2000. Mejoramiento no tradicional de semilla de papa (*S. tuberosum*) mediante desarrollo de líneas resistentes a *Tecia solanivora*. En: <http://www.cevipapa.org.co/verproyectos.php?id=4>. 1p.; consulta: Enero de 2009.
- ROMERO, Juan Vicente y CORTINA, Hernando. 2007. Tablas de vida de *Hipotenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) sobre tres introducciones de café. Revista Colombiana de Entomología. 33(1):10-14.
- SHARMA, H. C. 1993. Host-plant resistance to insects in sorghum and its role in integrated pest management. Crop Protection. 12:11–34.
- SMITH, C. Michael. 2005. Plant Resistance to Arthropods, Molecular and Conventional Approaches. Editorial Springer. Manhattan. 421p.
- THORNHILL, R.; ALCOCK, J. 2001. The evolution of insect mating systems. Harvard University Press. Cambridge. 576 p.
- TÓRRES, F., NOTZ, A. y 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. Boletín Entomológico de Venezuela. 12(1):81-94
- VALDERRAMA, Ana Milena; VELÁSQUEZ, Nubia; RODRÍGUEZ, Esperanza; ZAPATA, Andrea; ZAIDI, Mohsin Abbas; ALTOSAAR, Illimar; ARANGO, Rafael. 2007. Resistance to *T. solanivora* in three transgenic andean varieties of potato expressing *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac Protein. Entomological Society of America. 100 (1). En: <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=18510103>. 1p.; consulta: Diciembre de 2008.
- WISEMAN, B. R. 1999. Cumulative effects of antibiosis on five biological parameters of the fall armyworm. Fla. Entomol. 82:277–283.