CEVIPAPA

Centro virtual de investigación de la cadena agroalimentaria de la papa

CNP

Consejo Nacional de la Papa

Memorias

Tecia solanivora
II Taller Nacional

"Presente y futuro de la investigación en Colombia sobre Polilla Guatemalteca"

Bogotá, Colombia
Abril 24-25 de 2003

ANDI
Cámara de la Industria para la Protección de Cultivos

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

CEVIPAPA

Centro virtual de investigación de la cadena agroalimentaria de la papa

CNP

Consejo Nacional de la Papa

Tecia solanivora
II Taller Nacional

"Presente y futuro de la investigación en Colombia sobre polilla guatemalteca"

Memorias

Bogotá, Colombia
Abril 24-25 de 2003

ANDI
Cámara de la Industria para la Protección de Cultivos

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

COMITÉ ORGANIZADOR

Iván Gutiérrez Restrepo, M. A., E. A. G.
Director Ejecutivo de CEVIPAPA

Héctor Villarreal Márquez.
Secretario Técnico del Consejo Nacional de la Papa

Jaime Soriano Arias, M.Sc.
ANDI - Cámara de la industria para la protección de cultivos

AUSPICIO

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia
ANDI - Cámara de la industria para la protección de cultivos

ORGANIZACIÓN

CEVIPAPA
Consejo Nacional de la Papa

COMITÉ ACADÉMICO

María Hersilia Bonilla, Bioq., M.Sc.
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Carlos E. Ñústez, I. A., M.Sc.
Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia

Miguel Serrano, Bio., Ph.D.
Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia

Jaime Soriano, I. A., M.Sc. ANDI, Cámara de la industria para la protección de cultivos

DELEGADOS DE LAS MESAS DE TRABAJO

Nancy Barreto, I. A., M.Sc. - Corpoica
Control Etológico y Cultural

Alejandro Chaparro, I. A., Ph.D. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia
Biotecnología y Mejoramiento

Elkin Flórez, I. A., M.Sc. Centro de Excelencia Fitosanitaria
Aspectos básicos de la biología de *Tecia solanivora*

Miguel Serrano, Bio., Ph.D. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia
Control Biológico

Edison Valencia, Bio., Ph.D. ANDI, Cámara de la industria para la protección de cultivos
Control Químico

DISEÑO E IMPRESIÓN

Rasgo & Color Ltda / Tel: 314 3540 - 2400 495

Presentación

Constituye un honor y motivo de especial satisfacción presentar ante la comunidad científica las Memorias del II Taller Nacional sobre *Tecia solanivora*, organizado por CEVIPAPA (Centro virtual de investigación de la cadena agroalimentaria de la papa) y el Consejo Nacional de la Papa, con el auspicio del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y la Cámara de la industria para la protección de cultivos de la ANDI, evento en el que se definieron las líneas de acción prioritarias que se deben acometer en temas relacionados con la investigación sobre esta plaga en Colombia.

El taller, celebrado en Bogotá durante los días 24 y 25 de abril de 2003, reunió un selecto grupo de investigadores conformado por 65 profesionales vinculados a distintas entidades y organizaciones técnicas y académicas interesadas en trabajar en temas relacionados con la polilla guatemalteca, plaga que se ha constituido en azote de los cultivos de papa en Colombia, en donde causa severos daños con efectos muy negativos sobre la economía del cultivo y del país. El verdadero impacto sobre esta última se aprecia en su real magnitud cuando se considera que en las distintas actividades que se desarrollan en la cadena trabajan aproximadamente quinientos mil colombianos y que el producto es básico en nuestra canasta familiar, afirmación demostrada claramente cuando se registra que el solo cultivo de la papa fue el responsable de un 14% en el aumento en el Indice General de Precios al Consumidor en 2002.

El profundo contenido científico, y la relevancia y novedad de los temas objeto de las investigaciones sobre *Tecia solanivora* realizadas durante los últimos tres años en Colombia, cuyos resúmenes están incluidos en estas Memorias, así como la sistematización académica y el método didáctico con que se presentan, permiten pensar en que este material de valor incuestionable se constituirá en fuente bibliográfica objeto de consulta permanente por parte de agricultores, biólogos, ingenieros agrónomos, estudiantes y, en general, de todos aquellos comprometidos con la investigación y el desarrollo tecnológico.

IVÁN GUTIÉRREZ RESTREPO
Director Ejecutivo
CEVIPAPA

Los trabajos presentados hacen parte de las investigaciones realizadas por las entidades participantes en el taller y las ideas y conceptos emitidos son responsabilidad exclusiva de sus autores. La Dirección del Centro agradece a los señores Alejandro Silva, Biólogo y Aristóbulo López, I. A., Ph. D. por su especial colaboración en la preparación del material incluido en esta edición de las memorias del II Taller Nacional de Tecia solanivora.

Tabla de Contenido

CONTROL BIOLÓGICO EN EL MANEJO INTEGRADO DE *Tecia solanivora*

CONTROL QUÍMICO EN EL MANEJO INTEGRADO DE *Tecia solanivora*

CONTROL ETOLÓGICO Y CULTURAL EN EL MANEJO INTEGRADO DE *Tecia solanivora*

BIOTECNOLOGÍA Y MEJORAMIENTO EN EL MANEJO DE *Tecia solanivora*

RESULTADOS DE INVESTIGACIONES REALIZADAS EN EL PERÍODO 1998-2002

Tecia solanivora
II TALLER NACIONAL
PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN ESTABLECIDAS

Durante el desarrollo del taller se identificaron las prioridades de investigación, generales y por programa, las cuales pueden ser ejecutadas por diferentes entidades y organizaciones vinculadas a la cadena de la papa.

AREAS PRIORITARIAS COMUNES DE INVESTIGACION	LÍNEAS DE ACCIÓN	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN
	1. Determinar el umbral de acción	Determinar el daño en el cultivo con diferentes niveles de población en campo.	- No se conoce el efecto de los niveles de población en los daños y perdidas ocasionadas en el cultivo de papa. - Su conocimiento permitirá racionalizar las acciones de control y reducir el impacto
	2. Desarrollo de una dieta artificial	- Obtención de una dieta artificial que permita el desarrollo del ciclo completo de *Tecia solanivora* y la realización de diferentes estudios bajo condiciones controladas.	- No se ha desarrollado una dieta efectiva para diferentes estudios de investigación
	3. Genes de *Bacillus thuringiensis* y *Serratia marcescens*	- Adelantar estudios básicos de identificación y toxicidad de los genes de las cepas nativas que han sido identificadas en las diferentes instituciones.	- Determinar y caracterizar genes que puedan ser utilizados en programas de transformación genética.
	4. Caracterización de focos	- Establecer las dispersiones de *Tecia solanivora* en campo. - Desarrollo de una metodología para la detección de focos de *Tecia solanivora*, cartografía de lotes y distribución de la polilla a nivel regional.	- Se desconoce la capacidad invasiva de la plaga. - Aparentemente, el comportamiento de la plaga es focal. - Reducción y optimización de costos de manejo.
	5. Sistemas de monitoreo y muestreo.	- Buscar alternativas eficientes de muestreo (absoluto o no) para diferentes condiciones de producción.	- La información disponible es inconsistente o posiblemente incompleta, debido al monitoreo efectuado sobre machos. - Racionalización de la aplicación de medidas de control
	6. Metodología de investigación en condiciones controladas	- Introducir ensayos con agroquímicos bajo condiciones controladas como metodología comparativa y confirmatoria de los ensayos de campo	- Dudas sobre una posible inconsistencia de resultados o sobre la correlación causa-efecto entre las variables involucradas en el manejo de *Tecia solanivora*. - Ampliar la validez de los resultados obtenidos en campo (se propone hacerlo en paralelo con las pruebas de campo).

	PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN		
	LÍNEAS DE ACCIÓN	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN
PROGRAMA CONTROL ETOLÓGICO Y CULTURAL	1. Ampliar y mantener la red de vigilancia con una cobertura nacional	- Determinar áreas de mayor incidencia y áreas libres de la plaga	- No hay un inventario que muestre la incidencia verdadera de la plaga
	2. Investigación sobre manejo de trampas en campo para detección de fuentes de infestación por región en el país	- Determinar fuentes de infestación y definir número de trampas que se deben utilizar por unidad de área	- No hay claridad en el uso de las trampas como control etológico
	3. Investigar el uso de cebos atrayentes y alternativas de trampas de intercepción y otras que sean efectivas para capturar hembras	- Determinar umbrales de acción	- No está determinado el umbral de acción
	4. Continuar la investigación en cuanto al uso de residuos de cosecha	- Hacer un uso adecuado de los residuos de cosecha - Determinar la incidencia de otros problemas patológicos que pueden ser diseminados a través de los animales que consumen este tipo de papa	- Los tubérculos no cosechados constituyen en una fuente de infestación

	PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN		
	LÍNEAS DE ACCIÓN	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN
PROGRAMA CONTROL QUÍMICO	1. Determinar la época óptima de aplicación de insecticidas según la dinámica poblacional de la plaga	Optimizar el control químico dentro del manejo integrado	- Se requiere hacer un uso eficiente y racional de los insecticidas
	2. Es necesario orientar la investigación al desarrollo de productos ovicidas	Mejorar la eficacia del manejo de la polilla bajo condiciones comerciales, complementando el control químico dentro del MIP	El hábito de oviposición de *Tecia solanivora* da la oportunidad de hacer un control de las posturas en campo
	3. Validar las técnicas de aplicación que permitan optimizar el manejo de insecticidas químicos por modo de acción, por mecanismo y por residualidad	- Mejorar la eficiencia del control químico como complemento a un MIP	- Mejorar la relación costo beneficio, favoreciendo un manejo racional de los productos
	4. Desarrollo de cebos tóxicos atrayentes para incorporarlos en el MIP	- Desarrollo de otras alternativas de control de los adultos de *Tecia solanivora* en MIP	Se trata de un método de control específico y dirigido a la plaga directamente y con un mínimo impacto en la fauna benéfica y otros componentes del agroecosistema
	5. Desarrollo de alternativas de control para ser usadas durante el periodo de carencia de los productos químicos	Búsqueda de alternativas de control diferentes al químico, que puedan ser utilizadas durante el periodo de carencia de los insumos químicos	No se dispone de alternativas de control durante el periodo cercano a la cosecha del producto, en la que los tubérculos son más susceptibles de ser atacados

PROGRAMA CONTROL BIOLÓGICO	PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN		
	LÍNEAS DE ACCIÓN	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN
	1. Desarrollo de formulaciones de *Baculovirus* de fácil aplicación en campo	- Desarrollar una formulación efectiva de *Baculovirus* que brinde protección frente a condiciones medioambientales adversas y que sea de fácil aplicación - Realizar pruebas de compatibilidad con otras medidas de control - Determinar el efecto del producto sobre la fisiología de la planta - Conocer la cuantificación del virus en el producto (actualmente el control de calidad se basa en composición por unidades insectiles y por su actividad controladora)	El Baculovirus ha demostrado ser el microorganismo más eficiente para el control de la plaga en almacenamiento
	2. Desarrollo de un sistema de escalamiento de la producción y de la formulación del nematodo *Steinernema feltiae*, que ha mostrado resultados promisorios	- Desarrollar una formulación efectiva del nemátodo que brinde protección frente a condiciones ambientales adversas y que sea de fácil aplicación - Realizar pruebas de compatibilidad del nemátodo con otras pruebas de control	- Hay resultados que demuestran que el uso de nematodos puede ser promisorio dentro del control biológico de *T. solanivora*.
	3. Evaluación de la diversidad de *Baculovirus* en Colombia.	- Establecer una colección de Baculovirus que tenga potencial para el control de *T. solanivora*	- El Baculovirus ha demostrado ser el microorganismo más eficiente para el control de la plaga en almacenamiento.

PROGRAMA FITOMEJORAMIENTO Y BIOTECNOLOGÍA	PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN		
	LÍNEAS DE ACCIÓN	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN
	1. Estudio bioquímico complementario que aborde la actividad de enzimas digestivas en larvas de *Tecia solanivora* en relación con inhibidores de proteasas y proteasas endógenas	Determinar el grado de efectividad controladora de los inhibidores de tipo miraculina en *Tecia solanivora*	Determinar la eficiencia de la estrategia
	2. Complementar los estudios de selección de materiales resistentes a *Tecia solanivora* en las colecciones nacionales de papa y estudiar los mecanismos involucrados en la resistencia de esos materiales	Evaluar de manera completa la colección nacional de germoplasma de papa en relación con su resistencia natural a *Tecia solanivora* utilizando una metodología estandarizada Estudiar los mecanismos morfológicos, bioquímicos y moleculares de dicha resistencia	- Disponer de materiales resistentes a la plaga que puedan ser incorporados en programas de mejoramiento genético

PROGRAMA ESTUDIOS BÁSICOS SOBRE *Tecia solanivora*	PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN		
	LÍNEAS DE ACCIÓN	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN
	1. Orientación de *T. solanivora* hacia fuente de atracción	- Conocer el radio de acción directa de la feromona a la cual el insecto responde activamente y la influencia de factores ambientales, en especial del viento - Evaluar diferentes fuentes de atracción para hembras y larvas de *Tecia solanivora*	- No hay información de la respuesta de *T. solanivora* a la acción directa de la feromona - La información que existe es inconsistente
	2. Tabla de vida y comportamiento reproductivo de *T. solanivora*	- Conocer el comportamiento reproductivo que tienen las hembras de *T. solanivora* (monógamas, polígamas) - Conocer la capacidad de apareamiento de los machos en campo.	- No se tienen resultados del comportamiento reproductivo de *T. solanivora* en campo - Este conocimiento es básico para determinar la eficacia de feromonas como medida de control
	3. Comportamiento de *Tecia solanivora* de acuerdo con factores climáticos	- Factores climáticos que determinan el inicio de la actividad (movimiento, apareamiento u oviposición) de *Tecia solanivora*	- No hay información consistente de la población - Predicciones del comportamiento de la población con base en el clima
	4. Tamaño de parcela para evaluación de tratamientos de control de *Tecia solanivora*	- Conocer el tamaño de parcela ideal para evaluación de tratamientos de control de polilla guatemalteca - Especificar condiciones y costos de manejo	- Algunas investigaciones dan como resultado un tamaño de 60 m² por parcela; se debe evaluar en diferentes localidades. Además, se propone el uso de las trampas de tubérculos enterrados debajo del follaje al inicio de cultivo (cuando las plantas aún no cierran calles), con el fin de tomar muestras de larvas

PROGRAMA BIOTECNOLOGÍA Y MEJORAMIENTO	PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN		
	PRODUCTO		
	1. Vector de transformación con genes IP 2. Cepas de *Bacillus thuringiensis* con actividad insecticida sobre *Tecia solanivora*. 3. Clones de papa *Solanum phureja* resistentes a *Tecia solanivora*	- Productos de investigación transferibles entre instituciones de investigación a través de acuerdos de transferencia de material biológico	- Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá - Corporación para Investigaciones Biológicas –CIB- Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá y CORPOICA - Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá

PRODUCTOS DISPONIBLES PARA APLICAR Y TRANSFERIR			
	Producto	**Estrategia de transferencia**	**Entidad responsable**
PROGRAMA CONTROL BIOLÓGICO	1. Baculovirus para aplicación en semilla en almacenamiento	- Escalamiento y registro	- CORPOICA y otros Centros especializados de Investigación
	2. *Trichogramma lopezandinensis* para control de *T. solanivora* en almacenamiento, liberando 300 hembras cada 3 días	- Mejorar los dispositivos de liberación y la efectividad del parasitoide	

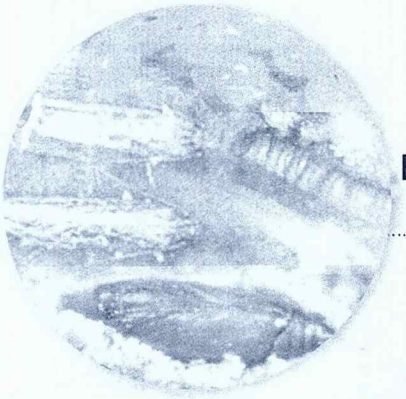
PRODUCTOS DISPONIBLES PARA APLICAR Y TRANSFERIR			
	Productos	**Estrategias**	**Entidades responsables**
PROGRAMA CONTROL ETOLÓGICO Y CULTURAL	1. Trampas con feromona para detección y vigilancia	- Se recomienda el uso de dispensadores nuevos con feromona sexual durante un solo ciclo del cultivo en las diferentes zonas de producción del país - El sistema de captura de machos en trampas de feromona y agua jabonosa se puede ajustar muy bien a productores con grandes áreas de cultivo (10 o más ha). Para pequeños productores se recomienda un manejo regional, mediante la asociación de los mismos, para mejores resultados	Todos los actores de la cadena de la papa
	2. Eliminación y aprovechamiento de los residuos de cosecha como elemento básico de un programa MIP, lo cual debe estar unido a una cosecha oportuna y aporques altos	Campañas de información y transferencia de tecnología para promover y crear conciencia en el agricultor sobre la necesidad de eliminar los residuos y difundir alternativas de aprovechamiento de los mismos - Aplicación de medidas legales, previa difusión de las mismas a los agricultores	
	3. Estrategias de control en tiempo crítico	- Integrar diferentes estrategias de control en la etapa de 100 a 180 días después de la siembra, por ser la época de mayores poblaciones y riesgo de daño	

PRODUCTOS DISPONIBLES PARA APLICAR Y TRANSFERIR			
	Productos	**Estrategias**	**Entidades responsables**
PROGRAMA CONTROL QUÍMICO	- Utilización de insecticidas dentro de un concepto de manejo integrado de plagas	- Elaboración y ejecución de un proyecto de comunicación y transferencia del manejo integrado	ANDI, FEDEPAPA, ICA, Secretarías de Agricultura y otros medios de la producción

PRODUCTOS DISPONIBLES PARA APLICAR Y TRANSFERIR			
	Producto	**Estrategia**	**Entidad responsable**
PROGRAMA ASPECTOS BÁSICOS DE LA BIOLOGÍA DE *Tecia solanivora*	1. Los inhibidores de amilasa se pueden incorporar en programas de mejoramiento genético	Productos tecnológicos transferibles para diferentes instituciones, como base de futuras investigaciones	Universidad de Caldas
	2. *T. solanivora* posee un comportamiento penumbral, y presenta su actividad en las primeras horas del día y de la noche		
	3. Las oviposiciones ocurren en su mayoría alrededor del cuello de la raíz y la pupación sobre la superficie del suelo en campo abierto. En papa almacenada, la polilla oviposita sobre los tubérculos sucios, debajo de la tierra adherida y cerca de los ojos de la papa. La duración del ciclo de vida en campo concuerda con los resultados presentados en investigaciones anteriores (83,3 ± 13,6 días). Esta información ayudará a reorientar el sistema de manejo integrado al brindar información básica		Darío Corredor, Ph.D. y CORPOICA
	4. La dependencia espacial de las polillas o acción de distancia de las trampas, alcanzan tamaños de 47 - 120 m en densidades poblacionales bajas o altas, respectivamente.		

TEMAS DE INVESTIGACIÓN QUE NO DEBEN CONTINUAR POR FALTA DE INFORMACIÓN BÁSICA, POR NO APORTAR A LA SOLUCIÓN PRÁCTICA DEL PROBLEMA O POR LA EXISTENCIA DE ALTERNATIVAS MÁS VIABLES	
Temas	**Justificación**
1. Uso de *Bacillus thuringiensis* como bioplaguicida utilizado contra *Tecia solanivora*	- Bajos resultados de control encontrados hasta el momento y que no superan el 70% en condiciones de laboratorio - Alta concentración de inóculo requerida - Poca probabilidad de que Bt, como bioplaguicida, llegue al sitio donde se encuentra la plaga en campo

SUGERENCIAS
CONTROL BIOLÓGICO
1. Los resultados de control con *T. lopezandinensis* no han sido muy contundentes y dada la baja probabilidad de que el parasitoide encuentre los huevos de la polilla, se sugiere que se continúe el trabajo enfocándolo al control de otras polillas. Igualmente se sugiere que el proyecto sea presentado a instituciones que financien investigación de tipo básico
2. Una de las prioridades para control biológico de *T. solanivora* debe ser la incorporación de control biológico clásico, es decir, la búsqueda de enemigos naturales en los sitios de origen de la plaga, su posible introducción al país y la evaluación de su capacidad biocontroladora
3. Involucrar entidades y personal en las actividades de campo, con el fin de colaborar en la colecta de materiales con potencial para controlar la plaga, es decir, larvas con síntomas aparentes de enfermedad causadas por Baculovirus, parasitoides y enemigos naturales. Así mismo, podrían colaborar con la evaluación de los componentes de control de *T. solanivora*
4. Usar B.t. y *S. marcescens*, como fuente de genes para el desarrollo de plantas transgénicas
CONTROL QUÍMICO
1. Solicitar al ICA el control de calidad de las feromonas que se utilizan para el monitoreo de *T. solanivora*, pues en algunos casos no se respetan las fechas de vencimiento
2. Estudiar, con la participación del ICA LANIA, los efectos de la aplicación de residuos de fosfuro de aluminio en papa en fresco
3. Investigar el efecto de control de *T. solanivora* a agentes inertes como caolín, tierra de diatomeas y talcos
CONTROL CULTURAL Y EDUCATIVO
1. Institucionalizar e intensificar campañas de transferencia de tecnología para el manejo integrado de la polilla
2. Exigir el cumplimiento de normas para uso de plaguicidas
3. Evaluar métodos y medios de transferencia de tecnología que sean eficientes y aceptados por los agricultores para que haya más receptividad a las propuestas dadas por los investigadores
4. Hacer seguimiento y evaluación de la adopción de tecnológica
5. Capacitar a las nuevas generaciones (niños de las escuelas rurales)
6. Identificar las prácticas más utilizadas por agricultores según su eficiencia y costo
7. Crear estrategias de intercambio de información entre instituciones y técnicos en todas las zonas productoras
8. Realizar reuniones técnicas con actores de la cadena para socializar resultados oportunamente



Estudios básicos de la biología de *Tecia solanivora*

Una metodología estadística eficiente para la evaluación de tratamientos de manejo de polilla guatemalteca mediante el seguimiento de poblaciones y el muestreo de la cosecha

Julio Ricardo Galindo[1], *Jeannette Amparo Español*[1]

Resumen

Un inconveniente importante para realizar la investigación del manejo agronómico de polilla guatemalteca es la falta de una metodología estadística validada en donde el tamaño de la unidad experimental, número de plantas a muestrear, forma de evaluación de daños y disposición de las unidades experimentales sea apropiada y eficiente. En este trabajo se planteó como objetivo elaborar una propuesta metodológica para la evaluación experimental de métodos de manejo de ésta plaga. Mediante ensayos realizados en el Centro de investigación Tibaitatá de Corpoica, se probaron varios métodos de captura de larvas de polilla para el seguimiento y correlación con la aparición de daños en el cultivo y se analizó un tamaño óptimo de parcela con la evaluación de la distribución espacial de los daños en la cosecha de acuerdo con la metodología de Smith. Los resultados demostraron que las trampas con follaje como atrayente conjuntamente con tubérculos de papa enterrados como método de captura, fueron las más eficientes en todos los instares larvales del insecto, y que utilizar un tamaño experimental con parcelas de 60 m^2, número de repeticiones 5, número de tratamientos 4, para un área total de 1.200 m^2 bajo el diseño de bloques completos al azar, es un método adecuado para evaluar daños de cosecha por el ataque de polilla guatemalteca en papa.

Palabras clave: Trampas adherentes. Feromonas. Dinámica de población.

An efficient methodology to evaluate management treatments of the Guatemalan potato tuber moth *Tecia solanivora* (Povolny 1973) (Lepidoptera: Gelechidae) through population monitoring and crop sampling

Summary

An important inconvenient to carry out research regarding the agronomic management of the Guatemalan potato tuber moth is the lack of a validated statistical methodology, in which the experimental unit size and distribution, number of plants to be sampled and damage evaluation procedure could be appropriate and efficient. The objective in this study was to propose a methodology to experimentally evaluate management methods of this pest. Several methods to capture moth larvae were tested in field assays, carried out at Tibaitatá Research Centre of Corpoica. These methods were used to follow-up moth populations and correlate collected data with the occurrence of crop damage. Optimal plot size was analysed by evaluating crop damage spatial distribution, according with the Smith's methodology. Results demonstrated that traps with foliage as attracting agent in conjunction with buried potato tubers as capture method were

[1] I.A., M.Sc., Investigador del Programa Nacional de Biometría. Corpoica. C.I. Tibaitatá. Km. 14 vía Mosquera. Correo electrónico: rgalindo@corpoica.org.co

the most efficient traps for all larval instars. It was established also that a randomized complete block design with a plot size of 60 m^2, 5 replications and 4 treatments each (total area: 1,200 m^2) is an adequate method to test crop damage due to Guatemalan potato tuber moth attack.

Key words: Insect traps. Plot size. Spatial distribution.

Introducción

La evaluación de tratamientos para el manejo de polilla guatemalteca (*Tecia solanivora* (Povolny 1973)) en cultivos de papa se basa principalmente en la apreciación, durante la cosecha, de los daños ocasionados por esta en los tubérculos. Sin embargo, hasta el momento no existe información que oriente a los investigadores sobre las características deseables en un diseño experimental en relación, por ejemplo, con el tamaño de la unidad experimental, el número de plantas a evaluar, la forma de evaluar los daños y la disposición de las unidades experimentales en el campo.

Para contribuir a la solución de estos interrogantes, se llevaron a cabo varios ensayos en un cultivo de papa criolla, en los cuales se evaluaron las poblaciones de polilla guatemalteca y los daños que esta especie genera. Entre los distintos procedimientos de seguimiento, fueron empleados métodos de captura como trampas para atraer insectos adultos y medir la colonización efectiva de los tubérculos por estados larvales del insecto. También se construyeron bases de datos con información especializada de daños producidos por la polilla en la cosecha, con el fin de definir las dimensiones más convenientes de la parcela experimental.

Materiales y métodos

La realización del presente trabajo tuvo lugar en el Centro Experimental Tibaitatá, (Km. 14 vía Mosquera), en el segundo semestre del 2001.

Se eligió la variedad "yema de huevo" o papa "criolla" para la realización de los ensayos, debido a la brevedad de su ciclo de vida y la susceptibilidad al ataque de polilla guatemalteca que esta variedad presenta. En general, la variable de interés fue el porcentaje de tubérculos afectados por larvas.

Con el fin de evaluar la aparición y desarrollo poblacional de los estados larvales de polilla guatemalteca fue necesario el diseño de diferentes tipos de trampas:

- Trampas de caída: consiste en un recipiente plástico blanco de 22 x 16 cm de diámetro con dos aberturas laterales de 8 x 15 cm. En el interior del recipiente y suspendido de la tapa del mismo, se coloca un vaso pequeño con tubérculos de papa que sirven para atraer los insectos. Los recipientes se entierran hasta el nivel inferior de las aberturas laterales y en su interior se vierte una solución jabonosa donde caen los insectos. Con esta trampa se pretende capturar larvas de cuarto instar (las cuales recorren el suelo antes de entrar al estado de pupa) y adultos de polilla guatemalteca.

- Trampa de tubérculos enterrados: esta trampa utiliza un cilindro de malla metálica de 10 cm de diámetro y 14 cm de longitud, el cual se entierra en el suelo a 7 cm de profundidad. En el interior del cilindro se colocan 6 tubérculos y se cubren con una capa de 7 cm de suelo, con lo cual la superficie del terreno queda nivelada.

Esta trampa permite evaluar la presencia de todos los instares larvales de polilla guatemalteca. El tratamiento representa la condición natural del tubérculo sembrado y se espera que durante el tiempo de evaluación se dé la germinación del tubérculo viable y emergencia de la planta.

•Trampa de tubérculos enterrados y tallos expuestos: es esencialmente igual a la anterior, pero adicionalmente se colocan tallos frescos de papa sobre la superficie del suelo cubriendo la trampa. *El supuesto básico de este método consiste en que el adulto hembra de polilla busca*, en primer lugar, el follaje de la planta y posteriormente desciende al suelo a ovipositar. Las larvas que emergen deben cavar hasta encontrar los tubérculos enterrados.

•Trampa de tubérculos expuestos: en esta trampa se utiliza un cilindro de malla de 10 cm de diámetro por 14 cm de largo, enterrado a 7 cm de profundidad. Para tal fin se cava en el suelo un hoyo donde se coloca el cilindro y dentro del mismo se vierte material edáfico hasta nivelar el terreno. A continuación se colocan superficialmente seis tubérculos dentro de la parte sobre saliente del cilindro, los cuales quedan expuestos a la intemperie. Esta trampa pretende simular el efecto de la papa almacenada o abandonada sobre el suelo después de la cosecha. Con esta trampa se pueden evaluar todos los instares larvales.

•Trampa de refugio tipo costal: con este nombre se identifica una trampa que utiliza un cilindro de malla enterrado de 10 cm de diámetro el cual se cubre con un costal de 20 cm x 20 cm dispuesto sobre el suelo. Con esta trampa se pretende que las larvas de cuarto instar que salen a la superficie del suelo después de alimentarse del tubérculo de papa, utilicen el costal como refugio para entrar al estado de pupa.

•Testigo: tratamiento que emplea un cilindro de malla de las mismas dimensiones enterrado de igual manera que las trampas anteriores. En su interior se colocan seis (6) tubérculos de papa que se cubren con suelo y sobre la superficie del mismo se coloca una tapa blanca de 12 cm de diámetro, que pretende impedir o dificultar la llegada de polilla guatemalteca a los tubérculos.

Dado que la evaluación de estas trampas requiere desmontarlas, se incluyó como segundo factor de análisis la semana de instalación de las mismas. Se trabajaron cuatro (4) fechas de instalación, distanciadas entre sí una semana, de tal manera que fuese posible determinar el momento más adecuado para evaluar la población de estados inmaduros de polilla guatemalteca.

Los diferentes tratamientos se montaron en un cultivo de papa criolla, bajo el diseño de bloques completos aleatorizados en arreglo de parcelas divididas, donde la parcela principal fue la época de la colocación de las trampas y las subparcelas fueron los diferentes tipos de trampas.
El área experimental fue de 1000 m^2, con 20 surcos distanciados a 1,20 m y las plantas distanciadas a 40 cm. Se consideró la unidad experimental como el área delimitada por las plantas circunvecinas a la ubicación de la trampa, la cual medía aproximadamente 1,2 m x 0,8 m. Se trabajaron 4 réplicas en bloques de 12 m de largo x 24 m de ancho.

Las capturas realizadas con las trampas de caída y de costal se evaluaron dos veces por semana para contar la presencia de larvas, pupas o adultos capturados. Los tratamientos restantes se revisaron un mes después de la instalación de cada juego de trampas, para contar en el laboratorio el número de larvas en los tubérculos. Posteriormente, se realizó la reinstalación de los tratamientos y se continuaron las observaciones para hacer un seguimiento completo al ciclo del cultivo. En total se evaluaron trampas durante 20 semanas consecutivas, desde el 9 de octubre de 2001, hasta el 21 de enero de 2002.

Para tener una base de comparación entre la efectividad de las trampas y el desarrollo de la plaga en el cultivo, se hicieron muestreos destructivos de plantas para cada parcela, los cuales consistieron en la evaluación semanal de la presencia de larvas en los tubérculos de dos plantas (32 plantas por semana). Esto se realizó a partir del inicio de la tuberización hasta la finalización del cultivo.

Adicional a los tratamientos, se colocaron en las afueras del lote dos trampas de feromona, con el fin de tener un punto de comparación con resultados de otras investigaciones.

En cuanto a la determinación del tamaño óptimo de la parcela experimental para ensayos de manejo de polilla guatemalteca, se partió de la información consignada en dos trabajos de tesis realizados en el Centro Experimental de Tibaitatá: el primero corresponde al trabajo de grado de María Lucía Sánchez (1999) y el segundo a la tesis de grado para optar el título de Magister presentado por Jeannette Amparo Español A. (2002). En dichos trabajos se realizó la evaluación por planta de los daños ocasionados por polilla guatemalteca en los tubérculos de papa, en el momento de la cosecha. A continuación se describe brevemente las características de cada uno de dichos trabajos:

En la tesis de María Lucía Sánchez se presenta la evaluación de incidencia por planta de *Tecia solanivora* en el momento de la cosecha de tres lotes de papa parda pastusa, de 900 m^2 cada uno. Estos lotes se sembraron en mayo de 1998, y se cosecharon a mediados de diciembre del mismo año, en diferentes ubicaciones dentro del Centro Experimental Tibaitatá.

Debido a un problema logístico, los lotes no fueron sembrados uniformemente (más de una persona sembró el lote en surcos diferentes), de modo que algunos surcos contenían más plantas que otros. Además, quedaron algunos espacios vacíos dentro del cultivo, a causa de algunos muestreos destructivos. En consecuencia, las ubicaciones de las plantas en el lote fueron aproximadas, razón por la cual hubo necesidad de ajustar los resultados para distribuir uniformemente en los surcos los datos de incidencia de polilla y hacer la cartografía requerida con el fin de aplicar adecuadamente la metodología de Smith.

Para los tres lotes, se partió de unidades básicas de aproximadamente 1,2 m^2, con un máximo de tres plantas por unidad. La distancia de siembra fue la misma para los tres lotes (0,4 m x 1,0 m).

Siguiendo la metodología de Smith, como resultado de las distintas agrupaciones de unidades básicas, se idearon parcelas de diferente tamaño, forma y orientación. Para las parcelas de igual tamaño, pero diferente forma u orientación, se hizo la prueba de homogeneidad de varianza con el estadístico ^{2}, y el criterio de decisión fue la distribución Ji-cuadrado al 5% de significancia. La hipótesis nula fue la igualdad de varianzas, según la cual la forma y orientación no afectan la variabilidad entre parcelas. Si se rechaza esta hipótesis, la diferencia en varianza por la forma de la parcela puede indicar una característica particular de dispersión del insecto.

Para los tres lotes utilizados en este trabajo, se hizo una prueba de homogeneidad de pendientes para las curvas resultantes de la relación entre la varianza unitaria y el tamaño de parcela. Esto se llevó a cabo mediante la utilización del modelo lineal general que se trabaja en el sistema SAS®.

Por otro lado, el trabajo de Español (2002) presenta información por tubérculo de daños ocasionados por polilla guatemalteca en la cosecha de un cultivo de papa criolla de 1.000 m^2. Desafortunadamente, este trabajo excluye de la evaluación de daños los bordes de las parcelas.

Al igual que los datos de Sánchez, se partió de unidades básicas de aproximadamente 1,2 m^2, con un máximo de tres plantas de papa y con distancias de siembra de 0,4 m x 1,2 m. En este estudio se realizó el mismo tratamiento para el análisis de información que el expuesto para el trabajo anterior.

Resultados

En cuanto al seguimiento de la infestación de larvas de polilla, los resultados de este trabajo indicaron que los tubérculos enterrados de papa podían atraer por sí solos las hembras adultas de polilla guatemalteca, de acuerdo con el mayor número de larvas encontradas en trampas de tubérculos enterrados con respecto al tratamiento testigo. Adicionalmente, las trampas de tubérculo enterrado y tallos expuestos fueron más efectivas para atraer las hembras, ya que los tubérculos en estas presentaron un mayor número de larvas que los dos tratamientos anteriores.

Estos resultados confirman la necesidad de proteger la semilla de papa de los posibles ataques de polilla guatemalteca, que de otra forma puede resultar infestada. Aunque los tubérculos afectados lograron germinar y formar plantas, se dio paso a una proliferación de polilla, cuyos adultos aparecieron en el momento clave de la floración del cultivo. Además, es claro en base a los resultados obtenidos que la formación de follaje por la planta constituye un factor adicional que ayuda al insecto adulto a ubicar los sitios potenciales para la oviposición.

En relación con el ciclo de vida de las plantas, el seguimiento de las capturas de polilla confirma la existencia de dos épocas críticas: la floración y el inicio de la madurez fisiológica del cultivo. Se encontraron interesantes relaciones de captura según el tipo de trampa, ya que algunas de ellas atrapaban predominantemente adultos mientras que otras registraban la presencia de larvas. Adicionalmente, se observó una buena coincidencia entre la aparición de picos de captura del insecto, ya sea en estado larval o adulto, con la duración de los estados de desarrollo de esta plaga, según lo reporta la literatura. También se pudo observar la captura de adultos en épocas no aptas para una colonización efectiva, es decir, cuando aún no había tubérculos formados.

La efectividad de las trampas con tubérculos estuvo limitada a los inicios del cultivo, cuando las plantas aún no cerraban calles. Se tiene planeada la realización de nuevas investigaciones para probar formas distintas de utilización de estas trampas.

Con el fin de formular una recomendación relativa al tamaño más adecuado de una parcela experimental para la evaluación de tratamientos para el manejo de polilla guatemalteca se consideraron en conjunto: a) el análisis de la distribución espacial de daños causados por esta especie en la cosecha de papa, b) la aplicación de la metodología propuesta por Smith y c) la estimación de costos de manejo de ensayos experimentales. En base a estas consideraciones se propone utilizar parcelas de 60 m^2 en ensayos de cinco repeticiones con cuatro tratamientos, para un área experimental total de 1.200 m^2. Si se utiliza un tratamiento adicional, sería necesario aumentar el área hasta 1.500 m^2, lo cual mejoraría el número de grados de libertad en el error experimental. En comparación con la recomendación adoptada por el ICA en las pruebas de eficacia de productos químicos para el control de polilla guatemalteca, la cual consiste en utilizar parcelas de 200 m^2 con cuatro repeticiones y cinco tratamientos en un área experimental total de 4.000 m^2, la alternativa propuesta en el presente trabajo permite una reducción del área experimental en un 62,5% con la consecuente reducción de costos.

Cabe resaltar que los resultados aquí obtenidos indican también un buen desempeño de la variable "incidencia de daño por planta", lo cual también es importante cuando se considera como alternativa con el fin de facilitar el muestreo. Sin embargo, el número de plantas a muestrear debe ser revisado, al igual que la forma de evaluación en campo, con el fin de establecer una práctica conveniente.

Con esta metodología se espera detectar diferencias entre tratamientos con un margen de error del 40%, que corresponde al coeficiente de variación esperado en el análisis de varianza de los resultados de una investigación en donde se contemplen métodos de manejo de polilla y se incluya un testigo absoluto con un nivel de infestación esperado del 35% o 50%, según se trate de papa variedad parda pastusa o papa criolla clon 1, respectivamente.

Determinación del pH presente en el tracto digestivo de larvas de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae)

Diego Gómez[1], Jorge W. Arboleda[1], Arnubio Valencia[2]

Resumen

T. solanivora es considerada como una plaga de gran importancia económica para el cultivo de la papa tanto en Centro como en Sur América, debido a que este insecto ataca los tubérculos en campo o en almacén. En Colombia se han reportado serios daños causados por esta plaga, los cuales han llegado a ser hasta del 100% en tubérculos almacenados. El impacto negativo de *T. solanivora* sobre los tubérculos de papa hace de este insecto un blanco muy importante de estudio, especialmente si se desea crear plantas transgénicas que expresen inhibidores de enzimas digestivas. Para lograr esto es necesario tener un conocimiento claro del pH en el tracto intestinal del insecto plaga. Con el fin de determinar el pH del tracto intestinal de este insecto, las larvas fueron alimentadas con un extracto liofilizado de papa, el cual contenía indicadores de pH a una concentración final del 1%. El viraje de color en el tracto intestinal del insecto fue observado directamente con la ayuda de un estereoscopio. Haciendo uso de esta metodología se encontró que el pH del tracto intestinal fluctúa entre 5,4 y 6,50. Con ésta metodología se facilita no sólo el estudio rápido del pH a lo largo del tracto digestivo de muchos insectos con volúmenes intestinales pequeños; además, es un método que no destruye los gradientes de pH preexistentes a través del tracto intestinal.

Palabras clave: *Tecia solanivora*. pH. Tracto digestivo.

pH determination in the intestinal tract of *Tecia solanivora* larvae (Lepidoptera: Gelechiidae)

Summary

T. solanivora is considered a serious pest of economic importance in Central and South America because it attacks both tubers on potato farms and stored tubers. Serious damage caused by this insect has been reported recently in Colombia, where weight losses of up to 100% have been recorded for farm-stored tubers. The negative impact of *T. solanivora* on potato tubers makes this insect a very important target for study, especially if we want to create transgenic potato plants that express inhibitors of digestive enzymes. For this purpose, it is necessary to have a better understanding of the digestive pH in the intestinal tract of this insect. In order to determine the pH of the intestinal tract, dry pH indicator powder (1%) mixed with freeze-dried powder from potato tubers was fed to the larvae, and the color change was directly observed. With this methodology, it is possible to estimate the pH of the gut by overlapping the different pH ranges of all evaluated indicators. We found that both the midgut and the hindgut in *T. solanivora* larvae have pH values between 5,4 and 6,50.

Key words: *Tecia solanivora*. pH. Intestinal tract.

1 I.A., Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas. A.A# 275, Manizales, Colombia
2 I.A., Profesor Asociado. Departamento de Química. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Caldas. Calle 65 # 26-10 (Manizales, Caldas, Colombia), E-mail: arnubio@laciudad.com

La determinación del valor de pH que presentan los insectos a lo largo de su tracto digestivo es de suma importancia para desarrollar trabajos orientados hacia la evaluación de enzimas digestivas y, en particular, aquellas que están presentes en el fluido intestinal tanto de larvas como de adultos. Además, es indispensable tener claridad sobre los valores del pH intestinal en los insectos, en especial si se desea utilizar inhibidores que bloqueen la función bioquímica de estas enzimas.

El orden Lepidoptera comprende una muy alta diversidad de especies y, en consecuencia, es difícil hacer generalizaciones acerca de la concentración de iones hidrógeno (pH) que presentan estos insectos a lo largo del canal alimentario. Sin embargo, ya se han efectuado diversos estudios con el objetivo de determinar el pH intestinal que presentan algunas especies de este orden. En trabajos orientados a la caracterización de las condiciones físico-químicas existentes en varias regiones del intestino de insectos se han utilizado diversas técnicas, como potenciales redox y colorantes indicadores de pH. Estos últimos fueron suministrados a los insectos con el alimento antes de la disección de sus tractos digestivos, o en algunos casos han sido adicionados a los contenidos digestivos extraídos de los intestinos disecados.

Las medidas del pH en insectos se han realizado también con el empleo de microelectrodos, electrodos convencionales o, en otros casos, combinaciones de electrodos y contenidos del intestino disuelto en agua destilada. Igualmente, se han utilizado electrodos de platino para medir los potenciales redox en intestinos de *Zootermopsis nevadensis* y *Cubitermes severus*; dos especies de termitas relativamente grandes.

Con el objetivo de comprender mejor la forma y efectividad con la cual los inhibidores vegetales bloquean la actividad de las enzimas digestivas de *Tecia solanivora*, se hizo necesario determinar en este insecto el valor de pH presente a lo largo de su tracto digestivo. Es importante tener en cuenta que la efectividad de un inhibidor de una enzima digestiva, depende significativamente del pH bajo el cual ocurre la unión de la enzima (E) y el inhibidor (I). Para el caso de la polilla guatemalteca de la papa, no existía evidencia y/o reportes científicos del valor exacto del pH en el tracto digestivo del insecto; de ahí la gran importancia de llevar a cabo el presente estudio.

En este experimento se utilizaron larvas de *Tecia solanivora* de cuarto instar (recién emergidas de tubérculos de papa), las cuales fueron suministradas por la unidad de cría de Corpoica - Tibaitatá. Los indicadores de pH evaluados fueron: Azul de Bromothymol (5,8 - 7,6), Púrpura de Bromocresol (5,2 - 6,8), Rojo de Cresol (6,5 - 8,5), Azul de Thymol (7,8 - 9,5) y Verde de Bromocresol (3,8-5,4).

Para la determinación del pH presente en intestino de larvas de *Tecia solanivora*, los individuos en estado larvario se alimentaron con una mezcla de almidón e indicador de pH al 1% (w/w). Esta mezcla se colocó en viales de vidrio y a cada uno se le adicionaron diez larvas de *Tecia solanivora* y se dejaron durante 60 minutos para permitir que el insecto pudiera consumir la dieta. Transcurrido este tiempo, se procedió a observar el cambio de color de los indicadores en el interior del intestino del insecto.

Al observar los resultados obtenidos con los diferentes indicadores, se encontraron cambios positivos de pH con los indicadores Azul de Bromothymol (5,8 - 7,6) y Púrpura de Bromocresol (5,2 -6,8); mientras que se observaron cambios negativos con Verde de Bromocresol (3,8 - 5,4), Rojo de Cresol (6,5 - 8,5) y Azul de Thymol (7,8 - 9,5). Al superponer los rangos de cada uno de los diferentes indicadores se pudo notar que el pH del tracto digestivo de larvas de *Tecia solanivora* se encuentra entre 5,4 y 6,5.

Valores semejantes de pH han sido registrados en el tracto digestivo de varios insectos pertenecientes al orden Lepidoptera. A diferencia de las especies del orden Coleoptera, las cuales presentan por lo general tractos digestivos con valores de pH en el rango ácido, los insectos del orden Lepidoptera por lo general tienen valores alcalinos en su tracto intestinal. Así por ejemplo, *Cryptolestes turcicus* presenta un pH en el intestino anterior de 3,6 a 4,6 y de 4,6 a 5,2 en el intestino posterior; *Tribolium confusum*, presenta a su vez un pH de 4,6 a 5,2 en la parte anterior del intestino y de 3,6 a 4,6 en la parte posterior del mismo; para *Tribolium castaneum* se reporta un valor de pH de 5,2 en la parte anterior y de 3,6 a 4,6 en la región posterior; finalmente en *Sitophilus granarius* el pH en la parte anterior es de 5,2 y de 4,6 a 5,2 en la región posterior del intestino. Es importante anotar que no se observaron cambios significativos de pH entre el intestino medio y posterior de las larvas de la polilla guatemalteca de la papa.

Con base en estos resultados es posible concluir que este método para la determinación de pH del fluido digestivo en larvas de la polilla guatemalteca de la papa (*Tecia solanivora*) resulta bastante simple, confiable y de fácil aplicación, en especial para insectos pequeños y en aquellos donde la disección del intestino completo es una tarea difícil y de poca confiabilidad.

Con este método no sólo se facilita la determinación rápida del pH a lo largo del tracto digestivo de muchos insectos con volúmenes intestinales pequeños, si no que además es un procedimiento que no destruye los gradientes de pH preexistentes a través del tracto intestinal. Esto último es de suma importancia, ya que cuando el tracto digestivo de los insectos es diseccionado para el análisis del pH, la capacidad amortiguadora del mismo se puede perder fácilmente, obteniendo valores erróneos en la determinación. El análisis del pH del fluido digestivo de *Tecia solanivora* se constituye en una valiosa ayuda para futuros trabajos de investigación relacionados con la evaluación y caracterización de las enzimas digestivas presentes en el tracto intestinal, y muy especialmente para la evaluación del potencial biológico de inhibidores específicos que actúen sobre estas enzimas y bajo estas condiciones de pH.

Efecto de inhibidores de α-amilasa sobre la actividad de α-amilasas digestivas de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae)

Jorge W. Arboleda[1], Diego Gómez[1], Arnubio Valencia[2]

Resumen

Las α-amilasas juegan un papel muy importante en la digestión del almidón y en la supervivencia de muchos insectos. Sin embargo, ha sido demostrado que esta enzima puede ser inhibida fuertemente por la presencia de inhibidores de α-amilasa. Estos inhibidores por lo general no afectan amilasas endógenas excepto en muy raros casos. Esta inhibición ha conducido a sugerir que los inhibidores de enzimas digestivas de insectos están involucrados en los mecanismos de defensa de las plantas contra el ataque de insectos plaga. Es bien conocido igualmente, que estos compuestos son altamente específicos hacia sus enzimas blanco. En este trabajo se evaluó el efecto de inhibidores de amilasas extraído de un híbrido de Amaranthus y de dos especies de Phaseolus. Los resultados indican que el inhibidor puro de Amaranthus no tiene efecto a pH 6,0 pero mostró una gran capacidad de inhibición a pH 9,0. La máxima inhibición con el inhibidor de Amaranthus fue del 80%. El inhibidor de *Phaseolus vulgaris* no causó inhibición a pH 9,0 pero causó una inhibición del 87% de la actividad amilasa a pH 6,0. El inhibidor de *Phaseolus coccineus* bloqueó la actividad de esta enzima hasta en un 78% a pH 6,0.

Palabras clave: *Tecia solanivora*. Inhibidor de amilasa. papa.

Effect of α-amylase inhibitors on digestive α-amylases from intestinal tracts of *Tecia solanivora* larvae (Lepidoptera: Gelechiidae)

Summary

The α-amylases play a very important role in starch digestion and in insect survival. However, it has been demonstrated that sometimes the amylase activity is jeopardized by the presence of amylase inhibitors. Nevertheless, the inhibitors do not generally affect endogenous amylase except in rare cases. It is also known that there are many examples where amylase inhibitors, especially those isolated from cereals, have exhibited inhibition of amylases from insect guts, which has led to suppose that digestive enzyme inhibitors play a protective role against predator insects. Besides, it is well known that the amylase inhibitors are quite specific as to their target enzyme, therefore, a proteinaceous inhibitor that inhibits the activity of one α-amylase may not have the same effect on a different. We checked the effect of the inhibitor from an Amaranthus hybrid and from two different Phaseolus species. The results indicate that the purified inhibitor from Amaranthus hybrid had no effect on the amylolytic activity at pH 6,0 but, showed high inhibitory activity at pH 9,0. The maximum inhibition for the inhibitor from Amaranthus hybrid was 80%. The *P. vulgaris* inhibitor did not cause inhibition at pH 9,0 but caused 87% inhibition of α-amylase activity at pH 6,0. Under the conditions of this experiment, the inhibitor from *P. coccineus* 35.619 blocks the enzyme activity up to 78% at pH 6,0.

Key words: *Tecia solanivora*. Amylase inhibitors. Potato.

1 I.A., Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas. A.A# 275, Manizales, Colombia
2 I.A., Profesor Asociado. Departamento de Química. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Caldas. Calle 65 # 26-10 (Manizales, Caldas, Colombia), E-mail: arnubio@laciudad.com

La polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) es, sin lugar a dudas, un serio problema fitosanitario para la agricultura colombiana, dado que este insecto ataca el cultivo de la papa ocasionando considerables pérdidas tanto en la producción como en la calidad del tubérculo.

Existen varias alternativas para el desarrollo de variedades resistentes a una plaga en particular. Inicialmente se deben identificar las fuentes de resistencia al insecto específico, mediante la exploración del germoplasma cercano a la especie. Igualmente, el conocimiento de la biología del insecto y la influencia que los factores bióticos y abióticos poseen sobre este, especialmente los hábitos alimenticios, de oviposición y de movimiento, así como también los parámetros de crecimiento y fecundidad, fundamentan el conocimiento detallado de la naturaleza intrínseca de la plaga a través de la exploración de las rutas metabólicas y fisiológicas que puedan ser blanco de inhibición. Así por ejemplo, el aparato digestivo de los insectos y muy especialmente sus enzimas digestivas como proteasas y amilasas se constituyen en uno de los puntos más susceptibles de ser atacados, puesto que, este punto de la fisiología del insecto es vital para el aprovisionamiento de energía por parte del insecto.

La gravedad del problema de la polilla guatemalteca de la papa justifica que se consideren investigaciones tendientes a explorar el uso de compuestos antimetabólicos de ocurrencia natural. Algunos de estos compuestos corresponden a los inhibidores de enzimas digestivas del insecto, como los inhibidores de proteasas y α-amilasas, los cuales tienen un enorme potencial para ser incluidos dentro de programas de mejoramiento genético a través de la biotecnología. Cuando los inhibidores de α-amilasas se encuentran presentes en grandes concentraciones en el alimento que es consumido por el insecto, pueden alterar varios procesos fisiológicos y digestivos interfiriendo con su normal crecimiento y desarrollo. Los inhibidores de α-amilasas no son un problema directo para los humanos, dado que los alimentos que los contienen en grandes proporciones son sometidos a altas temperaturas durante la cocción, lo cual conduce a su inactivación permanente. Varios efectos fisiológicos se manifiestan en el insecto como consecuencia de la ingestión de estos inhibidores, dentro de los cuales se destacan: el efecto antinutricional, la hipersecreción de enzimas, la pérdida de apetito y eventualmente la muerte.

En virtud de lo anterior, en este trabajo se buscó identificar, caracterizar y evaluar inhibidores de amilasas y su interacción bioquímica con las α-amilasas digestivas de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora*. Para llevarlo a cabo se utilizaron semillas de *Phaseolus vulgaris*, *Phaseolus coccineus*, las cuales fueron suministradas por la Unidad de Recursos Genéticos del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); también se emplearon semillas de *Amaranthus sp.*, suministradas por el laboratorio del Dr. Maarten Chrispeels de la Universidad de California en San Diego, E.E.U.U.

Las semillas fueron lavadas, secadas y molidas hasta obtener un polvo fino, el cual se trató con acetona a fin de eliminar grasas. Posteriormente fue secado y triturado nuevamente. Las proteínas presentes en el polvo resultante fueron extraídas a 4°C con cinco volúmenes de una solución 0,1 M de NaCl durante tres horas. El homogeneizado obtenido fue centrifugado a 12.000g durante una hora y el sobrenadante fue dializado contra agua destilada para facilitar la precipitación de las globulinas. Después de centrifugar a 12.000g por 30 minutos; el sobrenadante fue liofilizado. El extracto final fue usado como fuente cruda del inhibidor y fue empleado en las pruebas de inhibición de α-amilasas.

Para la determinación de la actividad inhibitoria de α-amilasas, 20 µl de solución de la enzima se preincubaron con el inhibidor durante 15 minutos a 30°C con 680 µl de buffer Glicina 0,05 M pH 9,0, el cual contenía 10 mM de NaCl y 20 mM de $CaCl_2$. La reacción enzimática se inició con la adición de 500 µl de una solución 0,125% de almidón preparado en buffer de actividad. La reacción se detuvo por la adición de 5 ml de una solución de yodo (I:0,5% y KI:5%). Las muestras se leyeron a 580 nm utilizando un espectrofotómetro UV/VIS marca UNICAM.

Para la visualización de la actividad del inhibidor de amilasas presente en *Phaseolus vulgaris* y *Phaseolus coccineus*, se corrió una electroforesis sobre geles de Isoelectroenfoque IEF 3-9 para PhastSystem. Después de la electroforesis, el gel se incubó en una solución de almidón al 2% durante una hora a 4°C. Posteriormente, se incubó con amilasa salival humana a 30°C por 15 minutos, se lavó suavemente con agua y finalmente se realizó la tinción del gel con una solución de yodo (I:0,5% y KI:5 %) durante 10-15 minutos.

Los resultados obtenidos muestran que las semillas de *Phaseolus coccineus* presentan un perfil de isoinhibidores de α-amilasas más amplio que las semillas de *Phaseolus vulgaris*. Esta característica hace de *P. coccineus* un material bastante valioso en la búsqueda de inhibidores de α-amilasa, los cuales podrían ser utilizados en la generación de material vegetal resistente al ataque de insectos.

Igualmente, se logró demostrar que el uso adecuado de esta técnica permite no solo obtener zimogramas de alta calidad para inhibidores de amilasas de insectos, sino que además se constituye en una herramienta muy útil en la evaluación de posibles fuentes de germoplasma que pudieran contener uno o más inhibidores. La metodología desarrollada es reproducible, permitiendo observar un zimograma en el cual las bandas de actividad inhibitoria aparecen de color azul oscuro sobre un fondo claro.

Los niveles de inhibición alcanzados por los extractos de *Phaseolus vulgaris* y *Phaseolus coccineus* contra la actividad amilolítica de *Tecia solanivora* son marcadamente diferentes. Se observó que el inhibidor de amilasas extraído de fríjol radical es más activo, en especial a bajas concentraciones. Al parecer, la constante de disociación (K_d) del inhibidor presente en *Phaseolus coccineus* es muy alta, lo cual se traduce en menores porcentajes de inhibición a concentraciones más bajas. En ambos casos, la mayor inhibición alcanzada supera el 80%, lo cual indica que probablemente existen varias amilasas en el extracto con diferente comportamiento frente a estos inhibidores, o que quizás son varios los inhibidores que actúan de manera conjunta durante la inhibición. Es importante anotar que estos dos materiales de fríjol no causaron ningún grado de inhibición de las amilasas de *T. solanivora* a pH 9,0. Esto se debe a que la unión del inhibidor con la enzima es pH dependiente, y que para el caso de los inhibidores extraídos de semillas de fríjol, el pH óptimo de complejación se da a pH 5,0. En el caso del inhibidor de *Amaranthus sp.*, el máximo grado de inhibición alcanzado fue del 80% a pH 9,0 y ningún grado de inhibición a pH 6,0. Con base en estos resultados, se puede concluir que el inhibidor de amilasas encontrado en *Phaseolus vulgaris* se constituye en una valiosa alternativa para la producción de material de papa transgénico con resistencia a la polilla guatemalteca.

La manipulación genética de plantas, como parte de un programa de mejoramiento, puede facilitar significativamente la producción de plantas resistentes a insectos, transfiriendo únicamente el gen seleccionado y acortando el tiempo de producción de nuevas variedades. Así mismo, las ventajas ofrecidas por esta metodología sobre el uso exclusivo de agroquímicos son

numerosas: la protección ofrecida es de larga duración, los insectos son afectados en su estado más sensible, la protección es independiente de factores como el clima, protege tejidos vegetales de difícil acceso a los insecticidas, los efectos están restringidos al insecto plaga, no afecta el medio ambiente y son biodegradables.

El desarrollo de variedades transgénicas de papa, con resistencia a broca, contribuirá de manera significativa a la reducción en el uso de agroquímicos, los cuales por demás no proveen de una protección total, a la vez que el uso indiscriminado de estos puede conducir a la aparición de resistencia en el insecto como consecuencia de la alta presión de selección. Esta metodología adicionalmente conlleva a la reducción de costos en el manejo de la plaga, a la eliminación de residuos tóxicos en los productos alimenticios, a la conservación de la salud y protección del medio ambiente.

Estudio de α-amilasas presentes en el tracto digestivo de larvas de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae)

Jorge W. Arboleda[1], Diego Gómez[1], Arnubio Valencia[2]

Resumen

Las larvas de insectos lepidópteros son, sin duda alguna, el mayor problema fitosanitario en muchos cultivos alrededor del mundo, dado que ellos atacan diferentes órganos de la planta y generan importantes pérdidas tanto en producción como en la calidad final del producto. Muchos de estos insectos lepidópteros viven en dietas ricas en polisacáridos y, por lo tanto, requieren de α-amilasas para romper y utilizar el almidón presente en el mismo. La digestión del almidón por α-amilasas digestivas provenientes del tracto digestivo del insecto ha sido demostrada en numerosos insectos. En virtud de lo anterior, esta investigación se orientó al estudio y caracterización de las α-amilasas presentes en el tracto intestinal de larvas de *Tecia solanivora*, un insecto de importancia económica para el cultivo de la papa. Se encontró que este insecto tiene al menos tres isoformas de α-amilasas digestivas, las cuales tienen puntos isoeléctricos (pIs) de 5,30; 5,70 y 5,98 respectivamente. La mayor actividad amilasa se encuentra entre 7,0 y 10,0 con un óptimo a pH 9,0. La enzima es estable hasta 50°C.

Palabras clave: α-Amilasa. *Tecia solanivora*. Papa.

Digestive α-amylases from *Tecia solanivora* larvae (Lepidoptera: Gelechiidae): response to pH and temperature

Summary

Lepidopterous larvae are perhaps the main phytosanitary problem for many cultivated plants around the world since they attack different plant organs causing severe losses in production as well as affecting the product quality. Many of these lepidopterous insects live on a polysaccharide-rich diet and require digestive α-amylase to break down and to utilize the starch in their food sources. These amylases play a very important role in starch digestion and in insect survival. Starch digestion by insect amylases has been demonstrated and described in several insect species. So, the main properties of digestive α-amylase from *T. solanivora* larvae, a very important insect pest that attacks potatoes, were studied. We found that this insect has three major digestive α-amylases with isoelectric points 5,30; 5,70 and 5,98 respectively, which were separated by using native and isoelectric focusing (IEF) gels. The α-amylase activity has an optimum pH between 7,0 and 10,0 with a peak at pH 9,0. The enzymes are stable when heated to 50°C.

Key words: α-Amylase. *Tecia solanivora*. Potato.

Las larvas de insectos pertenecientes al orden Lepidoptera son, sin duda alguna, el mayor problema fitosanitario en muchos cultivos alrededor del mundo, dado que atacan diferentes órganos de la planta generando importantes pérdidas, tanto en producción como en la calidad final del producto. Muchos de estos insectos lepidópteros presentan dietas ricas en polisacáridos, por lo cual requieren de α-amilasas para hidrolizar y metabolizar el almidón presente en estos

1 I.A., Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas. A.A# 275, Manizales, Colombia
2 I.A., Profesor Asociado. Departamento de Química. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Caldas. Calle 65 # 26-10 (Manizales, Caldas, Colombia), E-mail: arnubio@laciudad.com

compuestos. La actividad catalítica de las α-amilasas aisladas del tracto digestivo del insecto ha sido demostrada en numerosas ocasiones. Un estudio detallado de las principales propiedades de las α-amilasas digestivas presentes en larvas de *T. solanivora*, se constituye en una valiosa herramienta para la búsqueda de alternativas de manejo y control de esta plaga, mediante la incorporación de genes de resistencia y la generación por esta vía de material resistente a la plaga. En virtud de lo anterior, esta investigación se oriento al estudio y caracterización de las α-amilasas presentes en el tracto intestinal de larvas de *Tecia solanivora*.

Dentro de las principales propiedades estudiadas se encuentran: pH y temperatura óptima de actividad de la enzima, determinación del punto isoeléctrico (pI) de las principales bandas de actividad, y perfil isoenzimático de α-amilasas digestivas de *Tecia solanivora* tanto en geles nativos de electroforesis, como en geles de isoelectroenfoque. Para todos los experimentos se utilizaron larvas de *Tecia solanivora* de cuarto instar; las cuales estaban recién emergidas de tubérculos de papa. Estas larvas fueron suministradas por la unidad de cría de Corpoica - Tibaitatá (Santafé de Bogotá). En todos los experimentos llevados a cabo, las amilasas fueron extraídas homogeneizando 1g de larvas con 5 ml del siguiente medio de extracción: NaCl 100mM conteniendo 20mM de $CaCl_2$. El homogeneizado se centrifugó a 10.000 x g durante 30 minutos a 4°C y el sobrenadante resultante (fuente de la enzima) se almacenó a 20°C. Todas las operaciones fueron llevadas a cabo a 4°C.

El pH óptimo de las amilasas en *Tecia solanivora* se determinó haciendo uso de soluciones amortiguadoras 0,05M conteniendo 10 mM de NaCl y 20 mM de $CaCl_2$. Las soluciones amortiguadoras utilizadas fueron: Amortiguador Citrato pH 3,0 y 5,0; Amortiguador Succinato pH 4,0 y 6,0; Amortiguador Fosfato pH 7,0, 11,0 y 12,0; Amortiguador Tris-HCl pH 8,0 y Amortiguador Glicina pH 9,0. En la determinación de la actividad amilasa, 20 µl de solución de la enzima se incubaron por 15 minutos a 30°C con 680 µl de buffer Glicina 0,05M pH 9,0 conteniendo 10 mM de NaCl y 20 mM de $CaCl_2$. La reacción enzimática se inicio con la adición de 500 µl de una solución 0,125 % de almidón (Almidón soluble, Sigma Chemical Co.) preparado en buffer de actividad. La reacción se detuvo por la adición de 5 ml de una solución de yodo (I: 0,5 % y KI: 5 %). Las muestras se leyeron a 580 nm utilizando un espectrofotómetro UV/VIS marca UNICAM. Para cada prueba, la actividad se determinó a partir de 4 repeticiones. La temperatura óptima para la actividad de las amilasas digestivas de *T. solanivora* en presencia de NaCl y $CaCl_2$, fue determinada preincubando la solución de la enzima en solución amortiguadora de actividad (Amortiguador de Glicina 50 mM a pH 9,0), durante 5 minutos a 25, 30, 40, 50, 60 y 70°C. Para cada tratamiento evaluado se tomaron cinco repeticiones.

La actividad amilolítica se detectó igualmente haciendo uso de zimogramas in situ. En este caso, muestras de la enzima se analizaron sobre geles de poliacrilamida (PAGE) al 7,5%; los cuales fueron corridos en una unidad de electroforesis PhastSystem (Pharmacia) siguiendo las instrucciones del fabricante. Terminada la electroforesis, los geles se incubaron en una solución soluble de almidón al 1,5% en amortiguador Glicina 0,05 M pH 9,0 conteniendo 10mM NaCl y 20mM $CaCl_2$, durante una hora a 4°C. Posteriormente, el gel se lavó con agua y se incubó por una hora en el mismo amortiguador. Seguidamente, el gel se tiñe durante 10 minutos con una solución de KI-I.

Las zonas de actividad aparecieron en todos los casos como bandas claras sobre un fondo azul oscuro. Finalmente el gel se fotografió y la imagen se digitalizó.

El punto isoeléctrico fue calculado usando proteínas con puntos isoeléctricos conocidos y mediante el software ImageMaster VDS. El zimograma de las diferentes isoformas se llevó a cabo sobre geles IEF 3,0-9,0. Las bandas de actividad fueron reveladas como se describió anteriormente.

Los resultados de este trabajo muestran que la actividad de las α-amilasas digestivas de larvas de *Tecia solanivora* es bastante estable en un rango de pH entre 7,0 y 10,0, con un óptimo de actividad a pH 9,0. Las amilasas de insectos son generalmente muy activas en rangos de pH ligeramente ácidos a neutros. Este pH alcalino encontrado en el tracto digestivo de *Tecia solanivora* es consistente con el pH reportado para otras especies de lepidópteros. En contraste, numerosas especies pertenecientes al orden Coleoptera tienen amilasas digestivas muy activas en valores de pH entre ligeramente ácidos a neutros. Así por ejemplo, la actividad de α-amilasas digestivas en *Hypothenemus hampei* presenta un pico óptimo a pH 5,0; en *Callosobruchus chinensis* el pH óptimo es de 5,2 a 5,4; en *Tribolium castaneum* el pH oscila entre 4,6 y 5,2; para *Tenebrio molitor* (L) el valor óptimo de pH para la amilasa es de 5,8; para *Costelytra zealandica* este valor oscila entre 6,5 y 7,0 y para *Sitophilus zeamais* y *Sitophilus granarius* varía entre 4,5 y 5,5.

La temperatura óptima de actividad de la enzima se encontró a 50°C; más allá de este valor la actividad de la enzima disminuye de forma notable debido muy seguramente a la desnaturalización de la enzima, consecuencia de las altas temperaturas. En general, las amilasas provenientes del tracto digestivo de *Tecia solanivora* presentan buena estabilidad térmica en el rango comprendido entre 40 - 50°C, lo cual se atribuye a la presencia de calcio en las soluciones de actividad (es ampliamente conocido que las amilasas de insectos son metaloenzimas que requieren este elemento para su actividad catalítica). La incubación de la amilasa de *Tecia solanivora* por más de 5 minutos a 70°C conlleva a la pérdida completa de su actividad enzimática. Igual resultado ha sido encontrado con amilasas de *S. zeamais* y *S. granarius*.

Estas enzimas tienen diferente energía de activación y de conversión, por lo cual una modificación en la temperatura puede ocasionar un cambio en una de ellas. El análisis isoenzimático realizado para el extracto de larvas de *Tecia solanivora* mostró 4 bandas de actividad amilasa, una de las cuales representa más del 50% del total de la actividad enzimática. Ello indica que es factible purificar y caracterizar esta enzima con miras a evaluar posibles inhibidores, los cuales pueden ser incorporados en la planta de papa y obtener de esta forma resistencia a la polilla guatemalteca. Similares resultados se encontraron en *S. zeamais*, el cual presenta dos isoenzimas de amilasas en geles de poliacrilamida a 7,5%. La presencia de un número mayor de pequeñas bandas de actividad cerca de las bandas principales puede ser el resultado de artefactos. Dos de estas bandas se encontraron igualmente en extractos de intestino, lo cual evidencia que corresponden a amilasas intestinales.

Los estudios llevados a cabo sobre geles de IEF mostraron que las amilasas presentes en larvas de *Tecia solanivora* presentan un mismo patrón de actividad, tanto en extractos completos como en intestinos obtenidos a partir de las larvas, indicando de esta forma la naturaleza digestiva de estas isoformas. Tanto en extractos provenientes de intestinos como en aquellos provenientes de larvas completas se presentaron tres bandas principales de actividad con valores de pI de 5,3, 5,7 y 5,9 respectivamente. Estos resultados indican claramente que *Tecia solanivora* contiene varias bandas de actividad amilasa, similar a lo reportado para otros insectos. En consecuencia, la búsqueda y evaluación de inhibidores de amilasas deberá enfocarse a la inhibición de estas

bandas principales de actividad. De forma análoga a lo encontrado en este experimento, otros estudios han mostrado esencialmente que toda la actividad de las amilasas en *T. molitor* está asociada con el tracto digestivo (80% con el intestino medio y 20% con el intestino anterior).

Por otro lado, trabajos posteriores demostraron que la actividad de estas enzimas se inicia cuando los insectos sienten hambre y que su actividad se incrementa con el consumo del alimento por parte del insecto.

Con base en los resultados reportados en el presente trabajo, es posible concluir que la polilla guatemalteca de la papa (*Tecia solanivora*), es un insecto que presenta una importante actividad de α-amilasas digestivas, las cuales se manifiestan en diferentes isoformas. Es entendible la notable actividad y presencia de este importante grupo de enzimas digestivas en el tracto intestinal de las larvas de *T. solanivora*, si se tiene en cuenta la composición química de su fuente de alimento. Sin duda alguna, estas enzimas pueden ser blanco de ataque por parte de proteínas inhibidoras de α-amilasa, las cuales ya han sido reportadas en numerosas especies vegetales. Dichos inhibidores de α-amilasa han mostrado ser no solamente muy específicos a diversas especies de insectos, sino también han sido incorporados ya en programas de mejoramiento genético de plantas por resistencia a insectos, a través de la generación de especies transgénicas.

Determinación de parámetros reproductivos y hábitos de *Tecia solanivora* (Povolny 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) en condiciones de laboratorio y campo

Nancy Barreto[1], Eduardo Espitia[2], Ricardo Galindo[3], Martha Sánchez[4], Angélica Suárez[5], Aristóbulo López-Ávila[6]

Resumen

Con el propósito de profundizar en el conocimiento sobre los aspectos biológicos y ecológicos básicos de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora*, el Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas y Biometría de Corpoica, con el apoyo financiero del Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria - Pronatta - , han desarrollado diferentes estudios en condiciones de laboratorio, casa de malla, campo y fincas de agricultores para determinar algunos parámetros de la biología y comportamiento de la plaga. Entre los aspectos estudiados se encuentran: la tabla de vida, sitios de oviposición en plantas sembradas en materos y tubérculos almacenados, así como los sitios de pupación en materos y campo. Los resultados de estos estudios permitirán proponer estrategias para el manejo de poblaciones de la plaga, dado que fue posible constatar su comportamiento reproductivo y hábitos de vida, así como las variaciones es estos aspectos en las diferentes condiciones estudiadas.

Palabras clave: Tabla de vida. Hábitos. Comportamiento.

Determination of the reproductive parameters and habits of *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) in laboratory and field conditions

Summary

In order to understand deeply the biology, habits and behavior of the Guatemalan potato tuber moth, the Integrated Pest Management Program of Corpoica, financially aided by Pronatta, conducted studies of the pest in laboratory, mesh insect house and in farms of several farmers. Findings show that, in laboratory conditions, the mean duration of the life stages of the insect (in three generations) were: egg 8.3 days, caterpillar 16.8 days and pupa 31.0 days, with survival values of 56%, 42% and 47% respectively. Life table parameters determined were: Net reproductive rate R_0 (26.94), Generational mean duration TC (62.26), Intrinsic natural growing rate r (0.05) and Finite multiplication rate l (1.05). In field studies, incubation period lasted 11 days and survival values were 30%, 7.3% and 5.3% respectively. Regarding female ovoposition habits, 44% of the eggs were located around the plant over the soil surface and 26% were found near the root's neck. In stored potatoes, females ovopositioned beneath the earth attached to tubers and in the tuber eyes. Regarding pupation in pots, 52% of pupae were found over the soil surface and 34% between 15 cm deep. This observations were corroborated in the field with 54% of the pupae located over the soil surface.

[1] I.A., M.Sc., Investigadores del Programa Nacional Manejo Integrado de Plagas. Corpoica. C.I. Tibaitatá. Km. 14 vía Mosquera. Correo electrónico: nbarreto@corpoica.org.co; eespitia@corpoica.org.co; alopez@corpoica.org.co

[2] I.A., Investigadores del Programa Nacional Manejo Integrado de Plagas. Corpoica. C.I. Tibaitatá. Km. 14 vía Mosquera. Correo electrónico: nbarreto@corpoica.org.co; eespitia@corpoica.org.co; alopez@corpoica.org.co

[3] I.A., M.Sc., Investigador del Programa Nacional de Biometría. Corpoica. C.I. Tibaitatá. Km. 14 vía Mosquera. Correo electrónico: rgalindo@corpoica.org.co

[4] Estudiante Ingeniería Agronómica. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales UDCA. Bogotá.

[5] Estudiante Ingeniería Agronómica. Universidad de Cundinamarca. Fusagasugá

[6] I.A., M.Sc., Ph.D. Investigador Principal del Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas - MIP- Corpoica. C.I Tibaitatá. Correo electrónico: alopez@corpoica.org.co

Key words: Life table. Habits. Behavior.

Introducción

El conocimiento sobre la polilla guatemalteca avanzado significativamente desde su llegada al país y ha cobrado gran importancia a raíz de su diseminación en la mayoría de las zonas productoras de papa en Colombia. Actualmente se encuentran serias dificultades para poner en ejecución prácticas de manejo de esta plaga, inicialmente generadas para especies similares, lo cual se evidencia en la amplia diseminación de la polilla a todas las zonas de producción del país y los niveles de daño que sigue alcanzando. Aunque se han logrado numerosos aciertos en el manejo de la plaga en relación con el almacenamiento de tubérculos para semilla, no es este el caso en campo. De ahí la importancia de profundizar en el conocimiento sobre la biología, comportamiento, ecología y dinámica de la plaga, con el fin de ofrecer alternativas de manejo adecuadas a los sistemas de producción de papa en el país.

Para entender la dinámica poblacional de una plaga entre una generación y la otra es necesario conocer sus parámetros reproductivos, tales como la tasa neta reproductiva (R_0), tiempo medio generacional (T_C), tasa intrínseca de crecimiento natural (r), tasa finita de multiplicación (λ) y tasas de mortalidad por estados biológicos, información básica para predicciones en el Manejo Integrado de Plagas MIP (Rabinovich, 1980; Southwood, 1978). Por otra parte, el conocimiento del comportamiento de plagas en un agroecosistema permite establecer las bases para la formulación de estrategias de manejo.

Con el propósito de establecer los parámetros reproductivos, sobrevivencia y hábitos de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora*, se adelantó esta investigación en el Laboratorio de Entomología del Programa MIP, en casa de malla, en parcela experimental del Centro Experimental Tibaitatá - Corpoica y en fincas de agricultores de Cundinamarca.

Metodología

Para determinar los parámetros reproductivos (R_0), (T_C), (r), (λ) y mortalidad se hizo seguimiento en laboratorio a tres generaciones consecutivas de polilla durante un año, con condiciones experimentales de humedad relativa al 55% y temperatura promedio de 19°C.

Se inició con pupas recolectadas en campo, las cuales fueron colocadas en viales individuales; se conformaron 10 parejas y se recolectaron las posturas diariamente. Estas últimas fueron colocadas sobre tubérculos de papa hasta obtener adultos. De cada generación se seleccionaron 10 parejas para continuar la evaluación y los demás adultos se confinaron en frascos donde se alimentaban con agua-miel; se determinó su sexo y longevidad. Diariamente se contabilizó el número de huevos, larvas, pupas y adultos. Se calculó porcentaje de mortalidad, duración de cada estado, relación de sexos y parámetros reproductivos.

En el mes de noviembre de 2002 se sembró un lote con papa criolla *Solanum phureja*, donde fueron colocadas tres jaulas de madera (de 3 m x 3 m x 1,8 m) cubiertas con malla blanca. Para medir la duración y porcentaje de mortalidad de cada estado biológico de la polilla se tomaron tres repeticiones por evaluación, a partir de la floración completa. En estado de huevo se evaluaron 900 individuos, colocados en la base de la planta; para el estado larval, se ubicaron 100 larvas neonatas en la base de cada planta y se realizaron siete evaluaciones a intervalos de cinco

días, para un total de 2.100 individuos evaluados. En cada evaluación se contó el número de larvas presentes y el instar de cada una. Para el estado de pupa se realizaron dos evaluaciones, mientras que para determinar la longevidad del estado adulto y relación de sexos se realizaron lecturas diarias a partir de la emergencia de adultos. Además de estas variables, dos veces por semana se registró la temperatura máxima, mínima y actual, la humedad del suelo y la presencia de enemigos naturales.

Para determinar los sitios de oviposición de las hembras de polilla guatemalteca, se sembraron diez materas con papa criolla *Solanum phureja* y se cubrieron con jaulas de muselina. De la cría básica se obtuvieron 100 parejas de adultos que se dejaron copulando 24 horas. En cada jaula se colocaron 10 parejas por cinco días para obtener posturas, de las cuales se evaluó minuciosamente el número de huevos colocados, discriminando según el sitio: muselina, matera, pajas sobre el suelo, suelo hasta un centímetro de profundidad y en la planta dividida en tres tercios: superior, medio e inferior revisando hojas y tallos. En almacenamiento se hizo la evaluación de arrumes de papa lavadas y sucias, en jaulas donde se liberaron parejas de polilla; allí fue posible determinar el número de huevos por tubérculo e, igualmente, discriminando según el lugar de postura, a saber: sobre la tierra adherida, en los ojos del tubérculo, en la jaula y por estratos (superior, medio e inferior).

Para determinar los sitios de pupación se colocó, dentro de diez materas de 25 cm de profundidad, una capa de 5 cm de tierra y sobre esta tres tubérculos infestados con larvas de polilla próximas a entrar en estado de pupa. Posteriormente, se cubrieron con una capa de 20 cm de tierra, sobre la cual se colocó un trozo de tela negra y se esperó hasta obtener las pupas. Cuando el testigo con arena alcanzó el 95% de pupas, se evaluó el ensayo contando el número de pupas en la muselina, matera, superficie y a profundidades de 1 - 5 cm, 6 - 10 cm, 11 - 15 cm, 16 - 25 cm.

En tres fincas de agricultores se realizó la evaluación cuando las plantas estaban en senescencia, tomando al azar en cada finca diez sitios sobre los surcos y diez sitios entre surcos, evaluando las mismas profundidades del ensayo anterior.

Resultados y discusión

La duración promedio en días para los diferentes estados biológicos de la polilla guatemalteca, según los resultados encontrados en laboratorio, es: 8,3 para huevo, 16,8 para larvas, 31,0 para pupas, con una sobrevivencia de 56%, 42% y 47% respectivamente. Se presentó alta mortalidad en la primera generación debido al efecto de adaptación, donde solamente el 4% llegó al estado adulto, en la F2 y F3 la sobrevivencia final fue del 45%. La longevidad de los adultos fue de 26 días y la relación de sexos (hembra : macho) fue 1:0,76. Se determinó que las hembras inician la oviposición 24 horas después de la cópula y colocan entre 68 y 228 huevos, concentrando la mayor cantidad de posturas en los primeros 15 días. Adicionalmente, la estimación de la tasa neta reproductiva (R_0), es decir, la cantidad de hembras que reemplazarán a la madre en ausencia de mortalidad, arrojó un valor de 26,94. El tiempo medio generacional (T_C), el cual indica el tiempo en que las hembras de la progenie tienen capacidad de ovipositar, fue de 62,26 días. La tasa intrínseca de crecimiento natural (r), que indica la capacidad potencial de multiplicación de la población, presentó un valor de 0,05. Finalmente, la medición de la tasa finita de multiplicación (λ), que expresa el número de individuos que se agregan a la población por individuo y por unidad de tiempo, presentó un valor de 1,05.

Por otro lado, los rangos de temperatura en campo oscilaron entre 4ºC y 28°C; la incubación allí duró en promedio 11 días y tuvo un porcentaje de eclosión de 30%. Se pudo determinar que uno de los factores de regulación de la población de huevos fue un ácaro depredador aun no identificado, encontrado forrajeando sobre las posturas. Adicionalmente, su acción depredadora se constató en laboratorio. Para el estado de larva se determinó que los instares primero y segundo tienen un promedio de duración de 10 días, presentando niveles de sobrevivencia de 7,3% y 5,3% para el primero y el segundo instar respectivamente.

En relación con los resultados reportados por otros autores (Álvarez, 1996; Araque, 1992 y Sotelo, 1996) sobre el ciclo de vida de la polilla en laboratorio, este estudio presenta resultados similares en cuanto a la duración total; sin embargo, en relación con las condiciones de campo los valores encontrados son mayores, especialmente en el estado de larva, ya que los reportes de Álvarez (1996) indican una duración promedio por instar entre 4 y 5 días.

En cuanto a los hábitos de oviposición de las hembras se encontraron diferencias altamente significativas entre los estratos evaluados: el mayor número de posturas se presentó en la superficie del suelo y cerca al cuello de la raíz con 44% y 26% respectivamente. Los demás estratos no presentaron diferencias apreciables y solamente se encontró el 12,72% de los huevos sobre el follaje de la planta. Estos hallazgos demuestran que, en sus hábitos de oviposición en campo, la hembra de la polilla guatemalteca prefiere los lugares a ras de suelo y alrededor del tallo de la planta.

Estos resultados confirman lo reportado por Cisneros (1995), Álvarez (1996), Herrera (1997) y Ñústez *et al.* (1998), quienes reportan que las hembras ovipositan en el suelo cerca de la base del tallo de la planta, sobre hojas bajeras, tubérculos expuestos y en el suelo seco con grietas.

En papa almacenada los resultados permitieron deducir que las hembras de *T. solanivora* colocan sus posturas principalmente sobre los tubérculos, especialmente debajo de la tierra adherida a ellos y cerca o alrededor de la zona de los ojos de la papa. Los tubérculos ubicados en la parte baja y central del arrume fueron los que mayor número de posturas presentaron. Al evaluar las diferencias entre la oviposición sobre tubérculos lavados y sucios, la mayor cantidad de huevos se encontró en estos últimos.

En los ensayos realizados en materas se determinó que el 86,3% de las pupas se ubicaron en la superficie del suelo (52,2%) y entre 1-5 cm de profundidad (34,1%), con diferencias altamente significativas frente a las otras profundidades. Análogamente, en condiciones de campo se confirmó que las larvas de cuarto instar salen del tubérculo y suben a la superficie del suelo para entrar en pupación, ya que se encontró el mayor porcentaje de pupas ubicadas en este estrato (54%), seguido por la profundidad entre 1-5 cm (32%); entre 5-10 cm la presencia de pupas fue mínima (14%), corroborando lo encontrado en materas. Entre surcos no fue significativo el número de pupas observadas.

Conclusiones

En laboratorio se determinó que la cohorte de la F1 de polilla guatemalteca presentó la mayor mortalidad debido al efecto de adaptación a las nuevas condiciones.

El paso entre el estado de huevo a larva mostró la más alta sobrevivencia, lo que indica la alta adaptación de las larvas para la búsqueda de su hospedero.

La duración promedio en días para los diferentes estados biológicos de la polilla presentó los siguientes valores:

Huevo	=	8
Larva	=	17
Pupa	=	31
Adulto	=	26

La relación de sexos (hembra : macho) fue 1:0,76

Se determinaron los parámetros reproductivos con valores:

$R_0 = 171,05$

$T_c = 62,26$

$r = 0,08$

$\lambda = 1,09$

En condiciones de campo el periodo de incubación duró once días con un porcentaje de sobrevivencia de 30%.

Para el estado de larva se determinó que los instares primero y segundo tienen un promedio de duración de diez días. Las larvas de primer instar presentaron sobrevivencia de 7,3% y las de segundo instar de 5,3%.

Para los sitios de oviposición se encontraron diferencias altamente significativas entre los estratos evaluados; el mayor número de huevos se encontró en la superficie del suelo (43%) y alrededor del cuello de la raíz (26%).

En papa almacenada se determinó que las hembras de polilla guatemalteca prefieren colocar sus huevos en tubérculos sucios, debajo de la tierra adherida y cerca o en los ojos de la papa.

Dentro de los arrumes se constató que la polilla prefiere los tubérculos ubicados en el centro o al fondo de los mismos.

Para los sitios de pupación hubo diferencias altamente significativas entre profundidades. El 52% de las pupas se ubicaron en la superficie del suelo y el 34% entre 1-5 cm.

Esta investigación hace parte del proyecto "Generación de componentes tecnológicos para el manejo integrado de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny 1973), con base en el conocimiento de la biología, hábitos y dinámica de población de la plaga", financiado por Pronatta.

Bibliografía

ALVAREZ, D. 1996. Estudios sobre la biología y ciclo de vida de la polilla de la papa *Tecia solanivora* (Povolny). Informe de pasantía. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. 55p.

ARAQUE, C. 1992. Recomendaciones generales para le manejo integrado de las polillas de la papa. *En*: Primer curso internacional sobre el cultivo de la papa. Pamplona, Colombia. p. 71-72.

CISNEROS, F. 1995. Control de Plagas agrícolas. Lima, Perú. 313 p.

HERRERA, F. 1997. La polilla guatemalteca de la papa. Biología, comportamiento y prácticas de manejo integrado. Programa Regional Agrícola. Regional Uno. Corpoica. 14 p.

ÑÚSTEZ, C.; ARIZA, A.; BECERRA, J.; FUENTES, L.; GARCES, G.; GONZALEZ, D.; MEDINA, X.; RABON, W.; SOLÓRZANO, L. 1998. Resultados preliminares de la observación del comportamiento de *Tecia solanivora* en campos de cultivo. *En*: Conclusiones y Memorias del taller "Planeación estratégica para el manejo de *Tecia solanivora* en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Julio 22-24 p.48.

RABINOVICH J. 1980. Introducción a la ecología de poblaciones animales. Centro de Ecología. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Caracas, Venezuela. Compañía Editorial Continental S.A. México.

SOTELO, G. 1997. La polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny) y su control con Baculovirus. *En*: Memorias II Curso Taller Manejo Integrado de Plagas de la Papa. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica y Centro Internacional de la Papa CIP. Chiquinquirá, agosto 25-27. p.32-34.

SOUTHWOOD, T. 1978. Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. Chapman and Hall. London

Estudios básicos de biología y comportamiento de la polilla guatemalteca de la papa en un área piloto en el municipio de Villapinzón

Dario Corredor[1], *Elkin Flórez*[2]

Resumen

Para orientar mejor algunos aspectos del manejo integrado de la polilla *Tecia solanivora* en papa, se investigaron en el campo algunos temas básicos de la biología de adultos y larvas de la polilla, así como su ciclo de vida en el área de Villapinzón a 2.980 m de altitud y una temperatura promedio de 11ºC. Se determinaron, mediante la captura con trampas de feromonas, con 24 muestreos, las horas del día de mayor actividad de los adultos. Se observaron y se dibujaron gráficas de los vuelos triviales y se determinaron, mediante muestreo del hábitat, los sitios de refugio de los adultos. También se determinó el ciclo de vida de la polilla en las condiciones de campo del ensayo. Se registró que los adultos de Tecia son penumbrales y presentan su mayor actividad de 5 a 8 a.m. y en las primeras horas de la noche, de 6 a 7 p.m. El número de insectos capturado diariamente es muy variable y, frecuentemente, la captura de un día hizo el volumen grande de la captura semanal. Hembras y machos caminan sobre el suelo la mayor parte del tiempo. Los adultos de la polilla permanecen a la sombra del follaje de las plantas de papa y debajo de terrones y residuos de vegetación. No se encontraron adultos sobre las plantas de papa, otra vegetación o en los árboles alrededor de los lotes de cultivo. El 24,7% de los tubérculos de rezago, casi seis meses después de cosecha, presentaron larvas vivas de *T. solanivora*. El ciclo de vida del insecto para las condiciones de la región fue de 83,3 ± 13.6 días.

Palabras clave: *Tecia solanivora*, manejo integrado de plagas, plagas de la papa.

Basic studies on biology and behavior of the Guatemalan potato tuber moth in the area of Villapinzón

Summary

To obtain a better focus on some aspects of the integrated pest management of the moth *Tecia solanivora* on potatoes some basic biology and behavior of the adults and larvae of the moth were studied at the municipality of Villapinzon at 2.980 m above sea level and an average temperature of 11oC. Greater activity of the adults during the day was determined by capturing males with 24 pheromone (E (3) dodecenyl acetate) baited traps. Trivial flights of the adults were observed and diagrammed and refuges were determined trhrough habitat sampling. The life cycle was determined in field conditions. The male adults show penumbral activity, mainly from 5 to 8 a.m. and, in a lesser degree, from 6 to 7 p.m. The number of male adults captured daily is very variable, and often, the capture of one day made the big capture for the weekly sample. Males and females walked on the ground most of the time. Moth adults remain under the shadow of the potato plantas and underneath soil and vegetation clumps. No adults were found on potato plantas, other vegetation or trees around the potato fields. 24.7 % of the leftover tubers after six months of harvesting had alive larvae of the moth. The life cycle of the moth for the field conditions was 83.3 ± 13.6 days.

[1] I.A., Ph.D., Correo electrónico: dariocorredor@hotmail.com

[2] I.A., M.Sc., Centro de Excelencia Fitosanitaria. Correo electrónico: ehflorep@hotmail.com

Key words: *Tecia solanivora*, integrated pest management, potato pests.

Introducción

La importancia del cultivo de papa en Colombia se evidencia en las cifras nacionales relativas al sector: existen alrededor de 170.000 hectáreas en producción, 90.000 familias colombianas se dedican directamente al cultivo de este tubérculo y 20 millones de jornales anuales son resultado de esta actividad. Las principales áreas productoras de papa se encuentran en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia, con cerca del 90% de la producción nacional. Los dos primeros producen aproximadamente el 60% del volumen total de papa de año y el 100% de la papa para industria en Colombia.

Uno de los factores de riesgo que más incide en el proceso productivo de la papa es la presencia de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny 1973), la cual puede causar pérdidas hasta del 100% de la cosecha. Esta plaga, originaria de Guatemala, fue introducida desde Costa Rica al Táchira (Venezuela) en 1983 (Torres, 1989) y por esta vía llegó a Colombia a través de Norte de Santander en 1985. Desde entonces se ha establecido en todas las zonas productoras de papa en Colombia, con un rango de dispersión entre los 2.000 m de altitud hasta las áreas de páramo, por encima de los 3.000 m.

Algunos autores han planteado diferentes ideas sobre el comportamiento de los adultos y las larvas de la polilla guatemalteca. En primera instancia, Torres (1989) plantea que, en campo, los adultos se encuentran en los bordes de los cultivos, escondidos en el follaje de las malezas y arbustos; así mismo comenta que al atardecer copulan y ovipositan sobre tubérculos o en el suelo. De forma similar, Ñústez (1998) reporta que los adultos de la polilla permanecen ocultos en la vegetación alrededor de los cultivos atacados. Herrera (1997) registra, a su vez, que los adultos son activos en las horas de penumbra en las primeras horas del día o de la noche y que durante el día se esconden bajo las plantas y rastrojos.

El ciclo de vida de *Tecia solanivora* depende de las condiciones ambientales, principalmente de la temperatura. Sánchez *et al.* (2000) recopilaron diferentes datos sobre el ciclo de vida de la polilla guatemalteca a diferentes altitudes y temperaturas. Según estos autores, el periodo entre los estados de huevo y pupa varía de 45 a 68 días. Por su parte, López-Ávila y Espitia-Malagón (2000) reportaron un ciclo de vida que varía entre 65 y 93 días, dependiendo principalmente de la temperatura. Notz (1996), trabajando con temperaturas de 10, 15, 20, 25 y 30°C, encontró que el ciclo de vida varía de 197 ± 49 días a 10°C y 37 ± 9 días a 25°C.

El objetivo del presente trabajo consistió en estudiar algunos aspectos básicos de la biología de la polilla guatemalteca en el campo, tales como el comportamiento de los adultos y las larvas, así como su ciclo de vida en las condiciones ambientales de Villapinzón: 2.980 m de altitud y 11°C de temperatura media.

Materiales y métodos

•Actividad de adultos

Para determinar las horas de mayor actividad de los adultos, durante las diferentes horas del día, se recolectaron, cada hora durante 24 horas, los individuos capturados en trampas de feromonas

para machos. Esta evaluación se realizó en dos lotes vecinos, uno con alta incidencia de polilla y en barbecho hasta el 15 de enero de 2002 (trampa No. 2), y otro con una presencia muy baja de polilla, cultivado en papa durante todo el tiempo de la investigación (trampa No. 1). Se tomaron datos con capturas bajas durante 10 semanas, del 29 de octubre de 2001 al 5 de enero de 2002. Luego se midieron las capturas durante 14 días continuos, del 1 al 14 de abril de 2002, cuando los picos poblacionales estaban decreciendo rápidamente. Para analizar la forma en que se descomponen diariamente las capturas semanales, se midieron capturas diarias durante dos semanas, del 5 al 31 de marzo de 2002, en los lotes ya mencionados. Así mismo, fueron muestreados los sitios en los cuales se encontraban los adultos, con el fin de localizar las posturas.

•Vuelos triviales

Se observaron en el campo los movimientos de las polillas adultas y se registró el tiempo de vuelo y el recorrido del insecto.

•Sitios de refugio

Se evaluó la vegetación en los alrededores de cultivos comerciales de papa, utilizando diferentes formas de muestreo y a diferentes horas, principalmente en la noche. Se seleccionaron al azar cuatro cuadrantes de vegetación con un área de $2m^2$ cada uno y se inspeccionaron cuidadosamente, lo cual se repetía cada dos horas en lugares diferentes. En cultivos de papa comerciales se tomaron datos de presencia de individuos en el follaje, mediante la generación de disturbios mecánicos con un periódico enrollado y contando el número de adultos que volaban. También se muestrearon los terrones y restos de material vegetal presentes en un lote infestado de $8.000m^2$. Dicho lote se cuadriculó en cincuenta cuadrantes y en cada uno se tomaron las muestras al azar. Adicionalmente, se desenterraron tubérculos de rezago en un lote de casi medio año sin cultivo de papa, con el fin de evaluar daños y presencia de larvas.

•Ciclo de vida

Para estudiar el ciclo de vida en condiciones de campo se tomaron los diferentes estados biológicos del insecto y se enterraron en el campo, ya sea dentro de tubérculos (larvas) o en frascos de vidrio herméticamente cerrados (huevos y pupas). Cuando se aproximaba la fecha de eclosión o emergencia, los diferentes estados eran recogidos y llevados a una edificación cercana.

Resultados y discusión

•Actividad de los adultos

Los adultos de *Tecia solanivora* son penumbrales y presentaron su mayor actividad en las primeras horas del día, de 5 a 8 am, y en las primeras horas de la noche, especialmente de 6 a 7 pm (Figura 1). El pico de actividad de estos insectos varía en las horas de la mañana, ya que con frecuencia se desplaza hacia las 7 u 8 am. Los factores que determinan el momento preciso se desconocen; sin embargo, es posible que la luz posea un papel fundamental en el inicio y el fin de dicha actividad. La trampa 2, localizada en un barbecho con pasto *rye-grass* entre octubre de 2001 hasta comienzos de enero de 2002, fecha en la cual se sembró papa nuevamente, tenía una alta población de la polilla al momento de la cosecha en octubre, lo cual se refleja en capturas mucho más abundantes (Figura 1 y 2). Las trampas 1 y 2 estaban separadas 80 m una de otra.

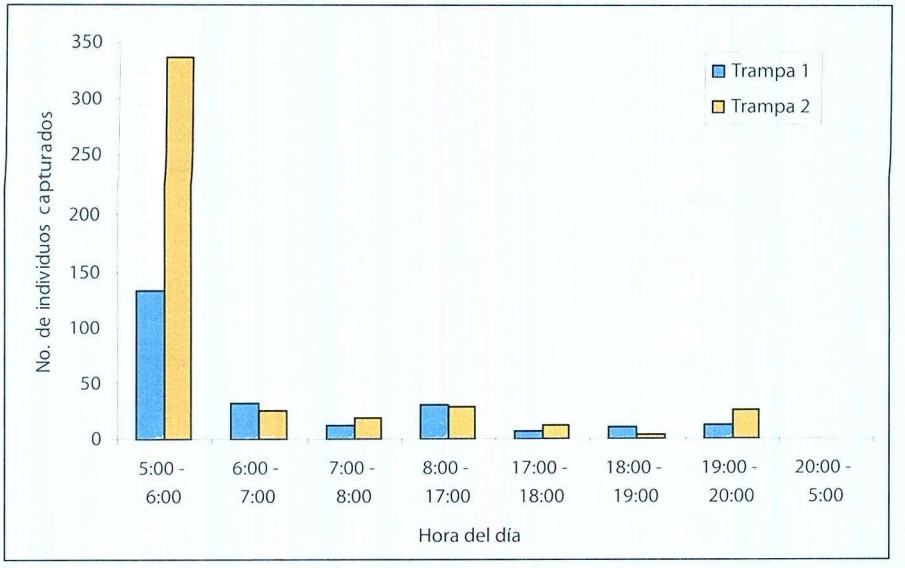


Figura 1. Captura total de adultos de polilla guatemalteca durante 24 horas

Al analizar el número de insectos capturado diariamente (Figura 2), se observa que la frecuencia de caída de polillas en la trampa varía entre días y a menudo la captura de uno o dos días corresponde a un gran porcentaje del volumen total de captura semanal. En este caso, nuevamente, existe un factor ambiental desconocido que determina picos de mayor actividad, pues los días de bajas capturas no indican una población igualmente baja, sino que, simplemente, se reduce la captura por una actividad menor de los adultos de esta especie.

Es conocido que la hembra de esta especie libera la feromona colocando su cuerpo en un plano inclinado, con el extremo apical del abdomen hacia arriba. Los machos se acercan siempre contra la corriente de aire que lleva la feromona, en número de tres o cuatro generalmente. Al aproximarse a una distancia de no más de 10 cm, los machos inician un comportamiento precopulatorio de abanicamiento de alas (*wing fanning*) y levantamiento del extremo apical de su abdomen para liberar su propia feromona y estimular la hembra para la cópula. Rápidamente uno de los machos se aparea con la hembra, se suspende la secreción de feromona y los demás machos se retiran. Si en dos o tres minutos no hay apareamiento, los machos dejan de responder al estímulo de la feromona femenina. Durante la cópula, que dura más de dos horas, la pareja permanece en el sitio de refugio de la hembra.

En cuanto a las trampas de feromonas y agua jabonosa, se pudo observar una respuesta directa de los adultos machos hacia la trampa en un radio de unos 10 m (siempre contra la corriente de aire que arrastra la feromona). Corrientes de aire fuertes pueden dividir la "estela" de olor (*plume*) que forma la feromona, lo cual evitaría que los machos encuentren la fuente de esta.

El efecto del viento sobre los desplazamientos de adultos de *Tecia solanivora* es desconocido. Indudablemente es más relevante sobre los machos, por ser estos los encargados de hacer la

búsqueda para el apareamiento. La hembra es de muy poca movilidad, muestra una mayor tendencia a caminar y sus desplazamientos serían menos afectados por corrientes de aire.

La oviposición fue imposible de observar en el campo. Sin embargo, es posible suponer de una forma confiable que la oviposición se realiza en los sitios de refugio mismos, lo cual facilitaría que las larvas presentes debajo del follaje de las plantas de papa y alrededor del cuello de las mismas puedan encontrar fácilmente los tubérculos. La supervivencia de las larvas en terrenos sin cultivo de papa, pero donde aún existen tubérculos de rezago, dependería de su habilidad para localizar a su hospedante. Esta idea plantearía una relación de coevolución muy corta entre el insecto plaga y su planta hospedante. Conforme a ello, los individuos de *Tecia solanivora* son insectos con una buena dispersión y sobrevivencia en diversos ambientes gracias a las prácticas agrícolas de los humanos, en particular de los cultivadores de papa.

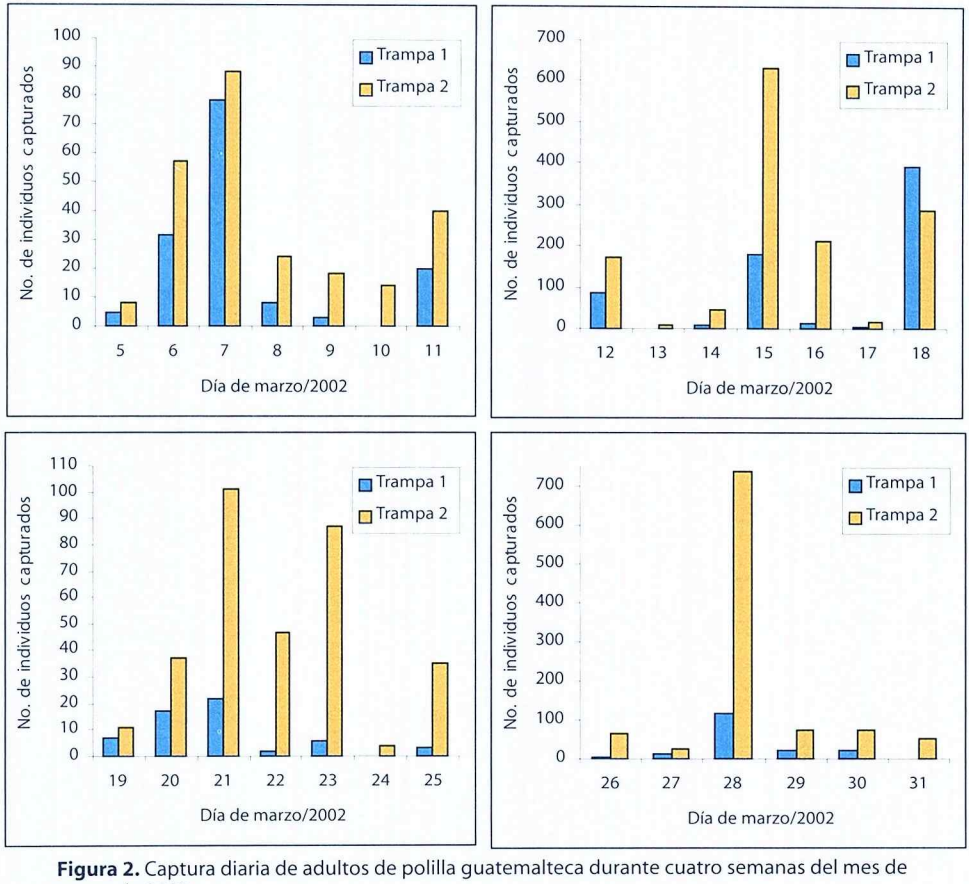


Figura 2. Captura diaria de adultos de polilla guatemalteca durante cuatro semanas del mes de marzo de 2002

•Vuelos triviales

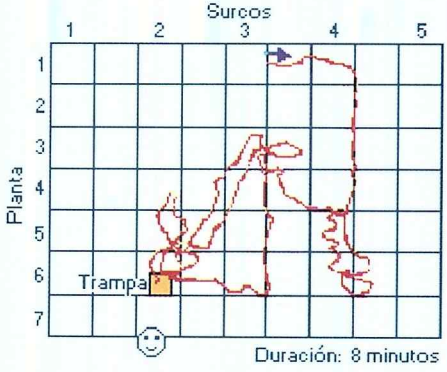
Tanto las hembras como los machos de *Tecia solanivora* caminan sobre el suelo buscando refugio la mayor parte del tiempo. Una vez que se esconden, permanecen inmóviles. Los machos se

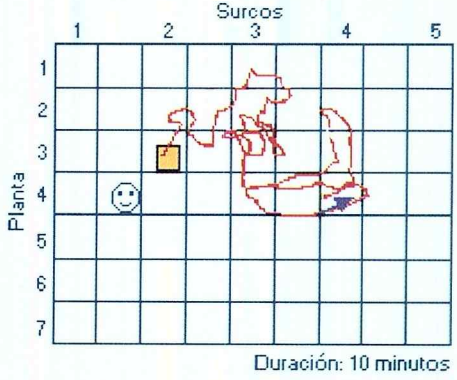
acercan volando y caminando, con un movimiento en forma de zigzag, a la fuente de feromona (Figura 3 a 14). Estos movimientos le permiten reorientar su desplazamiento hacia la fuente de olor, logrando su objetivo varios minutos después de detectar la presencia de la feromona. Cuando los machos son atraídos hacia la fuente de feromona, sus vuelos son por lo general menores a un metro y no a más de diez centímetros de altura.

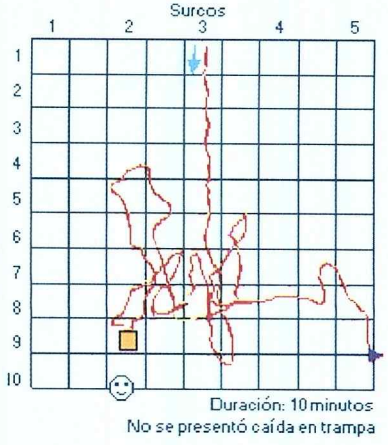
•Sitios de refugio

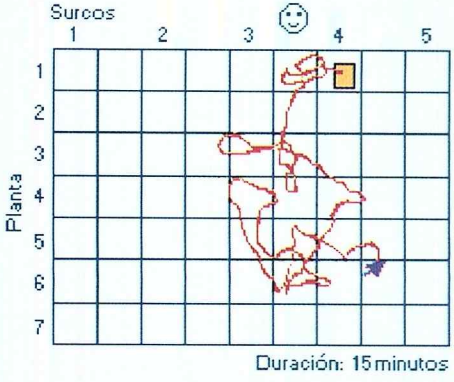
En los numerosos muestreos hechos sobre vegetación y árboles alrededor de los cultivos comerciales infestados nunca se encontraron adultos de la polilla. Estos muestreos se realizaron durante diferentes horas del día y de la noche, y a diferentes alturas (hasta cuatro metros cuando la vegetación era arborescente). Este resultado no concuerda con las afirmaciones de Ñústez *et al.* (1998), quienes plantean que los adultos de *Tecia solanivora* se esconden durante la noche en la vegetación circundante a los lotes de siembra, creencia compartida por los agricultores de la región de Villapinzón. Tampoco se encuentran adultos sobre el follaje de las plantas de papa, excepto como una situación accidental y momentánea.

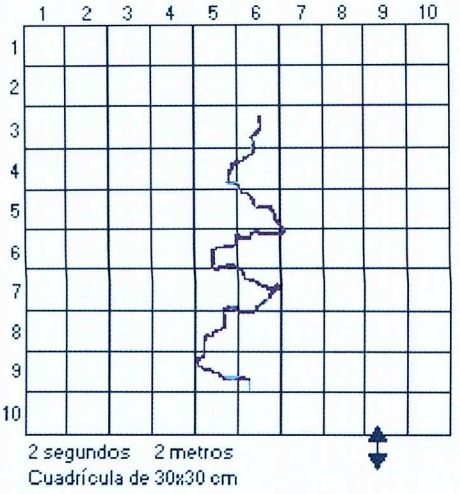
Los adultos fueron localizados siempre dentro de los lotes infestados (Tabla 1), ya sea debajo de terrones y trozos secos de pasto kikuyo, bajo la sombra de plantas de papa y otras plantas dentro del cultivo. También se observaron individuos alrededor del cuello de las plantas, descendiendo por los espacios que quedan entre el tallo y el suelo después del aporque. En este último refugio se encontraron adultos hembras y machos de la polilla hasta 12 cm de profundidad, lo cual los coloca muy cerca de los tubérculos en formación y maduración.

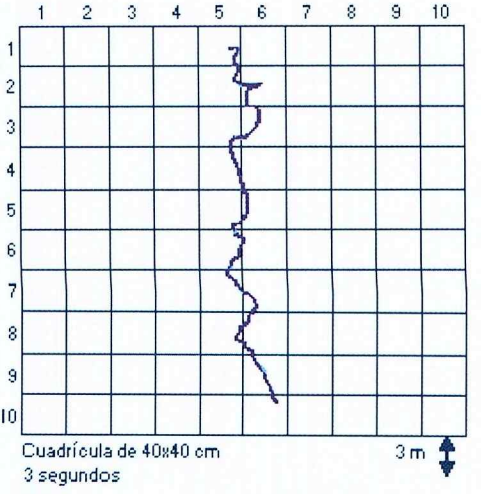


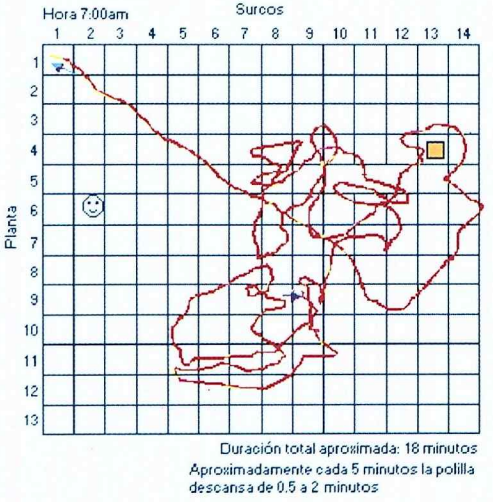


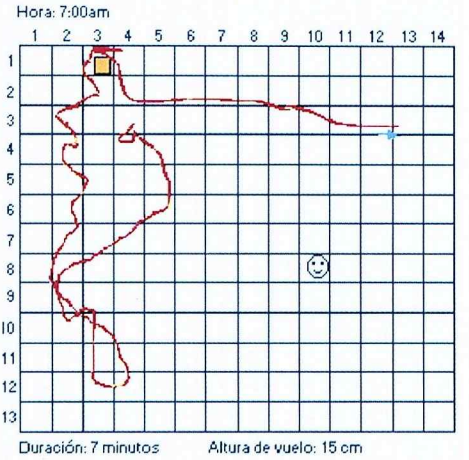


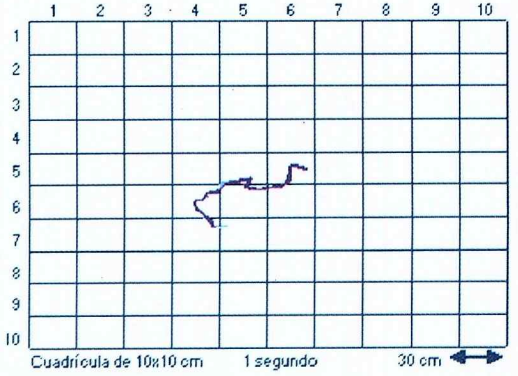


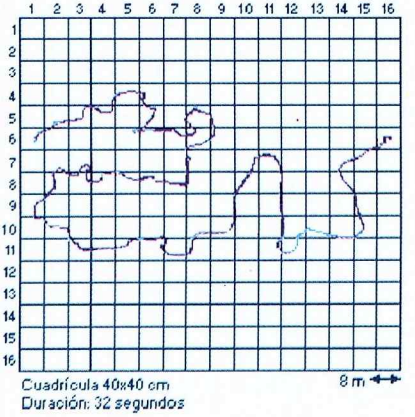

2 segundos 2 metros
Cuadrícula de 30x30 cm

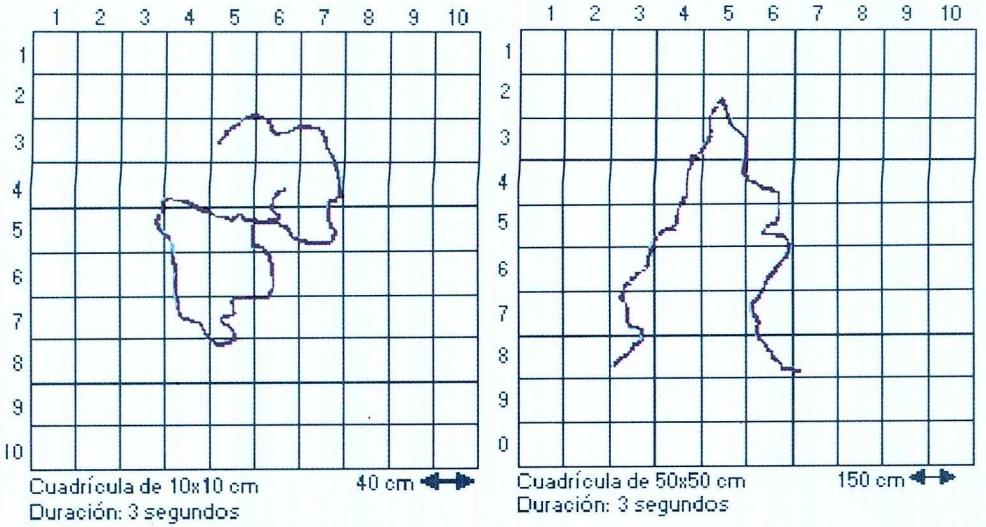

Cuadrícula de 40x40 cm
3 m
3 segundos


Hora 7:00am
Surcos
Planta
Duración total aproximada: 18 minutos
Aproximadamente cada 5 minutos la polilla descansa de 0.5 a 2 minutos


Hora: 7:00am
Duración: 7 minutos
Altura de vuelo: 15 cm


Cuadrícula de 10x10 cm
1 segundo
30 cm


Cuadrícula 40x40 cm
8 m
Duración: 32 segundos



Figuras 3-14. Vuelos triviales de *Tecia solanivora*. El cuadro amarillo demarca la ubicación de la trampa; la cara (☺) demarca la ubicación del observador.

Tabla 1. Porcentaje de tubérculos por muestra con presencia de polilla guatemalteca. Tomadas debajo de plantas de papa y debajo de terrones y residuos de pasto kikuyo.

Ubicación	Muestra 1 (%)	Muestra 2 (%)	Muestra 3 (%)
Bajo plantas de papa	44	4	30
Bajo terrones y residuos	36	2	1

También se pueden considerar sitios de refugio los tubérculos de rezago en lotes que fueron sembrados en papa algún tiempo atrás y que sirven de hospederos a generaciones posteriores de la polilla guatemalteca. En un muestreo de 174 tubérculos, los cuales fueron desenterrados al azar aproximadamente seis meses después de la cosecha, tiempo en el cual el lote fue sembrado en pasto, se encontraron daños de *Tecia solanivora* en el 97,6% de los tubérculos ya necrosados. Adicionalmente, se encontraron 70 larvas vivas de diferentes edades en 24,7% de los tubérculos. Estos datos indican que las poblaciones de la polilla permanecen en los lotes después de terminados los cultivos de papa, reproduciéndose sobre los tubérculos de rezago, lo cual tiene implicaciones en la determinación de tiempos de veda o rotación de cultivos. Si se considera el ciclo de vida de la polilla en esta zona y la longevidad del adulto, es posible fijar el período de rotación o veda del cultivo de papa en diez meses aproximadamente, lapso en el cual las poblaciones de *Tecia solanivora* se habrán reducido drásticamente, pues no habría tubérculos lo suficientemente sanos como para hospedar la siguiente generación del insecto.

•Ciclo de vida

El ciclo de vida medido para la zona de Villapinzón (Tabla 2) coincide con los datos recopilados por Sánchez *et al.* (2000) para la zona de Tunja, cuya temperatura promedio está muy cerca de la temperatura en el área de experimentación (12°C). La duración total del ciclo es de 83,3 ± 13,6 días.

Tabla 2. Duración de los diferentes estados de *Tecia solanivora* en la región de Villapinzón.

Estado	Número de individuos	Duración (días)
Huevo	203	12.93 ± 3.3
Larva	49	39.22 ± 5.8
Pupa	39	31.15 ± 4.5
Adulto	16	20 – 23

La duración del ciclo de vida reportada en el presente trabajo para *Tecia solanivora* no coincide con los datos publicados por Notz (1996) en Venezuela, quien, al trabajar con temperaturas controladas (10°C y 15°C), obtuvo ciclos de vida mucho más largos.

La duración promedio del lapso transcurrido entre el momento en que la larva sale a la superficie del suelo y su instalación en un refugio, donde se prepara para entrar en estado de pupa, oscila entre 10 a 23 minutos. Esta medición se logró a través de la observación de larvas en esta etapa de su vida.

Referencias

HERRERA, F. 1997. La polilla guatemalteca de la papa. Biología, comportamiento y prácticas de manejo integrado. Corpoica. Regional Uno. Santafé de Bogotá. 14 p.

LÓPEZ Á., A.; ESPITIA M., E. 2000. Plagas y benéficos en el cultivo de la papa en Colombia. Boletín Técnico Divulgativo. Corpoica. Bogotá. 35 p.

NOTZ, A. 1996. Influencia de la temperatura sobre la biología de *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) criadas en tubérculos de papa *Solanum tuberosum* L. Bol. Entomol. Venez. N.S. 11(1):49-54.

ÑÚSTEZ L., C.E.; ARIZA, A.; BECERRA, J.O.; FUENTES, L.S.; GARCÉS, G.; GONZÁLEZ, D.; MEDINA, X.; RABÓN, W.; SOLÓRZANO, L. 1998. Resultados preliminares de la observación del comportamiento de *Tecia solanivora* en campos de cultivo. *En*: Conclusiones y memorias del taller "Planeación estratégica para el manejo de *Tecia solanivora* en Colombia". Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. pp. 48-49.

SÁNCHEZ, G.D.; LONDOÑO, M.E.; PEÑA L.E.; ESPITIA E. 2000. Manejo Integrado de Plagas. *En*: Manejo integrado del cultivo de la papa. Manual técnico. Corpoica. Regional Uno. Bogotá. pp. 111-129.

TORRES, F. 1989. Algunos aspectos de la biología y comportamiento de la polilla de la papa, *Scrobipalposis solanivora* (Povolny 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) en el Estado Táchira, Venezuela. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Zoología Agrícola. Tesis de grado. 86 p.

Evaluación de un sistema de monitoreo o vigilancia de la población de *Tecia solanivora* (Povolny 1973) en campo

Dario Corredor[1], *Elkin Flórez*[2]

Resumen

Tres tipos diferentes de trampas previamente utilizadas para capturar la polilla guatemalteca de la papa se evaluaron semanalmente, durante 21 semanas, en un campo experimental de 12.000 m^2 localizado en el área de Villapinzón a una altura de 2.980 m sobre el nivel del mar. Cinco trampas de feromonas para machos, 28 trampas de caída y 28 trampas plásticas (15 cm x 15 cm) de intercepción se pusieron con este experimento con un diseño completamente al azar. Gráficas de superficie de alta resolución fueron elaboradas con el programa Surfer. Las trampas de feromonas para machos mostraron la captura más alta y diferencias significativas con las otras trampas. Las trampas de caída y las trampas plásticas de intercepción no mostraron diferencias. Las trampas de feromonas fueron más efectivas para detectar y monitorear los adultos de las polillas con poblaciones altas y bajas. Discutimos que las trampas de feromonas para machos no son tan eficientes para detectar focos de población en pequeños campos de cultivo, pues estos machos capturados podrían ser atraídos de cultivos de papa vecinos y no del área alrededor de la trampa, la cual estaba libre de polillas en el campo experimental como se demostró mediante la evaluación de daños y presencia de larvas en los tubérculos. Estas trampas de feromonas para machos podrían ser más eficientes en grandes cultivos de papa en los cuales la acción a distancia de la trampa de feromona para machos podría mostrar un foco de población dentro de los límites del campo. La historia detallada del lote del cultivo de papa antes de siembra podría ser muy importante para detectar focos de población de la polilla.

Palabras clave: Sistemas de monitoreo, manejo de plagas en papa, trampas de feromonas.

Evaluation of a field monitoring system for the population of *Tecia solanivora* (Povolny 1973)

Summary

Three different types of traps previously used to catch the guatemalan potato tuber moth were weekly evaluated, for 21 weeks, in a 12.000 m^2 experimental field located in the area of Villapinzon at 2.980 m above sea level. Five pheromone male traps, 28 pitfall traps and 28 plastic interception (15 cm x 15 cm) traps were set in the experiment in a completely random design. Surface graphics of high resolution were done with the Surfer program. Pheromone male traps showed the highest capture and a significant difference with the other traps. Pitfall traps and the plastic interception traps did not show any difference. Pheromone traps were more effective to detect and monitor the moth adults with low and high populations. We discuss that the pheromone male traps are not efficient to detect population patches in small potato fields, as these captured males could be attracted from neighboring potato fields and not from the area around the trap, which was free of moths for the experimental field as showed by evaluation of damages and presence of larvae in the tubers. These pheromone male traps might be more efficient in large potato fields where the

[1] I.A., Ph.D., Correo electrónico: dariocorredor@hotmail.com
[2] I.A., M.Sc., Centro de Excelencia Fitosanitaria. Correo electrónico: ehflorep@hotmail.com

distant action of the pheromone male trap could show a population patch within the borders of the field. Detailed history of the potato field before planting could be very important to detect patches of the moth.

Key words: Monitoring systems, potato pest management, pheromone traps.

Introducción

El objetivo principal del manejo integrado de plagas es tratar de regular las poblaciones de los insectos plaga. Para tal fin, las poblacionales del insecto se monitorean mediante muestreos y dependiendo del nivel de infestación se ejecutan las estrategias de manejo. Por esta razón es importante establecer un sistema de captura que muestre a los productores las tendencias reales de la población y les señale la heterogeneidad poblacional existente en los lotes de cultivo, de tal forma que puedan tomar las decisiones de manejo.

Para el caso de *Tecia solanivora* (Povolny 1973) se utiliza un sistema de muestreo basado en trampas con una paraferomona (E-3- dodecenyl acetato) empleada por los agricultores en Costa Rica desde fines de la década de los ochenta (Rodríguez y Lépiz 1988, 1989). El mismo sistema, el cual captura sólo machos, es propuesto normalmente para fijar umbrales y para el control de la polilla. Esto último se logra incrementando el número de trampas por hectárea de 4 a 16 según el número de capturas por semana. Un sistema muy similar se emplea en Colombia para el manejo de la polilla guatemalteca.

Galindo y Español (2001) llevaron a cabo un estudio para evaluar y comparar diferentes tipos de trampas, el cual definió como promisorias tres formas de muestreo: las trampas de feromona con agua jabonosa, trampas plásticas pegantes de intercepción y trampas de caída con un atrayente. El objetivo de esta investigación fue evaluar estos tres sistemas de muestreo reportados hasta ahora como promisorios y determinar cuál de ellos se podría adaptar más fácilmente para su uso por parte de los agricultores de papa en Colombia.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en un lote experimental comercial de 12.000 m², ubicado en la vereda San Pablo, municipio de Villapinzón (Cundinamarca) a 2.980 m de altitud. Este se sembró con la variedad Diacol Capiro a una distancia de 0,4 m entre plantas y 1 m entre surcos. Se evaluó la captura semanal de adultos de la polilla guatemalteca con tres tipos de trampas: 1) trampa de feromona con agua jabonosa, 2) trampa de caída tipo malla con un atrayente y 3) trampa plástica de intercepción con pegante.

La primera de estas consiste en un recipiente plástico con una abertura sobre cada costado, una de 12cm x12 cm y la otra de 6 cmx6 cm. En el fondo del mismo se vierte agua con jabón, la cual permite la captura de individuos adultos de la polilla. En la parte superior del recipiente se fija el dispensador de la feromona con un alambre. En el presente estudio se colocaron un total de cinco trampas en el área de estudio (Figura 1).

La trampa de caída tipo malla con atrayente, consiste de un recipiente plástico (11 cm de diámetro x 7 cm de altura), el cual se entierra con el borde a ras de suelo. Este recipiente se envuelve con una malla (5 mm x5 mm de poro) la cual sobresale 10 cm del nivel del suelo. Dentro de la parte sobresaliente de la malla se coloca, a manera de rejilla, un pedazo circular de malla (5 mm x5 mm) sobre el cual se deposita el material atrayente. El follaje de las plantas de papa se utiliza como

material atrayente. Para evitar que los insectos atrapados en la trampa no escapen, se coloca agua con jabón en el fondo del recipiente plástico. En este estudio se usó un total de 28 trampas en el área experimental (Figura 1).

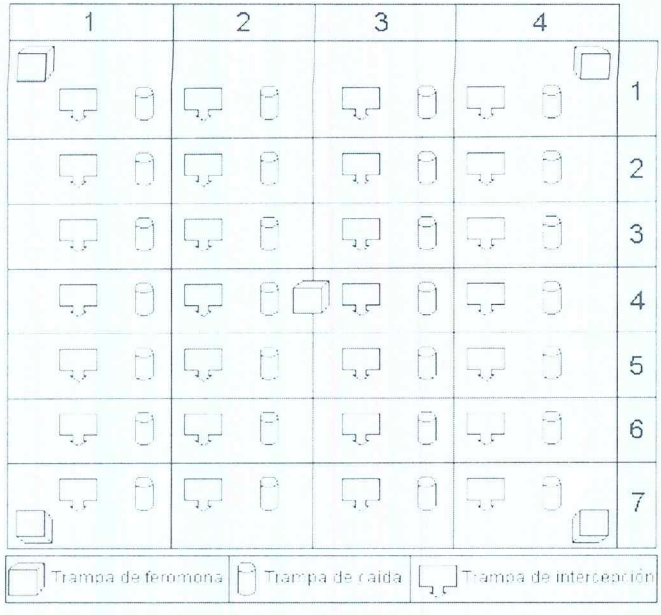


Figura 1. Disposición espacial de las trampas en campo.

La trampa plástica de intercepción con pegante consiste en un trozo cuadrado de plástico calibre 6, de 15 cm x15 cm, colocado sobre un soporte de alambre con una pata para enterrar en el suelo. La lámina de plástico se cubre con un pegante (Gomín®) que no se lave ni se seque fácilmente con la lluvia o el sol. Debido a su vuelo rasante, los adultos de la polilla son atrapados al chocar con el plástico y quedar adheridos al mismo.

Los datos de captura en las trampas se tomaron semanalmente, durante 21 semanas. Las trampas de caída e intercepción se colocaron entre las plantas, distribuidas sistemáticamente por todo el lote y las de feromona se ubicaron hacia los bordes y centro del cultivo. Durante todo el experimento se tomaron muestras semanales de 15 plantas al azar para determinar la presencia de polilla o los daños de esta sobre tubérculos. Así mismo, los daños y presencia de la polilla fueron evaluados al momento de la cosecha.

Los datos de captura fueron transformados por raíz cuadrada de captura + 1, con el fin de disminuir el coeficiente de variación. El modelo seleccionado fue el de diseño completo al azar (DCA). Posteriormente se efectuó un análisis de varianza con medidas repetidas. La prueba de comparación fue la de Tukey estudentizada con medias armónicas (SAS V.8,0).

También se elaboraron gráficas de superficie de alta resolución, esto con el fin de observar la secuencia periódica de los muestreos y poder detectar secuencias de focos o entradas al lote por algún lado específico de este.

Resultados y discusión

Al analizar los datos de captura, se observa que las trampas de feromona reportan valores de captura más altos que las demás trampas. A su vez, las trampas de intercepción reportan capturas más altas que las de caída. En el análisis estadístico y según la prueba Tukey (Cuadro 1), se observan diferencias significativas entre las trampas de feromona y las de caída e intercepción. No obstante, entre las trampas de caída e intercepción no se presentaron diferencias significativas. El único muestreo que no presentó diferencias en ninguna de las trampas fue el muestreo 1, debido a que las capturas en todas las trampas fue 0 (Tabla 1).

En términos generales se observa que el comportamiento a través del tiempo de las trampas de caída e intercepción es similar. Para la trampa de caída el mayor pico de captura se presentó en la semana 6, mientras que los picos para la trampa de intercepción se presentaron en las semanas 6, 11 y 15. Para la trampa de feromona los picos de captura se presentan en las semanas 15 y 18 con un incremento sostenido desde la semana 8. En este caso los valores de captura son muy superiores a las otras trampas, pero a partir de la semana 18 los valores de capturan decaen. Este mismo comportamiento se presenta en las demás trampas (figura 1).

La fecha 1 no mostró diferencias significativas en capturas, posiblemente debido a las bajas poblaciones encontradas al inicio del experimento. La captura fue 0 en todas las trampas (Tabla 1). Para la comparación entre las trampas de caída y de intercepción, no se observó una tendencia predominante de captura, siendo estas dos trampas relativamente efectivas para seguir un proceso de detección más no de monitoreo de polillas en ausencia de trampas de feromonas. Las trampas de feromonas son las más efectivas para el monitoreo y detección de polillas de *T. solanivora*, cuando se presentan poblaciones altas y bajas.

Tabla 1. Promedios de captura de machos de *T. solanivora* en trampas de caída, intercepción y feromona.

Fecha	Trampa de caída		Trampa de intercepción		Trampa de feromona	
1	0,0	A	0,0	A	0,0	A
2	0,0	B	0,3	B	1,8	A
3	0,0	B	0,0	B	0,8	A
4	0,0	B	0,1	B	1,8	A
5	0,2	B	0,4	B	4,2	A
6	2,6	B	1,9	B	4,6	A
7	0,2	B	0,8	B	2,6	A
8	0,0	B	0,2	B	3,8	A
9	0,1	B	0,5	B	12,6	A
10	0,1	B	0,6	B	17,6	A
11	0,1	B	1,5	B	26,2	A
12	0,2	B	0,9	B	88,6	A
13	0,1	B	0,6	B	117,6	A
14	0,0	B	0,3	B	180,6	A
15	0,1	B	3,3	B	351,8	A
16	0,1	B	1,5	B	172,2	A
17	0,1	B	0,4	B	170,4	A
18	0,0	B	1,0	B	234,8	A
19	0,0	B	0,4	B	57,4	A
20	0,1	B	0,2	B	9,8	A
21	0,0	B	0,0	B	1,4	A

Promedios de captura en filas con letra común, por separado para cada lectura, no son significativamente diferentes según la prueba de Tukey.

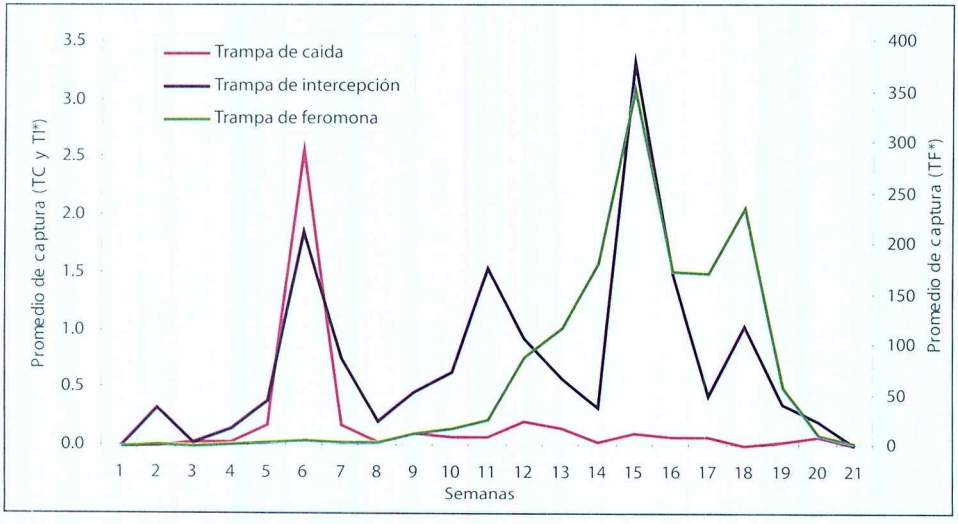
Al analizar las gráficas de superficie (Figura 2A, 3A, y 4A), se observa que las capturas de la trampa de intercepción a través del tiempo (ver las figuras en forma ascendente) están relacionadas en el espacio, encontrándose picos de capturas comunes en las áreas de muestreo columna 4 fila 4

(lado derecho de la gráfica) y columna 3 fila 4. Sin embargo, el comportamiento de las capturas en estas figuras no es claro en todas las fechas.

Para las trampas de caída (Figura 2B, 3B, y 4B), los monitoreos a través del tiempo no permiten observar secuencias espaciales de capturas, ya que estas se presentan de fecha en fecha en lugares diferentes. Para las capturas de las trampas de caída e intercepción no se observan secuencias claras que nos indiquen por dónde las poblaciones de machos de polilla guatemalteca entran al lote.

Para las trampas de feromona (Figura 2C, 3C, y 4C) se observa que las poblaciones de machos entran al lote por el lado izquierdo, debido a que sobre este costado se encontraba un cultivo de papa infestado de polilla y por lo tanto, lo que se muestra es el desplazamiento de los machos de un lote a otro. En la parte alta del lote también se encontraba un cultivo vecino infestado de polilla, pero las gráficas no mostraron movimiento de las polillas machos hacia el lote experimental, aun cuando las capturas de machos fueron altas en el lote vecino. Las trampas de feromonas muestran una tendencia en la secuencia espacial de capturas, evidenciando lo que en realidad ocurre con el sitio de entrada de machos de *Tecia solanivora* al lote experimental.

El lote comercial experimental se mantuvo en una rotación con pastos durante los tres años anteriores, lo cual garantizaba que era un lote libre de focos de polilla guatemalteca. Para detectar y evaluar la posible presencia de la polilla atacando tubérculos se hicieron evaluaciones semanales y al final de la cosecha. Durante todo el tiempo de este estudio, a pesar de las altas capturas de machos de *Tecia solanivora* en las trampas de feromona, nunca se presentó daño de la plaga en los tubérculos, ni presencia de larvas en los mismos. En consecuencia, a la afirmación de que las trampas de feromona son las más eficientes para detectar y monitorear las poblaciones de *Tecia solanivora*, es necesario adicionarle una discusión sobre el significado real de las capturas en estas trampas.



* TC y TI: Trampa de caída y de intercepción, TF: Trampa de feromona

Figura 1. Comportamiento temporal de los promedios de captura en trampas de caída, intercepción y feromona.

Si se tiene en cuenta que el macho de la polilla guatemalteca se desplaza hacia la fuente de feromona, la trampa en este caso, y la ausencia de *Tecia solanivora* en el lote, es posible concluir que la trampa de feromona no necesariamente demuestra la presencia de focos poblacionales de la polilla guatemalteca. Los focos de población están constituidos por hembras y machos; si no hay hembras no es posible la oviposición y, por tanto, la formación de colonias nuevas. Esto indicaría que las trampas de feromonas pueden estar capturando machos que se están desplazando desde su área de colonización hasta la trampa, o aquellos que efectivamente provienen de colonias localizadas en las áreas adyacentes a la trampa. En el primer caso, los datos de captura no están indicando el foco de localización de las poblaciones de la plaga; mientras que en el segundo sí.

Corredor y Flórez (2002) plantearon que las trampas de feromona tienen una "acción a distancia" según la cual estas capturan machos de colonias vecinas, pero esa captura no indica la presencia de un foco de población en el área adyacente a la trampa. Los mismos autores, según las condiciones de su estudio, afirman que esa "acción a distancia" podría estar por debajo de 47,1 m. En otras palabras, los machos capturados en el lote experimental podrían estar llegando desde una distancia similar a esta.

Todo ello permite concluir que las trampas de feromonas para machos de *Tecia solanivora* sólo son eficientes en lotes de cultivo extensos, en los cuales esta "acción a distancia" no implicaría un error considerable en el proceso de toma de decisiones en relación, por ejemplo, con las áreas que deberían ser manejadas con insecticidas. Para los lotes de papa pequeños, como los encontrados en la región de Villapinzón, y probablemente para muchas otras zonas del país, las trampas de feromonas no son eficientes en la medida que la presencia de machos no indica necesariamente la de hembras en el mismo lote. Para pequeños lotes, de una o dos hectáreas, es necesario trabajar en base a un método de muestreo de la polilla guatemalteca que brinde la precisión y el detalle aplicables a su situación particular.

Ante esta situación, la historia del lote relativa a los ataques de *Tecia solanivora* se vuelve importante. Los agricultores deberían registrar, en el momento de la cosecha, las partes del lote que están infestadas por la polilla. Esta información podría resultar en un mapa donde se localice con precisión los focos reales de *Tecia solanivora*, con el fin de aplicar un tratamiento especial en dichas áreas en la siguiente siembra (p.e. dejarlas como parches de rotación, usar coberturas, uso de insecticidas, etc.).

De los métodos de muestreo para *Tecia solanivora* estudiados en esta investigación, el único que podría considerarse adecuado para pequeños productores es la trampa de intercepción con pegante, si se modifica su tamaño y se repite su evaluación. Sería muy interesante explorar, asimismo, la posibilidad de conseguir la formulación de la mezcla de feromonas E(3) dodecenyl acetato y Z(3) dodecenyl acetato, la cual se ha reportado atractiva para hembras y machos de *Tecia solanivora*. Esta trampa muy posiblemente indicaría con precisión las poblaciones de la polilla para pequeñas y grandes áreas de cultivo.

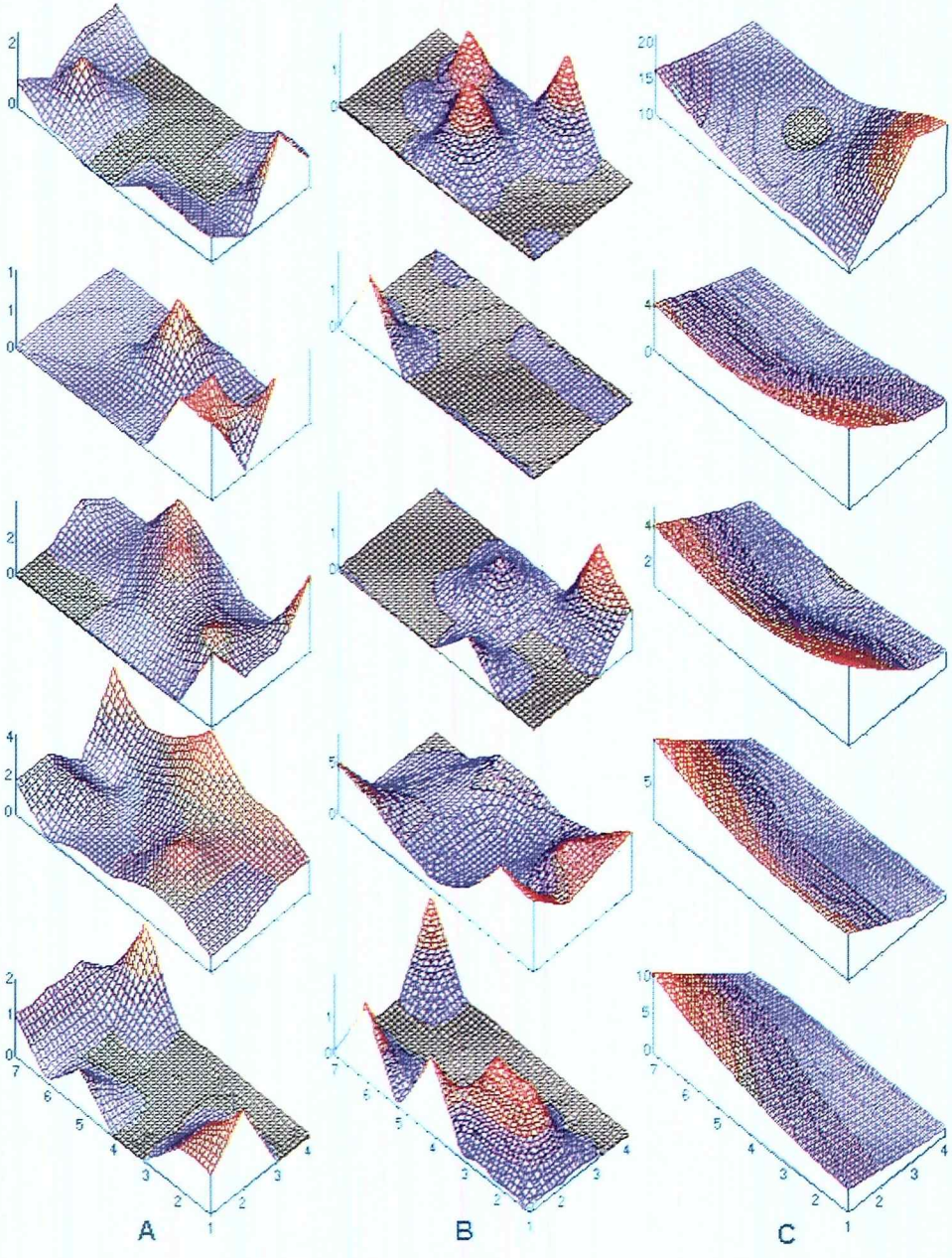


Figura 2. Gráficas de superficie para capturas de machos de polilla guatemalteca. Muestreos 5 a 9, presentando el muestreo 5 en la parte inferior y el 9 en la parte superior de la figura. A) Trampas de intercepción. B) Trampas de caída y C) Trampas de feromona.

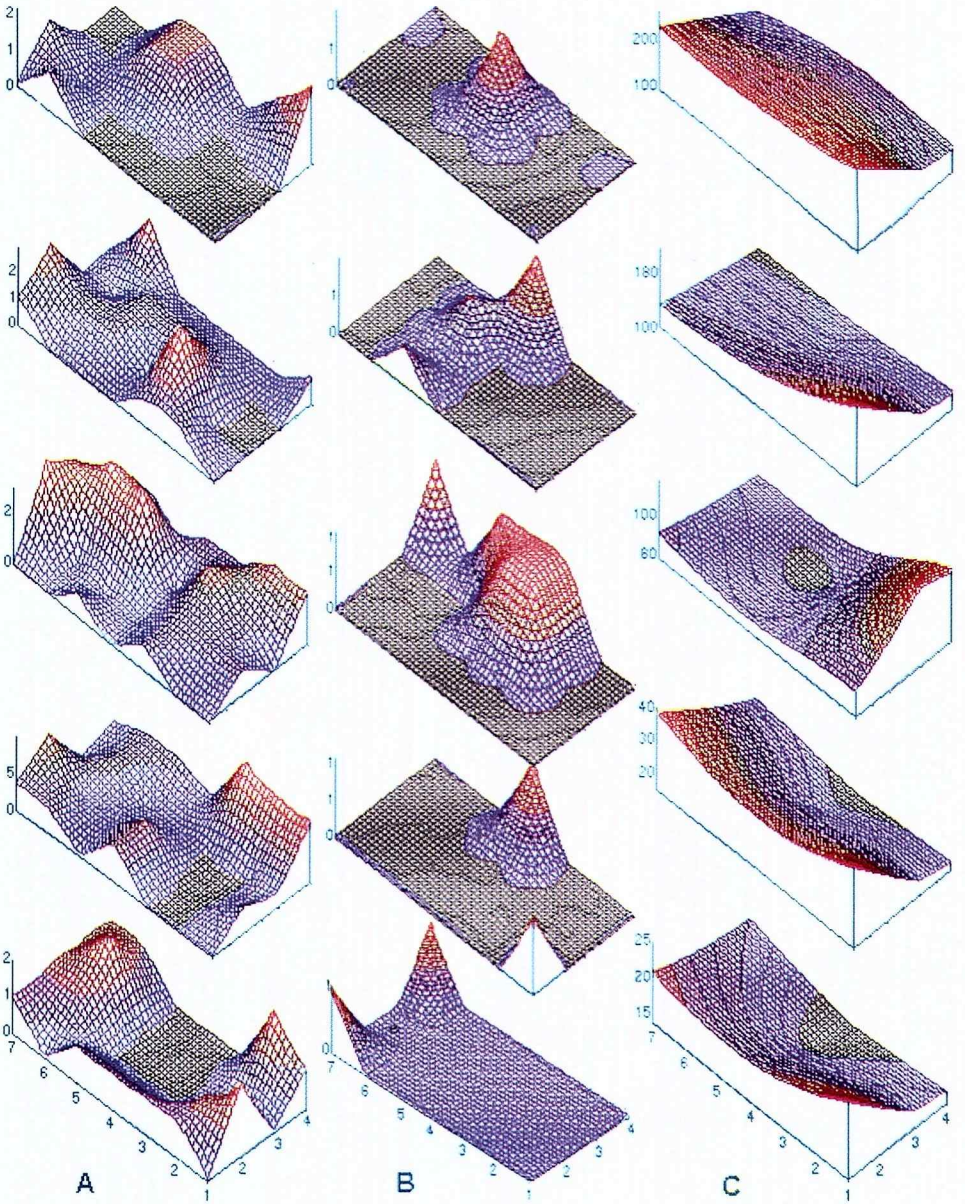


Figura 3. Gráficas de superficie para capturas de machos de polilla guatemalteca. Muestreos 10 - 14, presentando el muestreo 10 en la parte inferior y el 14 en la parte superior de la figura. A) Trampas de intercepción. B) Trampas de caída y C) Trampas de feromona.

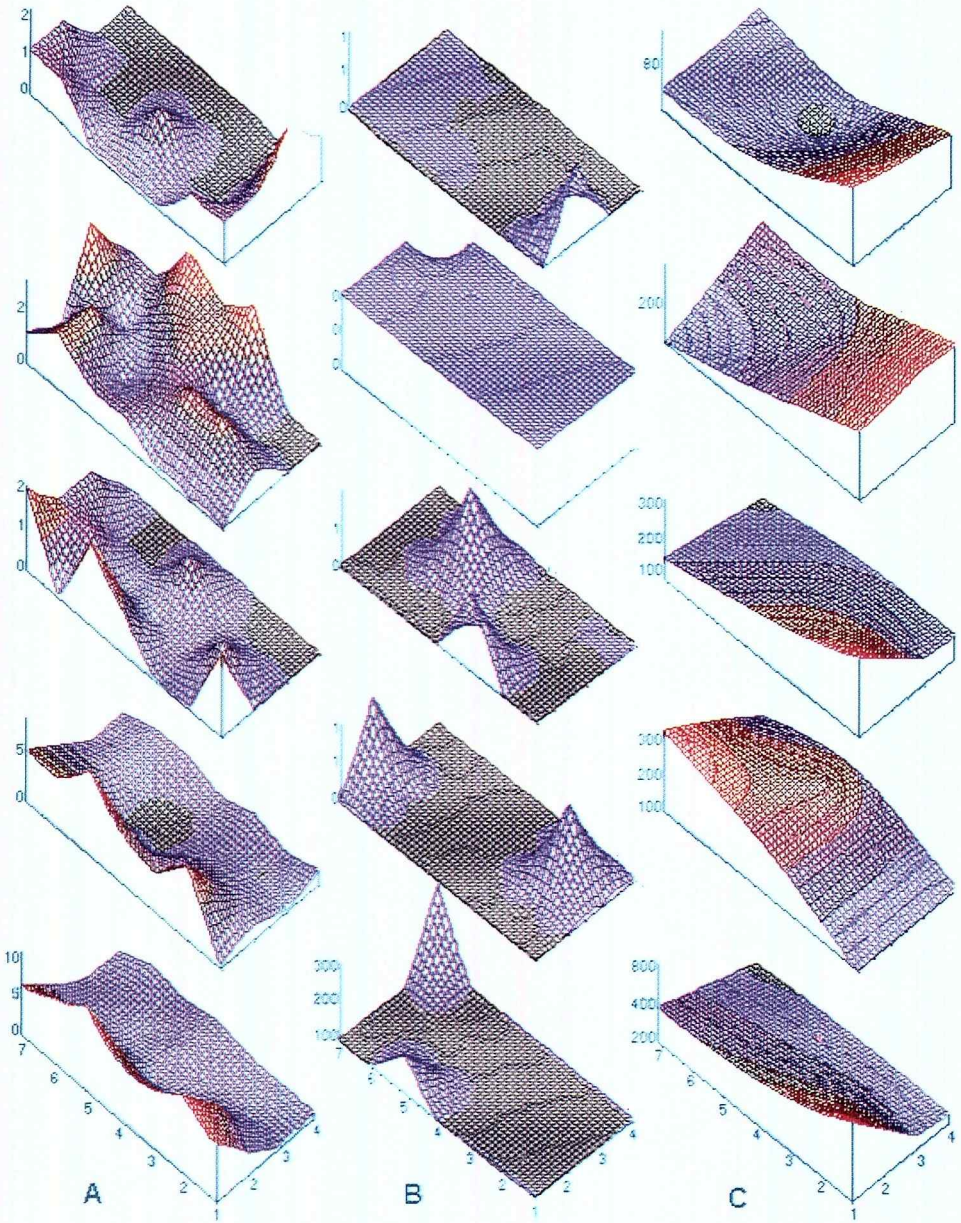


Figura 4. Gráficas de superficie para capturas de machos de polilla guatemalteca. Muestreos 15 -19, presentando el muestreo 15 en la parte inferior y el 19 en la parte superior de la figura. A) Trampas de intercepción. B) Trampas de caída y C) Trampas de feromona.

Referencias

CORREDOR, D.; FLÓREZ, E. 2002. Análisis espacial y determinación del tamaño del foco de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny). Informe de investigación. Cevipapa. Bogotá. 7 p.

GALINDO, R.; ESPAÑOL, J. 2001. Trampas de caída tipo malla y trampas pegajosas para la evaluación de adultos de gusano blanco *Premnotrypes vorax* (Hustache) y polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny) en condiciones de campo. http://www.redepapa.org/malla.pdf. Programa nacional de biometría. Subdirección de investigación en sistemas de producción.

RODRÍGUEZ, C.L.; LÉPIZ, C.S. 1988. Manejo adecuado de las feromonas de la polilla de la papa. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Subdirección de Investigaciones Agrícolas. Departamento de Entomología. San José, Costa Rica. Boletín divulgativo No. 90. 13 p.

RODRÍGUEZ, C.L.; LÉPIZ, C.S. 1989. Muestreo y toma de decisiones para usar insecticidas contra las polillas de la papa. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Subdirección de Investigaciones agrícolas. Departamento de Entomología. San José, Costa Rica. Boletín divulgativo No. 94. 13 p.

Anexo 1. Datos originales de captura para *T. solanivora* en trampas de caída e intercepción. Lote experimental.

Columna	Fila	Diciembre de 2001								Enero de 2002								Febrero de 2002							
		10		18		28		28		09		17		23		30		06		13		20		27	
		TI*	TC*	TI	TC	TI	TC	TI	TC	TI	TC	TI	TC	TI	TC	TI	TC	TI	TC	TI	TC	TI	TC	TI	TC
4	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1
	5	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	5	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6	1	1
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	2	0	0	0	0	1	0	2	0	5	0	2
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	1	3	0	1	0	1	0	1	0	5	0	2
3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	2	0	1	0	1	0	3	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
	6	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	3
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2
2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0	3
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	0	1	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	2	0	1
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	1	0	3	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	2	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	2	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	6	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	2	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	0	0
Suma		0	0	0	9	1	1	1	4	5	11	72	52	5	21	1	6	3	13	2	18	2	43	6	26
Promedio		0,00	0,00	0,00	0,32	0,04	0,04	0,04	0,14	0,18	0,39	2,57	1,86	0,18	0,75	0,04	0,21	0,11	0,46	0,07	0,64	0,07	1,54	0,21	0,93

* TC = Trampa de caída, TI = Trampa de intercepción

Anexo 1. Continuación

Columna	Fila	Marzo de 2002								Abril de 2002								Mayo/02	
		06		13		20		27		03		10		17		24		01	
		TC*	TI*	TC	TI	TC	TI	TC	TI	TC	TI	TC	TI	TC	TI	TC	TI	TC	TI
4	7	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	6	0	2	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0
	4	2	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	1	1	1	0	2	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	0	0
	5	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0
2	7	0	2	0	1	0	3	1	2	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
	6	0	1	0	0	0	2	0	2	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0
	5	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	3	0	3	0	0	0	2	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	6	0	2	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0
1	1	0	0	0	0	0	8	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0
	2	0	1	0	0	0	11	0	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	3	0	1	0	0	0	8	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	8	0	4	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
	5	1	0	0	0	1	12	0	7	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	1	0	9	0	4	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0
	7	0	1	0	0	0	7	0	4	0	2	0	1	0	1	0	1	0	0
Suma		4	16	1	9	3	93	2	42	2	12	0	29	1	10	2	6	0	0
Promedio		0,14	0,57	0,04	0,32	0,11	3,32	0,07	1,5	0,07	0,43	0,00	1,04	0,04	0,36	0,07	0,21	0,00	0,00

* TC = Trampa de caída, TI = Trampa de intercepción

Anexo 2. Datos originales de captura para *T. solanivora* en trampas de feromona. Lote experimental

Trampa	Fecha																				
	2001				2002																
	Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo
	10	17	23	30	09	16	23	30	06	13	20	27	06	13	20	27	03	10	17	24	01
1	0	4	0	2	13	9	4	5	15	20	40	88	113	222	389	326	136	52	50	13	0
2	0	0	0	1	0	2	1	0	10	16	17	79	87	99	174	126	68	222	51	5	1
3	0	0	1	3	2	3	1	1	8	12	15	76	97	174	270	248	158	176	42	8	1
4	0	3	3	1	4	6	5	9	9	25	41	88	179	255	666	79	334	338	76	16	1
5	0	2	0	2	2	3	2	4	21	15	18	112	112	153	260	82	156	386	68	7	4
Suma	0	9	4	9	21	23	13	19	63	88	131	443	588	903	1759	861	852	1174	287	49	7
Promedio	0	1,8	0,8	1,8	4,2	4,6	2,6	3,8	12,6	17,6	26,2	88,6	117,6	180,6	351,8	172,2	170,4	234,8	57,4	9,8	1,4

Análisis espacial y determinación del tamaño del foco de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny 1973)

Dario Corredor[1], *Elkin Flórez*[2]

Resumen

Este estudio se realizó en un área de 22.400 m^2 en Villapinzón a una altura de 2.980 m sobre el nivel del mar. El campo experimental fue dividido en tres filas y ocho columnas, con cada trampa para monitorear la polilla guatemalteca de la papa separada por 40 m, para un total de 24 trampas para machos cebadas con feromonas. Las capturas se realizaron durante siete semanas. Se utilizó la geoestadística basada en análisis de semivariogramas y correlogramas. En seis de los siete datos colectados se encontró una distribución agregada. Se registró alta dependencia espacial con valores Pvar entre 0,55 y 0,98. La más alta dependencia espacial se encontró en las muestras 1, 2, 4 y 6. El tamaño del foco para las capturas bajas (27 polillas machos) fue de 47,12 m. El tamaño del foco para capturas altas (68 polillas machos) fue de 120,4 m. Se discute el significado real de las capturas de machos de la polilla guatemalteca, pues la trampa tiene un efecto de atracción de los machos a distancia.

Palabras clave: Dependencia espacial, semivariogramas, geoestadística.

Spatial analysis and patch determination of the Guatemalan potato tuber moth *Tecia solanivora* (Povolny 1973)

Summary

The study was conducted in an area of 22.400 m^2 in Villapinzon at 2.980 m above sea level. The experimental field was divided in three rows and eight columns, with each trap to monitor the guatemalan potato tuber moth separated 40 m for a total of 24 pheromones baited male traps. The captures were done during seven weeks. Geostatistics, based on semivariograms and correlogram analysis were used. On six of the seven data collected an aggregated distribution was shown. High spatial dependence was found, with Pvar values between 0,55 and 0,98. The highest spatial dependence were found for samples 1,2,4 and 6. The size of the patch for low captures (27 male moths) was 47,12 m. The size of the patch for higher captures (68 male moths) was 120,4 m. The real significance of the captures of male guatemalan tuber moth is discussed, as the trap has an effect of distant attraction to the males.

Key words: Spatial dependence, semivariograms, geostatistics.

Introducción

La geoestadística es empleada para caracterizar la variación espacial de una variable y para efectuar predicciones en áreas determinadas. Esta técnica se basa tanto en la estructura de los semivariogramas, usados para describir y modelar las asociaciones espaciales, como en el método *Kriging*, utilizado para predecir valores respuesta en áreas no muestreadas (Flórez y Corredor, 2000).

[1] I.A., Ph.D., Correo electrónico: dariocorredor@hotmail.com
[2] I.A., M.Sc., Centro de Excelencia Fitosanitaria. Correo electrónico: ehflorep@hotmail.com

Los semivariogramas calculan la dependencia espacial de una variable, mediante la comparación de las varianzas entre mediciones separadas por una distancia o rezago específico. El semivariograma se define por: $g(h) = ½ \text{ var } (Zi \;\; Zi+h)$, donde *Zi* es la variable respuesta en el sitio *i*, *Zi+h* es la respuesta en el sitio *i+h* y *h* es la distancia entre trampas. Los parámetros del semivariograma modelado son: (a) el **efecto nugget** (C_0), el cual representa la variación aleatoria en la densidad poblacional o puede ser asociado con el error de muestreo, (b) la **silla**, que corresponde al limite del semivariograma cuando la distancia Lag (h) tiende a infinito y (c) el **rango**, definido como la distancia a partir de la cual *Zi* y *Zi+h* (distancia Lag) son independientes, es la zona de influencia (dependencia) espacial o de correlación de la variable (Flórez, 2001; Sharov, 1996). Así, cuando el valor del semivariograma es bajo (hasta el rango), esto significa que la correlación entre los datos (número de polillas capturadas) es alta (indicando un foco). A medida que los datos de conteo de polilla se alejan espacialmente del foco (rango), el semivariograma alcanza su máximo, el foco se diluye y se pierde la dependencia espacial. Los datos se pueden analizar isotrópicamente (todas las direcciones, sin dirección específica) o anisotrópicamente (en todas las direcciones).

El método *Kriging* es una técnica de interpolación, la cual calcula una concentración de la variable estudiada en una ubicación desconocida con base en los pesos promedio de las ubicaciones conocidas de los datos adyacentes, de tal forma que la estimación de la varianza es minimizada. La efectividad del método depende de la selección apropiada del modelo del semivariograma (Hernández y Huertas, 1988).

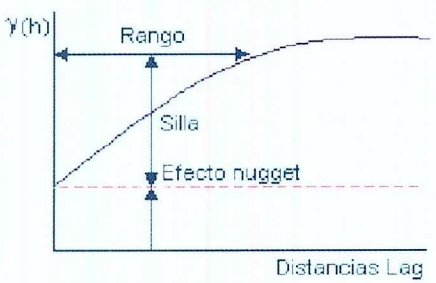


Figura 1. Modelo teórico de semivariograma.
Obsérvense los parámetros del semivariograma.

Materiales y métodos

Esta investigación se llevó a cabo en un área destinada al cultivo de papa, la cual involucraba varios agricultores ubicados en el municipio de Villapinzón (Cundinamarca), vereda Guagüita Alto, con una altitud de 2.980 m y una temperatura promedio de 12°C. El área experimental, constituida por campos cultivados y sin cultivar, se dividió en tres filas y ocho columnas, estableciendo un total de 24 trampas de feromonas en recipiente de agua jabonosa (Figura 2), distanciadas 40 m entre sí, lo cual corresponde a un área efectiva de captura de 22.400 m^2. El conteo y mantenimiento de las trampas se efectúo semanalmente durante siete semanas.

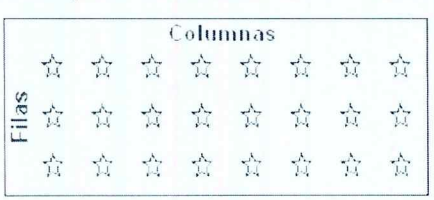


Figura 2. Disposición espacial de las trampas.

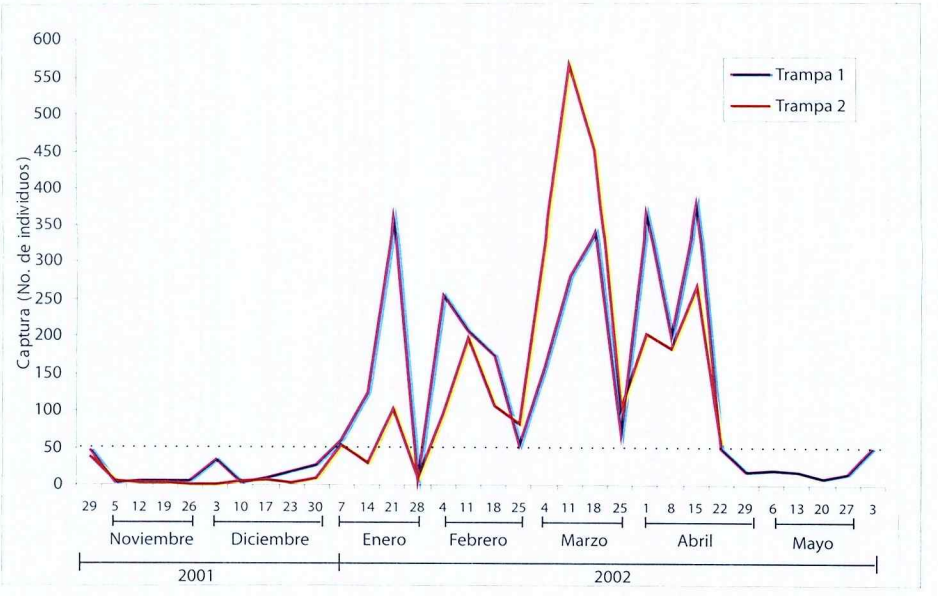


Figura 2. Captura de *Tecia solanivora* en dos lotes de papa, Vereda Guangüita Alto. Agricultor: Manuel Ballén. Municipio de Villapinzón.

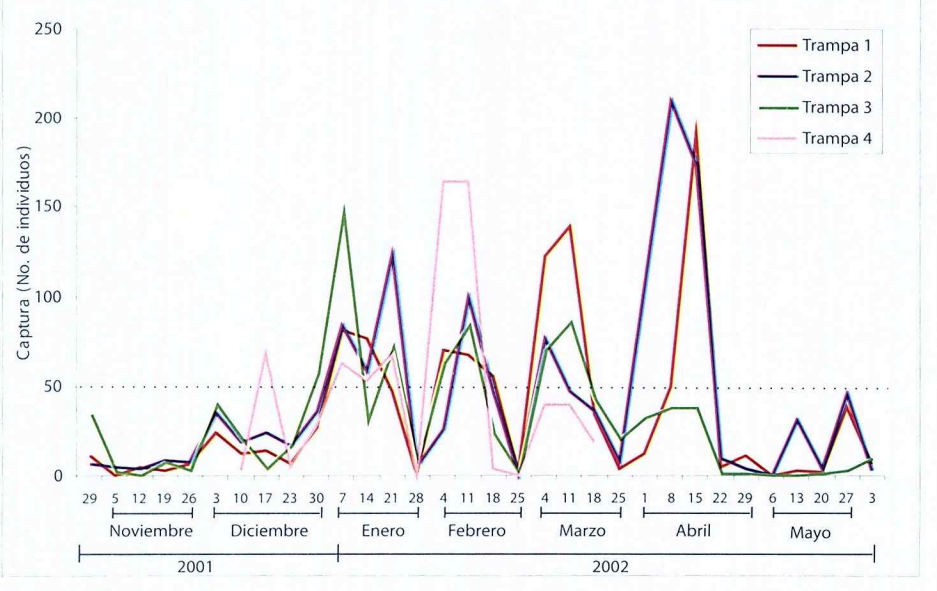


Figura 3. Captura de *T. solanivora* en cuatro lotes comerciales de papa, Vereda Guangüita Alto. Agricultor: Casallas, Municipio de Villapinzón.

fluctuaciones poblacionales marcadas por las capturas de los machos de la polilla, que luego se analizaron en el contexto de las prácticas agronómicas comúnmente empleadas en el proceso productivo del agroecosistema de la papa en la región. Para el manejo de *T. solanivora* se llevaron a cabo tres o cuatro aplicaciones calendario: al momento de la siembra, deshierba, aporque y floración.

El diseño de la propuesta de un umbral nominal se inició empleando el umbral más bajo utilizado por los agricultores, esto es, 50 adultos por trampa y por semana, y a partir de este número se analizó la posibilidad de definir niveles más altos.

Resultados y discusión

Se realizaron capturas de la polilla guatemalteca en las trampas de feromona con agua jabonosa por un período aproximado de 25 semanas (Figuras 1 a 8). En general, se observa en todas las gráficas que las capturas y, por tanto, las poblaciones de la polilla se mantienen por debajo del umbral propuesto de 50 adultos / trampa x semana hasta el mes de Enero; aunque la mayor parte de los lotes monitoreados sobrepasa este umbral en de la primera semana de Enero. A partir de este mes las capturas se incrementan de una manera fuerte y constante hasta el mes de Abril, en el cual descienden nuevamente a niveles inferiores a 50 adultos / trampa x semana; esto ocurre más exactamente entre la tercera y cuarta semanas de Abril.

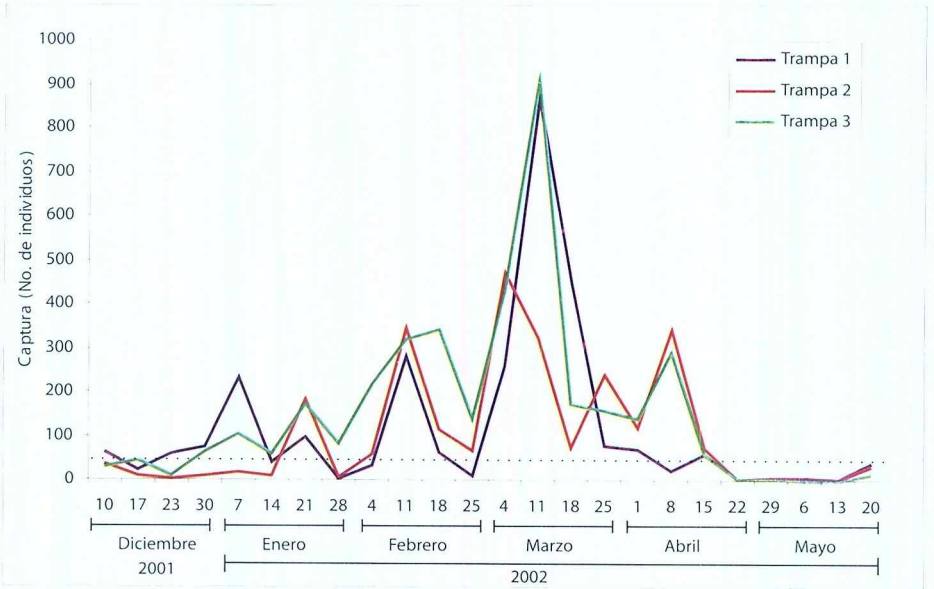


Figura 1. Captura de *T. solanivora* en tres lotes de papa, Vereda Guangüita Alto. Agricultor: Orlando. Municipio de Villapinzón.

starts increasing slowly to peak from around the end of tuberization until the end of the harvesting period, when there is a severe drop in captures. Harvesting appears to be the most important factor to bring high populations to a low level (below 50 male moths/trap/week). A descriptive model to explain this phenomenon is proposed.

Key words: Economic thresholds, integrated pest management, potato pests.

Introducción

El manejo integrado de plagas comprende no sólo el empleo de las diferentes estrategias de control, sino la utilización racional de las mismas, la cual se basa en sistemas de muestreo estandarizados para un determinado agroecosistema y una especie particular de insecto. De igual forma, incluye el uso de umbrales económicos, los cuales constituyen la herramienta que permite decidir sobre la necesidad de aplicar o no insecticidas y el momento de hacerlo; si no existe este sistema de aviso, las aplicaciones de insecticidas se hacen de una manera fija, esto es, de acuerdo a un calendario. Poston *et al.* (1983), al discutir la teoría de umbrales económicos, plantean la existencia de cuatro categorías de umbrales: no umbral, umbrales nominales, umbrales simples y umbrales holísticos. La utilidad del empleo de umbrales económicos, que se caracterizan por ser los más comunes y establecerse con base en la experiencia de los agricultores, ha sido demostrada en Colombia en diferentes cultivos (Corredor, 1995).

Para el caso de *Tecia solanivora* (Povolny 1973) en papa, los agricultores en algunas regiones del país han utilizado como umbrales capturas de 50, 60 o 200 machos de la plaga por trampa por semana, obteniendo resultados erráticos que no han permitido la estandarización de un sistema común de aviso para determinar la aplicación de insecticidas. El objetivo de esta investigación consistió en realizar un seguimiento a la fluctuación poblacional de la polilla guatemalteca en varias fincas de agricultores del municipio de Villapinzón (Cundinamarca) y tratar de establecer un umbral de tipo nominal que pueda ser usado por los productores en la toma de decisiones sobre cuándo aplicar insecticidas, teniendo en cuenta la llegada de adultos invasores al cultivo.

Metodología

Para la captura de individuos machos de *T. solanivora* se empleó una trampa con E (3) dodecenyl acetato; este compuesto es una paraferomona que atrae machos de la polilla. La trampa consistía en un galón plástico con dos ventanas laterales, una de 6 cm^2 x6 cm^2 y la otra, colocada en el lado opuesto, de una dimensión de 12cm^2x12 cm^2, en el cual se introducía el dispensador de caucho en el que se presenta comercialmente el compuesto atrayente; en el fondo del galón se agregaba agua jabonosa con el fin de capturar los individuos que trataran de aparearse con el dispensador plástico.

Se colocaron 25 de estas trampas en 18 lotes distintos de cultivadores de papa, variedad parda pastusa, en tres veredas diferentes del municipio de Villapinzón. La trampa No. 2 del agricultor Pedro Ballén permaneció durante todo el ensayo en un lote sembrado en pastos.

Las lecturas se realizaron semanalmente a partir de la tercera semana del mes de Octubre de 2001 hasta Mayo de 2002. Con los resultados obtenidos se elaboraron gráficas de las

Umbral nominal y análisis de la fluctuación poblacional de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) en el municipio de Villapinzón

Dario Corredor[1], *Elkin Flórez*[2]

Resumen

El objetivo de esta investigación fue el de seguir las poblaciones de la polilla por casi ocho meses y establecer un umbral económico nominal para ser utilizado por los agricultores de papa. El monitoreo se hizo con trampas cebadas con dispensadores de caucho con E (3) dodecenyl acetato, una paraferomona que atrae machos de la polilla. Se localizaron 25 de estas trampas en 18 lotes comerciales de pequeños productores de papa, variedad Parda Pastusa, en el municipio de Villapinzón. Dos o tres aspersiones de insecticidas son aplicadas antes del final de la tuberización de la papa para el control de la polilla. De acuerdo con la experiencia de los agricultores, una captura de 50 polillas machos/trampa/semana podría ser un buen parámetro para un umbral nominal. Las capturas estuvieron por debajo de este nivel entre Octubre y Diciembre. Entre Enero y mediados de Abril las capturas fueron altas (en el rango de varias centenas) para luego retornar a niveles por debajo de 50 machos/trampa/semana desde la tercera semana de Abril. Aparentemente, las poblaciones de la polilla permanecen todo el tiempo en el campo de cultivo y empiezan a incrementarse lentamente hasta lograr un pico desde el final de la tuberización hasta el final del período de cosecha, cuando hay una caída muy fuerte en capturas. Parece que la cosecha es el factor más importante para bajar las poblaciones (por debajo de 50 machos/trampa/semana). Se propone un modelo descriptivo para explicar este fenómeno.

Palabras clave: Umbrales económicos, manejo integrado de plagas, plagas de la papa.

Nominal threshold and analysis of the population fluctuation of the Guatemalan potato tuber moth *Tecia solanivora* (Povolny 1973) (Lepioptera:Gelechiidae) in Villapinzon

Summary

The objective of this research was to follow the fluctuations of the populations of the moth for almost eight months and to establish a nominal economic threshold to be used by potato growers. Monitoring was done with traps baited with rubber dispensers containing E (3) dodecenyl acetate, a parapheromone that attracts moth males. Twenty five of these traps were located in 18 commercial fields of small growers of potato, cv. Parda Patusa in the municipality of Villapinzon. In this area, two or three insecticidal sprays before the end of tuberization were regularly done to control the tuber moth. According to experience of the growers, a capture of 50 male moths/trap/week might be a good parameter for a nominal threshold. The captures were below this level from October to December. From January to the middle of April the captures were high (in the rank of several hundreds) to return again to levels below 50 male moths/trap/week from the third week of April. Apparently, the moth population remains all the time in the fields and

[1] I.A., Ph.D., Correo electrónico: dariocorredor@hotmail.com
[2] I.A., M.Sc., Centro de Excelencia Fitosanitaria. Correo electrónico: ehflorep@hotmail.com

between any other treatment in the number of moths captured per trap per week. Four-month exposure treatments with and without refrigeration displayed a no-significant difference between each other; however pheromone efficiency decreased 50% after a four-month exposure period compared with new pheromone treatments. Remaining treatments showed similar results to the non-pheromone control, with capture rates near one moth per trap per week. This findings show that, after a one year exposure period, pheromones lose their efficiency, so it is highly recommended to use new sexual pheromone rubbers for each culture cycle in all of the potato-production areas of the country.

Key words: Sexual pheromone. Efficiency. Usage time.

El presente estudio se realizó en un lote de papa en estado senescente en el C.I. Tibaitatá, Mosquera durante seis semanas. Se siguió la metodología recomendada por el Centro Internacional de la Papa para determinar la eficiencia de la feromona de *Tecia solanivora* (E-3 dodecenyl acetato) sometida a diferentes tiempos de uso y diferentes tiempos de refrigeración (5°C). La hormona fue dispensada en cauchos. Se adoptó un diseño experimental de bloques completos al azar con 7 tratamientos y 4 réplicas; los bloques se separaron 25 m entre sí y las trampas 15 m dentro de éstos. Los tratamientos consistieron en el empleo de feromona en las siguientes condiciones: (a) hormona nueva, (b) con cuatro meses de exposición en campo, (c) con cuatro meses de exposición y cuatro de refrigeración; (d) ocho meses de exposición y seis de refrigeración, (e) con doce meses de exposición y once de refrigeración, (f) con quince meses de exposición y siete de refrigeración y, por ultimo, (g) un testigo sin feromona. Semanalmente se cuantificó el número de polillas capturadas y se hizo redistribución de trampas dentro del bloque.

La feromona nueva presentó diferencias altamente significativas en el número de capturas de polillas respecto a los demás tratamientos. Los tratamientos de cuatro meses de exposición sin refrigeración no mostraron diferencias significativas entre sí. Por otro lado, la eficiencia de la feromona se redujo a la mitad frente a la nueva, después de 4 meses de exposición. Los demás tratamientos presentaron un comportamiento similar al testigo, es decir, la captura fue mínima (1 polilla/trampa por semana). Estos resultados permiten concluir que después de un año de exposición las feromonas pierden su eficiencia. Por esta razón se sugiere el uso de cauchos nuevos con feromona sexual durante un solo ciclo de cultivo en las diferentes zonas de producción del país.

Evaluación de la vida útil de feromonas sexuales de *Tecia solanivora* (Povolny 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) en condiciones de campo*

Lina Martínez[1], *Nancy Barreto*[2]

Resumen

El estudio se realizó durante seis semanas en un lote de papa en senescencia ubicado en Tibaitatá Mosquera, siguiendo la metodología establecida por el CIP, para determinar la eficiencia de la feromona sexual de *Tecia solanivora*, dispensada en cauchos, con diferente tiempo de uso y almacenados refrigerados a 5°C. El diseño experimental fue bloques completos al azar, 7 tratamientos y 4 repeticiones. Los bloques distanciados 25 m entre sí y las trampas 15 m dentro de éstos. Tratamientos: feromona nueva, 4 meses de exposición en campo, 4 meses expuestas y 4 refrigeradas, 8 meses expuestas y 6 de refrigeración, 1 año de exposición y 11 meses refrigeradas, 15 meses expuestas y 7 refrigeradas, testigo sin feromona. Se contó el número de polillas capturadas semanalmente. La feromona nueva presentó diferencias altamente significativas frente a los demás tratamientos en el número de polillas capturadas por trampa por semana. Los tratamientos 4 meses de exposición con y sin almacenamiento refrigerado no mostraron diferencias significativas entre sí; sin embargo, la eficiencia de la feromona después de 4 meses de expuesta se redujo a la mitad frente a la nueva. Los demás tratamientos presentaron un comportamiento similar al testigo con capturas de 1 polilla/trampa por semana. Esto permitió establecer que después de un año de exposición, las feromonas pierden su eficiencia, por lo cual, se sugiere el uso de cauchos nuevos con la feromona sexual para cada ciclo de cultivo en las diferentes zonas de producción del país.

Palabras clave: Feromona sexual. Eficiencia. Tiempo de uso.

Sexual pheromone life span evaluation of *Tecia solanivora* (Povolny 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) in field conditions

Summary

This study was carried out over a six week period in a senescent potato field located in Tibaitatá Research Centre (Mosquera). The study followed a CIP established methodology to determine the efficiency of the Guatemalan potato tuber moths' sexual pheromone, dispensed in rubbers, with different usage times and stored at 5 °C. The study followed a randomized complete blocks design with 7 treatments and 4 replications. Blocks were separated 25 m away from each other and traps were 15 m away from each other within each block. Treatments were: (1) new pheromone, (2) four-month field exposure, (3) four-month exposure and four-month refrigeration, (4) eight-month exposure and six-month refrigeration, (5) one year exposure and eleven-month refrigeration, (6) 15-month exposure and seven-month refrigeration and (7) non-pheromone control. The number of moths captured was recorded weekly. New pheromone showed highly significant differences

* Trabajo de grado para optar el título de Ingeniera Agrónoma. Universidad Nacional de Colombia.

[1] Estudiante de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
Correo electrónico: linitamartinez@yahoo.com
[2] I.A. M.Sc. Investigadora Adjunta del Programa Nacional MIP. C.I. Tibaitatá. Corpoica. Km. 14 vía Mosquera.
e-mail: nbarreto@corpoica.org.co, barretonancy@yahoo.com

zonas con cuatro trampas por finca y cuatro rutas de trampeo en vías principales y veredales, para un total de 66 trampas. La detección del insecto en las trampas permitió reforzar los conceptos de Manejo Integrado entre los agricultores y se estableció que las condiciones de cada zona tienen influencia marcada en el número de capturas semanales promedio. En general se pudo establecer que las poblaciones presentan altas densidades durante los meses de febrero, marzo y abril, mientras que disminuyeron en el mes mayo, cuando los niveles de precipitación aumentaron. Durante el mes de marzo, las poblaciones máximas llegaron a 5.100 y 4.700 polillas/trampa por semana, en la zona de Soracá y Siachoque respectivamente. A partir del mes de abril ocurrieron significativos descensos en las capturas, hasta situarse en promedios de 60 a 150 polillas/trampa por semana en la mayoría de zonas evaluadas. En las cuatro rutas de trampeo durante el mes de febrero, las poblaciones máximas alcanzaron valores de 900 polillas/trampa por semana en la vía que comunica los municipios de Villapinzón y Lenguazaque en Cundinamarca. Estos valores sufrieron descensos en meses posteriores, alcanzando sus valores mínimos (inferiores a 50 polillas/trampa por semana) a finales del mes de mayo en todas las rutas establecidas.

Las charlas de manejo de residuos dirigidas a infractores evitó la aplicación del control legal, estipulado en la Resolución ICA 2466 de 1998 para el departamento de Cundinamarca, a cuatro agricultores del municipio de Villapinzón, quienes dieron el manejo recomendado, solidaria y autónomamente, a los residuos. Algunos de ellos los obsequiaron para la alimentación de ganado y otros los cubrieron para elaborar compostaje.

Finalmente en el departamento de Nariño, se logró impedir la entrada de más de 100 toneladas de tubérculo afectado con la plaga al mercado local de Potrerillos en el municipio de Pasto, gracias a la acción decidida de la comunidad local de productores.

Las actividades desarrolladas en el proyecto presentaron una amplia aceptación por parte de la comunidad de agricultores, técnicos y estudiantes en las dos zonas de trabajo, ya que era una población afectada por la presencia de esta plaga, la cual tuvo gran incidencia de daño durante el año 2001 y comienzos de 2002. En el departamento de Nariño se realizaron 5.400 encuestas para un total de 1.350 agricultores.

Cuando se informó, durante las sesiones de capacitación, sobre la importancia del trabajo en grupo encaminado a la recolección, destrucción o utilización de tubérculos de desecho abandonados en lotes comerciales, bordes de caminos, bodegas, casas o potreros, se logró evidenciar un cambio de actitud de las personas beneficiadas por el programa frente al problema de la plaga. Las sesiones de motivación lograron reunir 1.123 agricultores y 929 asistentes para los talleres demostrativos en la zona de Nariño y 684 personas en la zona de Cundinamarca y Boyacá, correspondientes a 12 reuniones de socialización, 70 charlas de valoración, 12 talleres y 40 demostraciones de métodos. Dichas actividades contaron con la participación de profesores, niños y jóvenes de escuelas y colegios rurales de las zonas de influencia.

Los mensajes teóricos preparados por los especialistas en las sesiones de motivación, los talleres, las giras con agricultores y los días de campo se complementaron gracias a las dinámicas grupales, el apoyo logístico consistente en juegos de rompecabezas, las actividades físicas complementadas con audiovisuales, juegos de ciclo de vida de la plaga y los videos, hojas volantes, cartillas divulgativas y afiches. Adicionalmente, en las zonas de trabajo se distribuyeron 10.000 láminas autoadhesivas del proyecto; en Cundinamarca y Boyacá, a su vez, se difundieron 1.188 mensajes radiales sobre Manejo Integrado de la plaga.

Las demostraciones de método sobre las formas de utilización de papa afectada por la polilla guatemalteca fueron realizadas por aquellos profesionales que contaron con recursos económicos para su desplazamiento y la adquisición de los materiales necesarios en cada práctica, a saber:

- Papa.
- Bolsas plásticas negras calibre 6 de 90 cm x60 cm.
- Torta de palmiste y melaza para preparación de ensilaje sólido.
- Sal y canecas plásticas para la protección de tubérculos sanos de consumo humano
- Molino para obtención de harina (en la zona del altiplano cundiboyacense)
- Plástico y fosfamina para tratamiento de gasificación
- Tarrinas y feromonas para las 3.940 trampas en los sitios de monitoreo (parcelas comerciales, bodegas, lotes no cultivados y rutas de trampeo)

En el departamento de Nariño, el tratamiento de semilla y la cosecha oportuna fueron las estrategias preferidas por los agricultores para el manejo integrado de la plaga. Por su parte, las zonas productoras de papa de Cundinamarca y Boyacá acogieron con facilidad las prácticas de compostaje y ensilaje sólido.

El monitoreo, entre febrero y junio de 2002, de las trampas provistas de feromona permitió establecer los niveles poblacionales de la plaga. En Cundinamarca y Boyacá se establecieron seis

cosechados y residuos de cosechas anteriores), (c) siembra profunda, desyerbes y aporques altos, (d) uso de riego y cosecha oportuna y (e) recolección de tubérculos no comerciales. Adicionalmente, se tomaron medidas de detección, seguimiento, monitoreo y control etológico de la plaga, mediante la disposición de trampas de feromona en sitios de almacenamiento tanto de semilla como de papa destinada al consumo, en lotes comerciales de papa, lotes cosechados y en vías veredales.

La campaña de control cultural se concentró en la divulgación de estrategias de utilización de tubérculos con diferente grado de daño. Por un lado, promulgaba el tratamiento de papa sana en salmuera para consumo humano directo; para la alimentación de animales se debían emplear tubérculos sanos o levemente afectados, ya sea en estado fresco, cocinado o como producto procesado. También promovió la elaboración de abono orgánico con papa leve a moderadamente atacada mediante compostaje y el tratamiento de tubérculos sanos destinados a emplearse como semilla.

En diferentes eventos grupales de transferencia de tecnología, tales como días de campo, giras con agricultores y sesiones prácticas en fincas de cultivadores de papa, se realizaron demostraciones del procedimiento a seguir para llevar a cabo las siguientes técnicas:

• Protección y desinfestación del tubérculo sano a levemente afectado por *Tecia solanivora*, mediante su inmersión en solución al 2% de sal común en agua potable durante 30 minutos y posterior secado, esto con el fin de obtener tubérculos sanos para consumo humano directo, después de 2 a 4 meses de almacenamiento en condiciones de oscuridad para épocas de escasez o precios altos en el mercado.

• Lavado, trozado y cocción de papa sana o levemente dañada para alimentación de cerdos.

• Lavado y trozado de papa sana, leve y medianamente afectada por polilla guatemalteca con destino a la alimentación de ganado bovino (suministrada cruda).

• Lavado, pulverización y deshidratación de papa sana y afectada moderadamente por la plaga para la obtención de harina como suplemento nutricional de animales.

• Elaboración de ensilaje sólido a partir de papa sana y moderadamente afectada por la plaga con destino a la alimentación de ganado bovino, mediante un proceso de fermentación anaeróbica en bolsas plásticas individuales o como silo de montón, y la incorporación de aditivos como melaza o azúcar morena, pastos secos, caña de maíz, tamo de cereales secos y cortados.

Otras estrategias de aprovechamiento difundidas a través del programa consistieron en el uso de papa sana, o atacada en diferente grado, para la elaboración de compostaje aeróbico o anaeróbico y obtención de abono después de 30 días. Así mismo, se promulgó el tratamiento de tubérculos de papa sanos con insecticidas biológicos como Baculovirus o plaguicidas debidamente registrados en el ICA para ser utilizados como semilla. Se explicó, adicionalmente, la tecnología de tratamiento de papa a través de prácticas de gasificación con productos como Fosfuro de Aluminio, que fueron realizadas por personal especializado.

Antes de llevar a la práctica medidas de control legal, se desarrollaron acciones conjuntas en el proyecto de manejo de residuos, mediante charlas con agricultores que dejaron abandonados tubérculos en bultos en lotes comerciales.

production. Additionally, healthy tubers were treated to be used as seeds. Group work to collect, destroy and use abandoned waste tubers was of outstanding importance.

With this model it was possible to observe an attitude change in the beneficiaries of the program towards the pest problem and towards the taught management practices. Informal lectures for offenders avoided the need to apply legal control (ICA Resolution No 2466 (1998) for Cundinamarca) to four farmers in Villapinzón district. Thanks to the steady action of the local producer community, it was possible to block the entrance of more than 100 tons of moth-damaged tubers to the Potrerillos' local market, in Pasto district (Nariño).

Key words: Harvest residues. Integrated Pest Management.

En respuesta a las grandes pérdidas económicas ocasionadas por *Tecia solanivora* (Povolny 1973), tanto en cultivos de papa como en el almacenamiento del tubérculo, ya sea para consumo o para ser utilizado como semilla, se adelantaron actividades tendientes a poner en marcha un modelo colectivo de control cultural y legal de la plaga en diferentes zonas del departamento de Nariño y del altiplano cundiboyacense. Dichas actividades comprendieron labores de capacitación teórico-práctica, transferencia de tecnología grupal y masiva, monitoreo poblacional y control etológico de la plaga mediante la instalación y lectura de trampas provistas de feromona, a fin de capturar adultos machos del insecto.

Las actividades relacionadas con el Manejo Integrado de la polilla guatemalteca de la papa, con énfasis en control cultural y legal, se desarrollaron entre los meses de enero y agosto de 2002 en 56 veredas del departamento de Nariño de los municipios de Pasto, Túquerres, Ipiales, Pupiales, Sapuyes, Guachucal, Puerres, Tangua, Córdoba, Yacuanquer, Gualmatán y Potosí. En el altiplano cundiboyacense la investigación tuvo lugar en 12 veredas de los municipios de Villapinzón en Cundinamarca y Soracá, Siachoque y Tunja, en el departamento de Boyacá.

Una vez se identificaron las áreas de trabajo en cada zona, el modelo se puso en funcionamiento. En primer lugar, se realizaron encuestas para desarrollar un diagnóstico inicial, el cual sirvió de punto de referencia para establecer el nivel de conocimiento de la plaga, para conocer el manejo que se hace de la semilla, las prácticas de control realizadas, el nivel de daño ocasionado en condiciones de cultivo y almacenamiento de tubérculo y el uso de plaguicidas. Para motivar la participación agricultores, técnicos y estudiantes de escuelas y colegios rurales en el proyecto, se realizaron charlas formales y talleres de sensibilización y concientización, durante los cuales se presentaron videos y se llevaron a cabo dinámicas de grupo. Posteriormente, se adelantó un programa de transferencia de tecnología, bajo un esquema de capacitación participativa, a través del cual se adquiere el conocimiento de la biología y comportamiento de la plaga, las medidas de manejo integrado recomendadas en el cultivo y, en la fase de postcosecha, las estrategias de control cultural y legal propuestas dentro del proyecto. Todo esto con el fin de poner en marcha el proyecto y divulgar los mecanismos legales encaminados a recoger y eliminar las fuentes de infestación. Esta estrategia estuvo acompañada de mensajes radiales de difusión municipal en la zona productora de Cundinamarca y Boyacá, emitidos en horarios de amplia sintonía.

Con el fin de poner en ejecución las prácticas propuestas, se tuvo en cuenta el nivel cultural, social y económico de las comunidades. La estrategia de control cultural integral consistió en diferentes medidas de manejo: (a) uso de semilla certificada, tratada con insecticida y almacenada en condiciones de luz indirecta, ventilación y limpieza, (b) prácticas de recolección y destrucción de fuentes de infestación (toyas, tubérculos abandonados en caminos, bodegas o lotes no

Control cultural y legal de *Tecia solanivora* (Povolny 1973) en los departamentos de Nariño, Cundinamarca y Boyacá

Sonia Lucia Navia[1], *Alfredo Navarrete*[1], *Pedro David Porras*[1]

Resumen

Entre los meses de enero y agosto de 2002, en doce municipios del departamento de Nariño, un municipio de Cundinamarca y tres de Boyacá, se implementó un modelo colectivo de control cultural y legal de *Tecia solanivora*, en el que se adelantaron actividades sobre el diagnóstico de la incidencia de la plaga y de capacitación teórico-práctica de transferencia de tecnología grupal bajo un esquema de capacitación participativa, control etológico de la plaga mediante la instalación y lectura de trampas provistas de feromona, manejo integrado en el cultivo y acciones de poscosecha.

La campaña de control cultural se concentró en la divulgación de estrategias de utilización de tubérculos con diferente grado de daño para consumo humano directo o para la alimentación de animales, elaboración de abono orgánico, y en el tratamiento de tubérculos sanos destinados a ser empleados como semilla. Se destacó la importancia del trabajo en grupo encaminado a la recolección, destrucción o utilización de tubérculos de desecho abandonados.

Con este modelo se logró evidenciar un cambio de actitud de las personas beneficiadas por el programa frente al problema de la plaga y la aceptación de las prácticas de manejo impartidas. Las charlas de manejo de residuos dirigidas a infractores evitó la aplicación a cuatro agricultores del municipio de Villapinzón, del control legal estipulado en la Resolución ICA 2466 de 1998 para el departamento de Cundinamarca. Gracias a la acción decidida de la comunidad local de productores, en el departamento de Nariño se logró impedir la entrada al mercado local de Potrerillos en el municipio de Pasto, de más de 100 toneladas de tubérculo afectado con la plaga,

Palabras clave: Residuos de cosecha, Manejo Integrado.

Cultural and legal control of *Tecia solanivora* (Povolny 1973) in Nariño, Cundinamarca and Boyacá.

Summary

Between January and August 2002, a colective model of cultural and legal control of *Tecia solanivora* was implemented in twelve districts from Nariño, a district from Cundinamarca and three from Boyacá. Activities aiming to make a pest incidence diagnosis were carried out. Additionally, a training course (theoretical and practical) about group technology transfer was given under a participative scheme, ethological control of the pest using pheromone traps, integrated pest management during crop and post-harvest activities.

The cultural control campaign was focused on strategies regarding tubers with different damage levels to be used for direct human consumption, animal consumption and organic fertilizer

[1] I.A., Federación Colombiana de Productores de Papa. Avenida 13 No. 106B - 84 Bogotá, Colombia.
Correo electrónico: fedepapa@sky.net.co

Control etológico y cultural en el manejo integrado de *Tecia solanivora*

de manejo integrado. En contraste, al existir condiciones óptimas de manejo y presión normal de la plaga su respuesta es significativamente diferente al testigo, por lo cual es posible inferir la existencia de una relación entre las poblaciones presentes del insecto y las cantidades de ingrediente activo requeridas para su control. Igualmente, se debe destacar la importancia de la aplicación de todos los componentes del manejo integrado para obtener controles eficientes. Estos resultados demuestran que la aplicación parcial del manejo integrado resulta en pérdidas de la acción de los componentes aplicados, en este caso disminución en la eficacia del control químico y etológico.

En la prueba donde se observó una elevada densidad de la plaga, cabe destacar el control presentado por Acefato, el cual resultó en 30% de tubérculos sanos, mientras los demás tratamientos presentaron solo un 4%. Esto permite inferir que el Acefato posee una muy buena actividad de control en condiciones de alta presión de población y óptimo control en condiciones de manejo integrado.

De otro lado, los resultados obtenidos en el presente trabajo confirman el buen desempeño de la metodología desarrollada para evaluar la eficacia de productos bajo condiciones de manejo integrado.

Por último, se estimó una relación costo-beneficio para el Acefato de 2,8 y 8,5 para la primera y segunda prueba respectivamente. Por otro lado, se estimó una relación costo beneficio negativa para el Triclorfon en la primera prueba (población extrema), mientras que en la segunda (manejo integrado) dicha relación presentó un valor de 10,3.

Conclusiones

La metodología disponible permite evaluar técnicamente el control químico de *T. solanivora* en el contexto del manejo integrado.

De acuerdo con la evidencia presentada, los productos en prueba presentan eficacia significativa en el control del daño causado por *T. solanivora*, bajo condiciones de manejo integrado.

La aplicación parcial de las medidas que conforman el manejo integrado resulta en un pobre control del daño causado por *T. solanivora* en campo.

Referencias

LÓPEZ A., A. 2000. Insectos plagas del cultivo de la papa en Colombia y su manejo. Papas Colombianas 2000. Serie Ventana al campo Andino Volumen 3 No. 1 y 2.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. 1998. Conclusiones y memorias del taller "Planeación estratégica para el manejo de *Tecia solanivora* en Colombia" Julio 22 - 24 de 1998 Bogotá.

realizándose cuatro repeticiones y hasta cinco tratamientos, incluido un testigo absoluto. El tamaño de parcela empleado fue de 200 m^2, correspondientes a 8 surcos de 25 m de largo cada uno.

•Parámetros evaluados: (1) número de machos capturados por trampa por semana y (2) numero y peso de tubérculos no afectados y afectados por *T. solanivora* al momento de la cosecha.

Se calculó para cada producto estudiado la relación costo beneficio (RCB)

Resultados

Las dos pruebas fueron realizadas en diferentes lotes y distanciadas un año la una de la otra. La primera se caracterizó por una elevada presencia de plaga en términos de capturas de machos, encontrándose promedios por trampa de 700 individuos, los cuales provenían muy posiblemente de un cultivo abandonado vecino al lote experimental. Ante dichos niveles poblacionales, el agricultor no quiso realizar ninguna otra labor en el lote de estudio después de la deshierba. Adicionales al manejo de gota, las únicas prácticas que se realizaron en todo el ciclo para el manejo de *T. solanivora* fueron el empleo de las 16 trampas por hectárea y siete aplicaciones de los productos estudiados.

Esto significó que, en esta prueba, los productos fueron expuestos a condiciones extremas de presencia de plaga y no se realizaron prácticas complementarias para el MIP, tales como el aporque y la ausencia de focos, ente otras.

Bajo estas condiciones, los resultados obtenidos en términos de porcentaje de tubérculos sanos fueron los siguientes:

Producto	Tubérculos sanos (porcentaje en número)	Orden*	Tubérculos sanos (porcentaje en peso)	Orden*
Acefato	31	A	30.01	A
Triclorfon	7	B	3.79	B
Testigo absoluto	6	B	4.42	B
Coeficiente de variación	39.49		36.33	

*Según prueba de comparación múltiple de Tukey

Las condiciones durante la realización de la segunda prueba fueron normales, en cuanto a número de capturas por trampa por semana, con un promedio de 92 individuos. En este caso se aplicaron todas las recomendaciones de manejo integrado de *T. solanivora* y se realizaron cinco aplicaciones de los productos de estudio en todo el ciclo del cultivo. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Producto	Tubérculos sanos (porcentaje en número)	Orden*	Tubérculos sanos (porcentaje en peso)	Orden*
Acefato	95	A	93	A
Triclorfon	92	A	90	A
Testigo absoluto	80	B	76	B
Coeficiente de variación	50.36		38.04	

*Según prueba de comparación múltiple de Tukey

Según los resultados obtenidos, el Triclorfon presenta un comportamiento similar al testigo absoluto en condiciones de alta presión de la plaga y en ausencia de prácticas complementarias

levels displayed a mean of 92 males/trap/week in the second test, during which all integrated pest management recommendations for *T. solanivora* were applied five times.

Results show how partial application of IPM causes lower action levels from applied components; in this case, decreased efficiency in chemical and ethological control. Moreover, results from extreme population test stand out Acefate control levels: 30% healthy tubers in contrast with any other treatment, which displayed only a 4% rate of healthy tubers. Additionally, results demonstrate the validity of the developed methodology to evaluate product's efficiency under Integrated Pest Management conditions.

Key words: Pesticides, Integrated Pest Management.

Introducción

El impacto del control químico en el manejo integrado de *Tecia solanivora* esta influenciado por múltiples factores, entre los cuales se encuentra el complejo comportamiento de las poblaciones del insecto en campo y la complementariedad de las medidas propuestas dentro del manejo integrado.

En este contexo, el presente trabajo pretende demostrar la complementariedad de las prácticas de manejo integrado de *Tecia solanivora* en campo con la eficacia del control químico.

Este trabajo se basa en los resultados de dos pruebas de eficacia en campo, realizadas bajo la supervisión del ICA dentro del proceso de postregistro, las cuales se realizaron en el municipio de Motavita, Boyacá. Para la realización del presente trabajo se siguió la misma metodología empleada en pruebas de postregistro.

Metodología

Para cada prueba, se seleccionaron y monitorearon cuatro trampas por lote de la población de *T. solanivora* en 6 lotes. Estas réplicas se realizaron con el fin de contar al menos con dos lotes para la ejecución de la prueba.

En los lotes seleccionados para este estudio se siguieron las recomendaciones de manejo integrado, es decir, se utilizó semilla certificada, se hizo recolección de residuos de cosecha, se hizo un manejo técnico del cultivo y sólo se usaron los insecticidas bajo estudio a partir de la tuberización.

Se realizó el monitoreo y control etológico siguiendo la metodología de MIP recomendada, según la cual se colocan inicialmente cuatro trampas por hectárea; al registrar en promedio 50 machos/trampa por semana se duplica el número de estas en dos oportunidades (primero hasta 8/ha y luego 16/ha).

•Momento de aplicación: Al alcanzar promedios superiores a 50 machos/trampa por semana, se realizó la aplicación del producto de estudio, época durante la cual el cultivo es susceptible al ataque del insecto.

El diseño experimental de bloques completos al azar fue utilizado en cada una de las pruebas,

Eficacia del control químico en el manejo integrado de *Tecia solanivora* (Povolny 1973) en diferentes niveles de población en campo

Jaime Soriano[1]

Resumen

Con este trabajo se buscó demostrar la complementariedad de las prácticas de manejo integrado de *Tecia solanivora*. Está basado en los resultados de 2 pruebas de eficacia en campo realizadas en el municipio de Motavita en Boyacá. La metodología seguida en cada una de las pruebas se enmarca dentro del MIP y cumple con los supuestos de la bioestadística.

Las dos pruebas fueron realizadas con una diferencia de tiempo de un año. La primera prueba se caracterizó por una altísima captura de machos; en promedio, 700 machos por trampa por semana. En ambas pruebas se hicieron aplicaciones para el control de gota. Las únicas prácticas que se hicieron para el manejo de *T. solanivora* en el primer ensayo fueron la permanencia de las 16 trampas por hectárea y 7 aplicaciones de los productos en todo el ciclo. En la segunda prueba el número de capturas fue de 92 en promedio, y la aplicación de todas las recomendaciones de manejo integrado de *T. solanivora* se hizo en 5 oportunidades durante todo el ciclo del cultivo.

Los resultados muestran cómo la aplicación parcial del manejo integrado lleva a pérdidas en la acción de los componentes aplicados; en este caso, a pérdida en la eficacia del control químico y etológico. Así mismo, los resultados obtenidos en la prueba de población extrema destacan el control presentado por Acefato: 30% de tubérculos sanos, en comparación con los demás tratamientos que presentaron solo un 4% de tubérculos sanos. Igualmente, los resultados permiten identificar la validez de la metodología desarrollada para evaluar la eficacia de los productos bajo condiciones de manejo integrado.

Palabras clave: Plaguicidas, Manejo integrado.

Chemical control efficiency in integrated pest management of *Tecia solanivora* (Povolny 1973) under different population levels in the field

Summary

This study aimed to demonstrate how the Guatemalan potato tuber moth's Integrated Pest Management (IPM) practices complement each other. It is based on results from two efficiency tests in the field, carried out in Motavitá district (Boyacá). The methodology in each of these tests meets the Integrated Pest Managent scheme and satisfies the basic postulates of biostatistics.

These two tests were carried out with a year difference. The first one showed very high male capture levels; the mean value was 700 males/trap/week. During both tests, crops were treated against potato late blight. The only practice carried out to control *T. solanivora* during the first test was the use of 16 field traps per hectare and 7 applications of the products in the cycle. Capture

[1] I.A., M.Sc., Proficol S.A. Carrera 11 No. 87 51. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: j.soriano@proficol.com

Como complemento de estos resultados se destacan los siguientes hechos:

• De 45 lotes monitoreados para la instalación de las pruebas, únicamente se obtuvo éxito en 7 de ellos (6.5%), los cuales, además de presentar antecedentes graves por ataques de la plaga, recibieron una escasa precipitación durante el ciclo de vida del cultivo.

• En el proceso de post-registro, las capturas de adultos machos en las trampas para *T. solanivora*, fueron superiores a las reportadas en los años 1996 1997, pasando de 100 a casi 800 polillas/trampa/semana.

• Dada la dificultad en el manejo de *T. solanivora*, se deberá: adelantar estudios de investigación y actividades de transferencia de tecnología en el manejo integrado de la plaga, prestar asistencia técnica a los productores y considerar alternativas como el registro y uso del insecticida biológico Baculovirus, el cual ha sido eficaz en condiciones de semilla almacenada.

• Como aspectos fundamentales del MIP de la Polilla Guatemalteca se destacan: el uso de semilla sana preferiblemente certificada, la cosecha oportuna, la recolección y destrucción de residuos de cosecha y el uso y evaluación semanal de trampas para monitoreo.

Tabla 1. Estado actual de los insecticidas registrados en Colombia par controlar *Tecia solanivora*, (Povolny 1973) en campo.

Nombre comercial	Nombre común	Empresa	Estado actual
Pirestar 38 EC	Permetrina	Dupont de Colombia S.A.	Vigente
Orthene 75% SP	Acefato	Proficol S.A.	Vigente
Lorsban 4 EC	Clorpirifos	Dow Agrosciences de Colombia S.A.	Vigente
Trapper EC	Clorpirifos	Dow Agrosciences de Colombia S.A.	Vigente
Curacron 500 EC	Profenofos	Syngenta S.A.	Vigente
Eltra 48 EC	Carbosulfan	Dupont de Colombia S.A.	Cancelada la ampliación
Larvin 375 SC	Tiodicarb	Bayer Cropscience	Cancelada la ampliación
Profitox 80 SP	Triclorfon	Proficol S.A.	Cancelada la ampliación
Ofunack 40% EC	Pyridafention	Proficol S.A.	Registro cancelado
Tess 50 EW	Deltametrina	Bayer Cropscience	Registro suspendido

Fuente: Insumos Agrícolas ICA y el presente trabajo.

Referencias

BLASS, W.; PHILIPOWSKY, C. 1992. Determination of N-methylcarbamate residues using HPLC and on line coupling of a post-column reactor in food of plant origin and soil. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 45:277-318.

DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT. 1987. Manual of Pesticide Residue Analysis. VCH. Verlagsgesellschaft, Weinheim, Federal Republic of Germany. Vol. I, p. 338-400

ICA, 2001. Plagas y enfermedades de la papa. Boletín de Sanidad Vegetal. ICA, Bogotá, Colombia.
ICA, 2002 - 2003. Resoluciones 01675, 01681, 01802 de julio 2002 y 02366, 02367 de septiembre de 2003. Bogotá D.C., Colombia.

ICA, ANDI y FEDEPAPA. 2000. Evaluación post-registro de los insecticidas con recomendación de uso para el control de la polilla Guatemalteca de la Papa *Tecia solanivora* (Povolny), en condiciones de campo. Bogotá, Colombia.

económica de los resultados, teniendo en cuenta la relación costo - beneficio (ICA, ANDI y FEDEPAPA, 2000). Por otro lado, los residuos de plaguicidas se determinaron tanto por cromatografía de gases con detectores de captura de electrones y fotométrico de llama como por cromatografía líquida de alta resolución con derivatización post-columna y detección por fluorescencia (Blass y Philipowsky, 1992; Deutsche Forschungsgemeinschaft, 1987).

De acuerdo con los resultados de la evaluación de eficacia agronómica, Pirestar 38 EC presentó diferencias significativas respecto al testigo absoluto, con un porcentaje de control de 53,38%, una relación costo beneficio superior a 1 y un porcentaje de daño (en relación al testigo absoluto) de 17,25%. Igualmente, los productos Orthene 75% SP, Lorsban 4 EC y Curacron 500 EC presentaron diferencias estadísticas significativas con respecto al testigo absoluto, con porcentajes de control de 65% y 73%, una relación costo beneficio superior a 1 y un porcentaje de daño de 38,4% y 3,88%, respectivamente. Eltra 48 EC, Larvin 375 SC, Tess 50 EW y Profitox 80 SP no presentaron diferencias estadísticas respecto al testigo absoluto.

En general, desde el punto de vista estadístico, la aceptación de una diferencia como significativa no depende del promedio de infestación en el tratamiento testigo, sino de la magnitud de la diferencia entre el tratamiento de prueba y el testigo, además del nivel de error experimental. Los coeficientes de variación más altos estuvieron alrededor del 30%, lo cual se considera aceptable. Sin embargo, en la práctica es conveniente contar con un nivel mínimo de infestación al testigo, el cual deberá ser fijado de acuerdo con la información estadística disponible de los niveles de infestación y, de esta manera, aproximarse a las condiciones actuales de campo.

Con base en los resultados anteriores, el ICA se pronunció oficialmente con la expedición de las siguientes resoluciones:

• **Resolución No. 01675 de 12/07/02**, según la cual Dupont de Colombia S.A. deberá suprimir de la etiqueta de Eltra 48 EC la ampliación de uso para controlar *T. solanivora* y modificar la etiqueta de Pirestar 38 EC (ICA, 2002 - 2003).

• **Resolución No. 01802 de 31/07/02**, mediante la cual el ICA atendió un recurso de reposición de la empresa Dupont de Colombia S.A. (ICA, 2002 - 2003).

• **Resolución No. 01681 de 15/07/02**, según la cual Bayer Cropscience deberá suspender el registro de venta del producto Tess 50 EW y suprimir de la etiqueta de Larvin 375 SC la ampliación de uso para controlar *T. solanivora* (ICA, 2002 - 2003).

• **Resolución No. 02367 de 03/09/03**, según la cual Proficol S.A. deberá suprimir de la etiqueta de Profitox 80 SP la ampliación de uso para controlar *T. solanivora* (ICA, 2002 - 2003).

• **Resolución No. 02366 de 03/09/03**, según la cual se cancela el registro de Venta No. 2676 correspondiente al producto Ofunak 40% EC de la empresa Proficol S.A. (ICA, 2002 - 2003).

Por otro lado, como aporte a la inocuidad alimentaria, el ICA estableció que ninguno de los productos evaluados en el proceso de post-registro presentó niveles de residuos de plaguicidas superiores a lo establecido por el Codex Alimentarius. Queda pendiente la evaluación del producto Orthene 75% SP, la cual deberá realizarse en el transcurso del presente año.

with the statistical consultancy of Dr. Ricardo Galindo, carried out an official post-registration project to evaluate product efficiency. Additionally, ICA determined the pesticide residue levels in tubers.

Eltra 48 EC, Pirestar 38 EC Larvin 375 SC, Tess 50 EW, Orthene 75% SP, Profitox 80 SP, Curacron 500 EC y Lorsban 4 EC insecticides were evaluated in Boyacá (Motavita, Toca, Ventaquemada y Samacá) and in Cundinamarca (Subachoque y Villapinzón) between a 2,000 - 2,300m altitude range.

With the use of IPM, a randomized complete block design with 4 replications and 200 m^2 experimental units was established to evaluate, statistically and economically, the number of moth-damaged and healthy tubers. Pesticide residues were determined by gas chromatography with electron-capture and flame ionization detectors and by high resolution liquid chromatography (HPLC) with post-column derivatization and fluorescence detection.

According with the results, Pirestar 38 EC, Orthene 75% SP, Lorsban 4 EC y Curacron 500 EC displayed significant differences in relation with the absolute control, with control levels between 53% and 75% and a cost-benefit ratio over 1. Trapper EC is a commercial equivalence of Lorsban 4 EC. Eltra 48 EC, Larvin 375 SC, Tess 50 EW y Profitox 80 SP, did not display statistical differences in relation with the absolute control. Ofunack 40% SP was withdrawn from the market. As a contribution to the food harmlessness, none of the evaluated products surpassed the accepted pesticide residue levels, in accordance with the Codex Alimentarius standard, except for Orthene 75%, whose evaluation is still pending.

Key words: Chemical control, *Tecia solanivora*, pesticide residues.

En respuesta a la problemática de *T. solanivora* en Colombia, durante 1995 y 1997 se registraron diez insecticidas para controlar la plaga en campo (Tabla 1). Por solicitud de Fedepapa, las empresas titulares de registro, el gremio y el ICA, con la asesoría estadística del Dr. Ricardo Galindo, elaboraron un proyecto oficial de post-registro para evaluar la eficacia agronómica de los productos en el control de *T. solanivora*. Adicionalmente, el ICA, a través del LANIA, determinó el nivel de residuos de los plaguicidas en estudio.

Las pruebas de campo fueron adelantadas por las empresas con la supervisión del ICA. Inicialmente, durante los años 2000 y 2001 en los departamentos de Boyacá (Motavita) y Cundinamarca (Subachoque), se evaluaron los insecticidas: Eltra 48 EC, Pirestar 38 EC Larvin 375 SC y Tess 50 EW. De igual forma, entre los años 2001 y 2003, las pruebas con Orthene 75% SP, Profitox 80 SP, Curacron 500 EC y Lorsban 4 EC fueron adelantadas en los mismos departamentos en las localidades de Motavita, Toca, Ventaquemada, Samacá y Villapinzón.

El producto Ofunack 40% SP de Proficol S.A. fue retirado del mercado en razón de que Mitsui Chemical, proveedor del ingrediente activo pyridafenthion, decidió descontinuar su manufactura en el país. El insecticida Trapper EC es una equivalencia comercial de Lorsban 4 EC.

La metodología del proyecto con aplicación de MIP contempla: uso de semilla sana (preferiblemente certificada), control etológico, umbrales de acción de 50 polillas/trampa/semana (ICA, 2001), épocas y formas de aplicación, niveles de presión de la plaga, muestreos destructivos, periodos de carencia y cosecha oportuna. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y unidades experimentales de 200 m^2, en los cuales se evaluaron tanto el número total de tubérculos sanos y como el de tubérculos afectados. Se realizó, además del respectivo análisis estadístico, una evaluación

Evaluación post-registro de los insecticidas con licencia de uso para controlar la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) en Colombia

Alvaro Camilo Arévalo[1], *René Alejandro Castro*[2]

Resumen

En el período 1995 - 1997 se registraron 10 insecticidas para controlar *T. solanivora* en campo. Por solicitud de FEDEPAPA, las empresas titulares de los registros, el gremio y el ICA con la asesoría estadística del Dr. Ricardo Galindo, elaboraron un proyecto oficial de post-registro para evaluar la eficacia de los productos; adicionalmente, el ICA determinó el nivel de residuos de los plaguicidas en los tubérculos.

En Boyacá (Motavita, Toca, Ventaquemada y Samacá) y Cundinamarca (Subachoque y Villapinzón), entre 2000 y 2003, se evaluaron los insecticidas: Eltra 48 EC, Pirestar 38 EC Larvin 375 SC, Tess 50 EW, Orthene 75% SP, Profitox 80 SP, Curacron 500 EC y Lorsban 4 EC.

Con uso de MIP, en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y unidades experimentales de 200 m², mediante el análisis estadístico y económico se evaluó el número de tubérculos sanos y afectados. Los residuos de plaguicidas se determinaron por cromatografía de gases con detectores de captura de electrones y fotométrico de llama y cromatografía líquida de alta resolución con derivatización post-columna y detección por fluorescencia.

Según los resultados, Pirestar 38 EC, Orthene 75% SP, Lorsban 4 EC y Curacron 500 EC, presentaron diferencias significativas respecto al testigo absoluto con porcentajes de control entre 53% y 75% y una relación beneficio costo superior a 1. Trapper EC es una equivalencia comercial de Lorsban 4 EC. Eltra 48 EC, Larvin 375 SC, Tess 50 EW y Profitox 80 SP no presentaron diferencias estadísticas respecto al testigo absoluto. Ofunack 40% SP fue retirado del mercado.

Como aporte a la inocuidad alimentaria, ninguno de los productos evaluados, con excepción de Orthene 75%, cuya evaluación sigue pendiente, superó los niveles de residuos de plaguicidas, según lo establecido por el Codex Alimentarius.

Palabras clave: Control químico, *Tecia solanivora*, Residuos de plaguicidas.

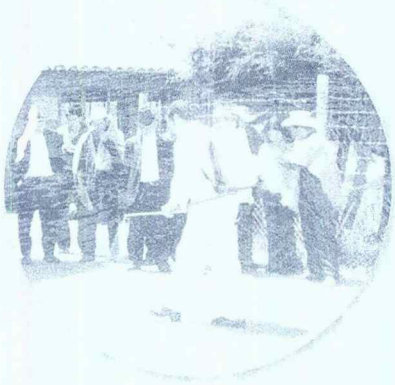
Post-registration evaluation of insecticides with use license to control Guatemalan potato tuber moth *Tecia solanivora* (Povolny 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Colombia

Summary

During the 1995 1997 period, ten insecticides to control *T. solanivora* in the field were registered. Due to a request from FEDEPAPA, the registration-owning corporations, the potato union and ICA,

[1] I.A., M.Sc. Instituto Colombiano Agropecuario - ICA -. Calle 37 No. 8 43, Oficina 404. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: orabbla@yahoo.com

[2] Químico, M.Sc. Instituto Colombiano Agropecuario - ICA -. Calle 37 No. 8 43, Oficina 404. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: rcastroj2000@hotmail.com



Control químico en el manejo integrado de *Tecia solanivora*

FEDEPAPA, 1996. Papas Colombianas: Con el mejor entorno ambiental. Editorial Comunicaciones y Asociados Ltda. 272 pp.

LÓPEZ A., A.; ESPITIA, E. 2000. Plagas y benéficos en el cultivo de la papa en Colombia. *En*: Boletín Técnico Divulgativo. Bogotá.

RINCÓN, C. 1999. Estudios biológicos del parasitoide *Trichogramma lopezandinensis* (Hymenoptera : Trichogrammatidae) orientados al control de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Lepidoptera : Gelechiidae). Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 106 pp.

RUBIO, A.; VARGAS, B. 2002. Evaluación de la eficacia del parasitoide *Trichogramma lopezandinensis* Sarmiento (Hymenoptera: Trichogrammatidae) en el control de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) en papa almacenada. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Bogotá.

SARMIENTO, C.E. 1993. Una nueva especie de Trichogramma (Hymenoptera: Trichogrammatidae) de los andes de Colombia. Revista Colombiana de Entomología. 19 (1). 3-5 pp.

y las características biológicas y ecológicas observadas, se concluye que el parasitoide podría ser utilizado eficientemente para el control de la plaga en condiciones de almacenamiento y campo.

Las frecuencias de liberación del parasitoide en condiciones controladas de almacenamiento reducen, en algún grado, el daño ocasionado por la polilla. La frecuencia de liberación cada tres días presentó los mejores resultados, lo cual sugiere que la presencia continua de hembras jóvenes es determinante para lograr una mayor eficacia en el control de la polilla guatemalteca por parte del parasitoide *Trichogramma lopezandinensis*, ya que en condiciones de almacenamiento controlado a nivel experimental se obtuvo un control hasta del 59,04%.

Los porcentajes de control de la plaga, que oscilaron entre 15% y 30% en almacenamiento, muestran un nivel de parasitismo que puede ser incrementado en la medida en que se mejoren las técnicas de liberación y se maximicen los procesos biológicos de la interacción huésped-parasitoide

Igualmente, a nivel de cultivo se observa una tendencia, del orden del 20%, hacia la disminución del daño ocasionado por la plaga en los tratamientos en que se aplicó *T. lopezandinensis*, en comparación al testigo sin aplicación. Sin embargo, es importante ajustar las poblaciones del parasitoide frente a la población plaga evaluada y buscar la forma más eficiente de liberación.

Mediante varios ajustes en la unidad de cría establecida en el C.I. Tibaitatá, se obtuvieron buenos niveles en los parámetros técnicos de cría de *T. lopezandinensis* y en los estándares de producción.

Er condiciones de laboratorio, el parasitoide mostró alta eficiencia de parasitación tanto del hospedero de cría como de la plaga, alcanzando niveles hasta del 80% de parasitismo de huevos de hasta 6 días de edad.

El ciclo de vida del parasitoide está fuertemente influenciado por la temperatura, como se observó con las crías establecidas en los diferentes ensayos y localidades. Por ello es necesario diseñar protocolos de liberación del parasitoide muy bien sincronizados con la temperatura local y las poblaciones naturales de la plaga.

Finalmente, se recomienda continuar con los estudios de profundización en el conocimiento de la interacción parásito-hospedero, en condiciones naturales en campo. Así mismo, se deben ampliar estos estudios para incluir la interacción de la avispa con *Phthorimaea operculella*, otra polilla que afecta los cultivos de papa, la cual ha venido adquiriendo gran importancia económica, dados los niveles de población que se están presentando en campo de esta plaga. De esta manera se podrá proyectar la utilización futura del parasitoide por parte de los productores, a fin de controlar las polillas de la papa, dentro de una estrategia de manejo integrado de plagas, estableciendo así el control biológico como un componente fundamental con bases sólidas.

Referencias

AMAYA, M. 1998. *Trichogramma spp.* Producción, uso y manejo en Colombia. Buga, Valle del Cauca, Colombia.

CORPOICA, 2000. Manejo integrado del cultivo de la papa. Manual Técnico. Tibaitatá. Produmedios. 196 pp.

ajustando las densidades, los sistemas de liberación y distribución del parasitoide en campo, procurando liberarlas protegidas de los factores que limitan su eficiencia y cerca de los sitios de oviposición de la plaga.

•Ajuste de tecnologías para la producción masiva y liberación del parasitoide a escala experimental

En cuanto a los parámetros técnicos de cría para *T. lopezandinensis*, se estableció el número de huevos de la polilla de los granos por una pulgada cuadrada de cartulina. Así mismo, se definió el porcentaje de parasitismo, el porcentaje de emergencia, proporción de sexos, relaciones hospedero-parásito dentro de la cría y duración del ciclo de vida del parasitoide en las diferentes localidades donde se realizaron los ensayos de almacenamiento y campo.

Los resultados encontrados en los ensayos con la polilla de los granos, *Sitotroga cerealella*, mostraron que, en condiciones del cuarto de cría en el laboratorio de entomología, la duración del ciclo fue de 41 a 43 días. La mayor producción de huevos se obtuvo con una relación de infestación de 1,5 g de huevos por kilogramo de trigo. Los resultados de las pruebas de viabilidad mostraron que los huevos, en el momento de su recolección, poseen un 80% de viabilidad y que no deben ser almacenados por más de 15 días en nevera. La producción por gabinete varía de 6 a 18 g semanales, los cuales interpretados en función de las pulgadas cuadradas alcanzan para una superficie de 60 a 180 pulgadas. Aproximadamente 1 g de huevos alcanza para el engomado de 10 . El costo de producción de una pulgada, bajo estas condiciones, fue de 120 pesos de 2002.

En conclusión, los parámetros técnicos de cría determinados fueron: número de huevos de *Sitotroga cerealella* por pulgada cuadrada: 2.600; porcentaje de parasitismo de *T. lopezandinensis*: mayor al 85 % (2.200 huevos parasitados); porcentaje de emergencia de *T. lopezandinensis* > 95% (2.100 adultos emergidos); relación de sexos, 3:1 (hembra: macho). Estos parámetros de producción están por encima de los estándares exigidos para una cría de *Trichogramma sp.* (Amaya, 1998)

Trichogramma lopezandinensis puede parasitar efectivamente huevos de hasta de 6 días de edad, tanto del hospedero de cría comercial (*Sitotroga cerealella)* como del hospedero objeto de control *Tecia solanivora*. A nivel de cría, se pueden manejar satisfactoriamente relaciones parasitoide/hospedero entre 1:1 y 1:5.

El ciclo biológico del parasitoide se ve fuertemente influenciado por la temperatura, como se observó con las crías establecidas en los diferentes ensayos y localidades. Los resultados indican que en condiciones de cuarto de cría en el C. I. de Tibaitatá, a una temperatura promedio de 19±3°C, el ciclo de vida tiene una duración de 17 días. En casa de malla el ciclo dura 30 días y el estado adulto vive 10 días, a una temperatura promedio de 14,4°C. Por otro lado, en condiciones experimentales de bodega de agricultor en Villapinzón y Siachoque, con temperaturas promedio de 15,4 y 12,7°C, la duración de los estados inmaduros osciló entre 38 y 41 días, mientras que el adulto vivió 12 y 16 días respectivamente.

Conclusiones y recomendaciones

Teniendo en cuenta la adaptación evolutiva del parasitoide a las condiciones agroecológicas de la zona papera colombiana, su preferencia y afinidad por la polilla guatemalteca como hospedero

•Evaluación de la eficacia de las liberaciones del parasitoide en el control de la plaga en condiciones de almacenamiento del agricultor en finca piloto

El análisis estadístico de los resultados obtenidos en el experimento adelantado en Siachoque no mostró diferencias significativas entre el tratamiento en que se liberó el parasitoide y el tratamiento testigo sin aplicación. Sin embargo, los tratamientos con liberaciones muestran un menor porcentaje de tubérculos afectados en ambos sistemas de almacenamiento, en los que el daño fluctuó entre el 15% y el 25%. Adicionalmente, el control ejercido por el parasitoide fue mayor en el almacenamiento en canastillas (con un 27,20%) comparado con el almacenamiento en costal (23,96%).

En el experimento adelantado en Villapinzón, el análisis estadístico tampoco mostró diferencias significativas entre los tratamientos. En este experimento el nivel de daño realizado por la plaga fluctuó entre el 5% y el 10%. En contraste con el experimento en Siachoque, el control ejercido por el parasitoide en este caso fue superior en el sistema de almacenamiento en costales, con 31%, frente a un 18% obtenido en almacenamiento en canastillas.

A pesar de no existir diferencias significativas en los análisis estadísticos de los dos experimentos de almacenamiento en fincas de agricultores, en ambos experimentos se observó una disminución del daño de la polilla en los tratamientos en los que se liberó el parasitoide.

Por otra parte el dispositivo de liberación diseñado para las condiciones de almacenamiento mostró ser adecuado, ya que con él la avispa se ubica en los estratos de mayor nivel de oviposición de la plaga y antes de emerger está protegida de posibles depredadores y otros tipos de daño. Sin embargo, es fundamental ajustar los procesos de liberación para favorecer una mayor eficacia del parasitoide en el control de la plaga en papa almacenada.

•Determinación de las densidades y frecuencias de liberación del parasitoide en parcelas experimentales en condiciones de cultivo en casa de malla

En el experimento para la determinación de la época crítica de ataque de la polilla, se confirmó que las poblaciones originadas a raíz de las liberaciones de dos parejas de *T. solanivora* por m^2 semanales, a partir de los 35 días (segunda etapa fenológica) hasta la cosecha, ocasionan daños directos y severos a la producción en cultivo.

Los resultados encontrados en el ensayo de liberación del parasitoide en condiciones de cultivo mostraron en el tratamiento testigo los niveles más altos de daño, tanto en número de tubérculos atacados como en peso afectado, llegando a niveles de 72% y 82% de tubérculos y peso afectado respectivamente. Ello corresponde a niveles bastante altos de daño en la cosecha, lo cual puede ser explicado por el efecto acumulativo de una población liberada durante 10 semanas continuas. Frente a estos niveles de daño, los mejores resultados en porcentaje de control ejercido por las liberaciones del parasitoide fueron de 20,42% y 24,17%, para los tratamientos en que se liberaron 30 y 60 hembras cada ocho días respectivamente. Sin embargo, los análisis estadísticos de estos resultados no mostraron diferencias significativas entre tratamientos en ninguna de las variables medidas.

Lo anterior sugiere que la población del parasitoide liberada no fue suficiente para reducir a niveles deseables las poblaciones de huevos de polilla. Por esta razón es importante seguir

Hábitos y comportamiento

En las observaciones con hembras solitarias y en grupo se estableció que no tienen periodo de precópula ni de previoviposición, es decir, nacen con una carga de huevos madura y pueden ovipositar desde el momento mismo de su emergencia. La reproducción de las hembras es partenogénica del tipo arrenotoquia. La proporción de sexos sobre huevos de *T. solanivora* fue de 4.3:1 (hembra : macho) mientras que sobre huevos de *S. cerealella* fue de 3:1. Esto sugiere que existe preferencia del parasitoide por huevos de *T. solanivora*, ya que permite una mayor proporción de hembras y de mayor tamaño que sobre huevos de *S. cerealella*. También se encontró variación en el número de huevos parasitados por hospedero, con un promedio de 29,2 para huevos *Tecia solanivora* frente a 24 de *S. cerealella* en un tiempo de 24 horas, resultado que dicha preferencia.

Respuesta funcional

Los resultados del experimento determinaron que la avispa presenta un incremento en la actividad y capacidad parasítica a medida que se aumenta la densidad de hospederos de 10 a 120 huevos de *T. solanivora*, mostrando su mayor potencial en una densidad de 40 huevos. Los análisis estadísticos determinaron que la respuesta funcional del parasitoide *T. lopezandinensis* sobre huevos de la polilla *T. solanivora* en laboratorio es de tipo II. Esta respuesta es típica de parasitoides, reflejada en aumentos de la capacidad parasítica de la avispa a medida que aumenta la densidad de hospederos. Esto confirma que existe afinidad en la relación hospedero/parasitoide y las características del hospedero muestran que es adecuado (Rincón, 1999).

Interferencia mutua

Los resultados de este experimento determinaron que, a medida que se aumenta la densidad de avispas de 2 a 16 hembras sobre una población constante de 100 huevos de *T. solanivora*, el parasitismo total es directamente proporcional al número de parasitoides, mientras que el número de huevos parasitados por avispa es inversamente proporcional a los aumentos en la densidad de avispas. Esto significa que, a medida que aumenta la densidad de avispas por parche, se incrementa la posibilidad de encuentros entre avispas que forrajean en la misma área de búsqueda, lo cual crea confusión y disminución en la eficiencia de búsqueda. Este fenómeno es denominado como efecto de huella, que puede ser detectado por las hembras al encontrar huevos ya parasitados, los cuales son rechazados causando una perdida de tiempo en la búsqueda de hospederos no parasitados.

•Determinación de las densidades y frecuencias de liberación del parasitoide para prevenir el daño de la polilla bajo condiciones controladas de almacenamiento

Los resultados mostraron diferencias altamente significativas entre el tratamiento testigo, donde no se hicieron liberaciones del parasitoide, y los demás tratamientos. Igualmente, se presentaron diferencias altamente significativas entre la frecuencia de liberación cada tres días y las frecuencias de liberación cada cinco y cada ocho días. El tratamiento dos, que corresponde a liberaciones de tres mil hembras del parasitoide cada tres días, presentó el menor porcentaje de tubérculos con daño y consecuentemente el mayor nivel de control: 59,04% (Rubio y Vargas, 2002).

almacenamiento en fincas de agricultores en Villapinzón y Siachoque, se evaluaron una densidad, una frecuencia y dos sistemas de almacenamiento frente al ataque de infestaciones naturales de la plaga.

En primer lugar, para evaluar la eficacia del parasitoide en el control de la polilla en condiciones de cultivo se determinó, con el apoyo de otro proyecto, la época crítica del ataque de la polilla a papa criolla *Solanum phureja*. Mediante un experimento, establecido en una casa de malla construida con especificaciones para manejo de la plaga en el C. I. Tibaitatá, se evaluó el daño causado por una población conocida de *Tecia solanivora*, liberada en las cuatro diferentes fases fenológicas del cultivo. Una vez determinada la época critica de ataque, se realizó un estudio en las mismas condiciones, evaluándose las densidades de 30 y 60 hembras del parasitoide por m^2, con frecuencias de cada cinco y ocho días, en comparación con un testigo donde sólo se liberó la plaga en cantidad aproximada de dos parejas de la polilla por m^2 por semana.

Para establecer los parámetros y ajustar las tecnologías de producción masiva del parasitoide a escala experimental, desde el inicio del proyecto se montó, en el laboratorio de entomología, una unidad de producción de *Trichogramma lopezandinensis* con cuatro gabinetes de producción de huevos de polilla de los granos *Sitotroga cerealella*, huésped de cría comercial para el género Trichogramma. Se realizaron varias pruebas para establecer el ciclo biológico de la polilla presente en los granos, la calidad de sus huevos mediante pruebas de viabilidad, el cargue óptimo de los gabinetes y la producción de huevos.

Er esta unidad se logró producir una gran parte de los huevos de *Sitotroga cerealella* requeridos para la producción del parasitoide a escala semicomercial. Sin embargo, fue necesario adquirir algunos de estos en un laboratorio de producción comercial del Valle del Cauca (Perkins) para complementar los requerimientos. Además de los parámetros biológicos y técnicos de producción del parasitoide determinados en las condiciones de la unidad de producción, se estableció la duración del ciclo de vida en cada una de las fincas en donde se realizaron los experimentos, tanto en almacenamiento como en la casa de malla en el C.I.Tibaitatá.

Resultados

•Parámetros biológicos del parasitoide

Ciclo de vida de T. lopezandinensis

Los resultados de las observaciones directas y de los experimentos realizados determinaron que los estados inmaduros de *T. lopezandinensis* son parasíticos y el estado adulto es de vida libre. Esta avispa es un parasitoide idiobionte y holometábolo, es decir, que interfiere en el desarrollo normal del huésped mientras lo parasita y presenta metamorfosis completa. Los estados de huevo, larva y pupa transcurren dentro huésped, para finalmente emerger como adulto de vida libre. La duración de cada estado se presenta en la siguiente tabla:

Estado del ciclo de vida	Duración (días)
Huevo	2
Larva	7
Pupa	6
Adulto*	1 a 16

* La longevidad del estado adulto es variable según la alimentación y puede oscilar entre 1 y 16 días con un promedio de ocho días.

realizaron estudios sobre la biología del parasitoide, orientados al control de la polilla guatemalteca y se concluyó que la especie *Trichogramma lopezandinensis* presenta un elevado potencial como agente de control biológico de esta plaga. Dada su adaptación evolutiva a las condiciones ecológicas de la zona papera y a sus características biológicas, el parasitoide podría ser utilizado eficientemente en el control de la plaga (Rincón, 1999). Sin embargo, para lograr esto se requiere adelantar estudios que determinen los parámetros biológicos fundamentales de la relación huésped-parasitoide y evaluar su eficacia en condiciones del agricultor, en almacenamiento y en campo.

El presente artículo presenta en forma resumida los estudios, hasta ahora adelantados, tanto de aspectos biológicos como de las evaluaciones del parasitoide para el control de la plaga en almacenamiento y en campo.

Metodología

La investigación se desarrollo en el Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas -MIP- dentro del Plan de Investigación y Transferencia de Tecnología del cultivo de la papa de Corpoica. El proyecto fue financiado por el Ministerio de Agricultura a través del Centro virtual de investigación de la cadena agroalimentaria de la Papa - Cevipapa. El equipo ejecutor contó con el apoyo y colaboración de investigadores de las instituciones mencionadas.

En el curso de esta investigación, el grupo de trabajo desarrolló varios proyectos con una amplia participación de estudiantes de pregrado de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia. Se realizaron cuatro trabajos de grado para el cumplimiento de cada uno de los objetivos de la investigación.

En primer lugar, se determinó el ciclo de vida del parasitoide sobre huevos de *T. Solanivora*, para lo cual se llevaron a cabo mediciones morfométricas y se cuantificaron tiempos de duración de cada estado de desarrollo del parasitoide. En cuanto a los hábitos y comportamiento, mediante observación de grupos o cohortes de avispas, se estudió el periodo de precópula, cópula, previoviposición, oviposición, reproducción, proporción de sexos y preferencia sobre huevos de *T. solanivora* y *Sitotroga cerealella*. Durante primera fase se realizaron los estudios sobre la interacción hospedero-parasitoide, tales como la respuesta funcional y la interferencia mutua. Para el primer parámetro se evaluó la capacidad y actividad parasítica de una hembra sobre cinco densidades de hospedero (10, 20, 40, 80 y 120 huevos de un día de edad de *T. solanivora*). Por medio de un análisis de regresión lineal se estableció la respuesta funcional. Para el segundo parámetro, se llevaron a cabo cuatro tratamientos con 10 repeticiones, en los cuales se evaluó el parasitismo y el efecto de diferentes densidades de hembras del parasitoide (2, 4, 8 y 16 hembras) frente a una densidad de 100 huevos del hospedero. Igualmente, se realizó un análisis de regresión para establecer el índice de interferencia y la eficiencia de búsqueda (Rincón, 1999)

Para determinar la eficacia del parasitoide *Trichogramma lopezandinensis* en la prevención del daño de la polilla guatemalteca, *Tecia solanivora*, en papa almacenada, se llevaron a cabo tres experimentos. En el primero se determinaron las densidades y frecuencias de liberación del parasitoide bajo condiciones controladas de almacenamiento en jaulas, en el laboratorio de entomología en el C.I. Tibaitatá. En dicho experimento se evaluaron diez tratamientos para las combinaciones de tres densidades por tres frecuencias de liberación del parasitoide y un testigo absoluto, en el cual sólo se liberó la plaga. En dos experimentos, en condiciones de

Durante el ajuste de tecnologías de producción masiva del parasitoide y de su hospedero de cría comercial (*S. cerealella*) se presentaron buenos estándares de producción y eficiencia en todos los procesos biológicos y técnicos evaluados.

Palabras clave: Hábitos. Comportamiento. Eficiencia parasítica.

Biological studies and technology development to use egg parasitoid *Trichogramma lopezandinensis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) as a biological control for Guatemalan potato tuber moth *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae)

Summary

Biological, behavioural and parasitic efficiency studies were conducted of the egg parasitoid *Trichogramma lopezandinensis* as a Guatemalan potato tuber moth control agent in tuber storage conditions, both in a Tibaitatá Research Centre laboratory and in a farmer storehouse in Cundinamarca and Boyacá. Efficiency of the parasitoid was also evaluated in mesh insect house culture conditions. Foraging behaviour of the wasp was determined in storage and a liberation device was designed specially for this conditions. Optimal liberation densities and frequencies of the parasitoid were established in order to prevent tuber damage due to the pest and the effect of light over the wasp activity was determined. Findings show that it is possible to obtain a 59% pest control level through liberations of about 3.000 female parasitoid wasps, with a three-day emerging frequency in controlled conditions. This liberation density and frequency was used later in farmer storehouse conditions and showed pest control levels between 18% and 31%. In culture conditions, with a two pair of moths/m^2/week infestation level and a 30 and 60 individuals per square meter parasitoid liberation rate, a 20% and 24% moth control level was determined for each density respectively, with an eight day emerging frequency. Damage levels due to pest infestation with the evaluated density fluctuated between 54% and 72%.

Key words: Habits. Behaviour. Parasitic efficiency.

Introducción

El cultivo de la papa es afectado por un gran número de problemas fitosanitarios, entre los que sobresalen los insectos plaga y las enfermedades, los cuales merman la producción y dañan la calidad del producto. Dentro de las plagas de mayor importancia económica del cultivo, se destaca la polilla guatemalteca, *Tecia solanivora* (Povolny 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae). Esta plaga de origen centroamericano fue introducida a Colombia en la zona papera de Norte de Santander a través de la frontera con Venezuela en 1985 (Araque, 1996). De allí se dispersó a todas las demás áreas paperas del país, ocasionando pérdidas hasta del 100% en algunas zonas tanto en condiciones de campo como en almacenamiento.

A comienzo de la década de los 90s fue encontrada y descrita una nueva especie de avispa del genero Trichogramma, la cual resultó ser parasitoide de huevos de la mariposa *Collias dimera* en los Andes Colombianos a 2.850m de altitud. Dicha especie se nombró como *Trichogramma lopezandinensis* y con ella se adelantaron algunos estudios preliminares sobre su biología y se evaluó su potencial para el control biológico de la "palomilla de la papa" *Phthorimaea operculella* (Sarmiento, 1993), especie que, a la sazón, constituía una de las plagas más importantes del cultivo en el país. Posteriormente ante la importancia adquirida por la nueva plaga introducida, se

Estudios biológicos y generación de tecnologías para el uso del parasitoide de huevos *Trichogramma lopezandinensis* como controlador biológico de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora*

Alejandro Cifuentes[1], Claudia Rincón[2], Silvia Alejandra Rubio[3], Blanca Irene Vargas[3], Alejandro Urrea[4], Aristóbulo López-Ávila[5]

Resumen

La "polilla guatemalteca de la papa" *Tecia solanivora* es una de las principales plagas de la papa en Colombia. Desde su introducción al país en 1985 ha venido ocasionado grandes pérdidas tanto en campo como en almacenamiento. Dado su carácter de plaga exótica, se utilizó la avispa *Trichogramma lopezandinensis*, parasitoide de huevos y nativa de las zonas frías del país, como alternativa de control biológico mediante la estrategia de nuevas asociaciones. En los estudios básicos orientados al control de la polilla guatemalteca, se determinaron características biológicas intrínsecas de la avispa en condiciones de laboratorio, tales como: ciclo de vida, hábitos reproductivos e interrelaciones huéspedparasitoide. En vista de los resultados promisorios allí encontrados, se evaluó su potencial como controlador de la plaga en condiciones de almacenamiento tanto en laboratorio como en bodega de agricultor. Igualmente, se evaluó la eficiencia del parasitoide en condiciones de cultivo en casa de malla y se determinó su desempeño a nivel de cría semicomercial sobre *Sitotroga cerealella* como hospedero.

En cuanto a los parámetros biológicos, se determinó un ciclo de vida de 17 días sobre huevos de *Tecia solanivora* a una temperatura de 19±3°C. La avispa presenta partenogénesis arrenotóquica facultativa. Además, no presenta periodos de precópula ni previoviposición.

Los estudios de dependencia de la densidad mostraron una respuesta funcional de tipo II, con una densidad óptima del hospedero de 40 huevos por hembra del parasitoide, obteniendo así un parasitismo superior al 70%. Se encontró también que se presenta un efecto de interferencia mutua a densidades superiores, lo cual puede afectar la eficiencia del parasitoide.

En las evaluaciones preliminares de eficacia del parasitoide en almacenamiento, los resultados muestran, en el mejor tratamiento, un nivel de control de la plaga de 59.04% en laboratorio, mediante una liberación de 3.000 hembras del parasitoide cada tres días. Esta densidad y frecuencia de liberación se utilizó en condiciones de bodega en dos sistemas de almacenamiento (costal de fibra y canastilla) y en dos localidades (Villapinzón, Cundinamarca y Siachoque, Boyacá). Los resultados determinaron niveles de control entre 18% y 31% en las dos localidades y en los dos sistemas de almacenamiento.

En condiciones de cultivo se evaluaron dos densidades: 30 y 60 hembras del parasitoide por metro cuadrado con dos frecuencias de liberación: cada cinco y ocho días. El nivel de infestación fue de dos parejas de la polilla por metro cuadrado semanalmente. Los resultados determinaron un control entre 20% y 24% para estas densidades, con liberaciones cada ocho días.

[1] I.A. Investigador del Programa Nacional Manejo Integrado de Plagas. Corpoica. C.I. Tibaitatá. A.A. 240142. Correo electrónico: Sialci1@latinmail.com

[2] I.A. M.Sc. Centro de Cooperación Internacional de Investigación Agronómica para el Desarrollo - CIRAD -. Montpellier, Francia.

[3] Estudiantes Facultad Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional Bogotá.

[4] Estudiante Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional. Palmira.

[5] I.A., M.Sc., PhD. Investigador Principal del Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas - MIP- Corpoica. C.I Tibaitatá. Correo electrónico: alopez@corpoica.org.co

FLACH, J.; PILET, P.; JOLLES, P. 1992. What's new in chitinase research?. Experientia 48: 701-716.

FLYG, C.; KERSTIN, K.; BOMAN, H. 1980. Insect pathogenic properties of *Serratia marcescens*: Phage-resistant mutants with a decreased resistance to Cecropia Immunity and a decreased virulence to Drosophila. J. of General Microbiology. 120:173-181.

FOX, C.; JAQUES, P. 1958. Note on the green-muscardine fungus *Metarhizium anisopliaea* (Metsch) as a control for wireworms. Canadian Entomology. 90: 314-315

GODFRAY, H.; BRIGGS, C.; BARLOW, N.; CALLAGHAN, M.; GLARE, T.; y JACKSON, T. 1999. A model of insect-pathogen dynamics in which a pathogenic bacterium can also reproduce saprophytically. Proceedings Royal Society of London. 266: 233-240

GONZÁLEZ, M.; VALENCIA, A.; y BUSTILLO, A. 1999. Incremento de la patogenicidad de *B. bassiana* hacia *Hypothenemus hampei*, utilizando cutícula de broca en el medio de cultivo. Resúmenes. XXVI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, 28,29 y 30 de Julio. Santafé de Bogotá. p. 156.

GOODAY, G. 1994. Physiology of microbial degradation of chitin and chitosan. Biochemistry of Microbial Degradation. p 279-312.

GRAY, D. 1998. Sex Differences in Susceptibility of House Crickets, *Acheta domesticus*, to experimental Infection with *Serratia liquefaciens*. J. Invertebr. Pathol. 71(3):288-289.

GRKOVIC, S.; GLARE, T.; TREVOR, A.; y CORBETT, G. 1995. Genes essential for amber disease in grass grubs are located on the large plasmid found in *S. entomophila* and *S. proteamaculans*. Applied and Environmental Microbiology. 51(6): 2218-2223.

HAWTIN, R.; ZARKOWSKA, T.; ARNOLD, K.; THOMAS, C. 1997. Liquefaction of *Autographa californica* Nucleopolyhedrovirus infected insects is dependent on the integrity of virus encoded chitinase and cathepsin genes. Virology. 238: 243-253.

KHOURY, C.; MINIER, M.; HUYNH, N.; y GOFFIC, F. 1997. Optimal dissolved oxygen concentration for the production of chitinases by *S. marcescens*. Biotechnology Letters. 19(11): 1143-1146.

LANE, B.; TRINCI, A. 1991. Influence of cultural conditions on the virulence of conidia and blastospores of *Beauveria bassiana* to the green leafhopper *Nephotettix virescens*. Mycol. Res. 95(7): 829-833.

SAMPSON, M.; GOODAY, G. 1998. Involvement of chitinases of *Bacillus thuringiensis* during pathogenesis in insects. Microbiology. 144: 2189-2194.

SCHAERFFENBERG, B. 1964. Biological and environmental conditions for the development of mycoses caused by *Beauveria sp.*, and *Metarhizium sp.* J. Invertebrate Pathol. 6:8-20.

VILLAMIZAR, L. 1998. Efecto de la composición del medio de cultivo en la virulencia de *Metarhizium anisopliae* sobre la langosta llanera *Rhammatocerus schistocercoides*. Tesis de Maestría en Microbiología. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Bogotá. 112p.

la actividad de estas dos variables, a fin de poder utilizar la actividad de dicha enzima como un marcador bioquímico predictivo de la actividad biocontroladora de aislamientos nativos de *Serratia spp*.

% de mortalidad = (32,77596898) + (9,549201123 x Actividad Quimoelastasa proteasa PR-1 expresada en mmoles de PNA/g de células de *S. marcescens*)

•Relación entre la actividad biocontroladora y la actividad ß-esterasa presente en los extractos de *S. marcescens*.

Al realizar el análisis de regresión entre la mortalidad acumulada y corregida de *S. marcescens* y la actividad ß-esterasa detectada en los extractos se definió un coeficiente de correlación de 0.70, indicando que posiblemente esta enzima no posee un papel tan importante en el proceso entomopatógeno en comparación con las actividades enzimáticas anteriores. Sin embargo, su actividad podría ser complementaria a otros mecanismos de acción de la bacteria. Esto podría coincidir con lo reportado por Villamizar en 1998, quien determinó un bajo coeficiente de correlación (0,55) entre la actividad esterasa de extractos de conidios de una cepa de *M. anisopliae* con su actividad biocontroladora hacia adultos de la langosta llanera *R. schistocercoides*. Este autor concluye, de igual forma, que dicha enzima no juega un papel determinante en el mecanismo de acción del hongo.

Conclusiones

• Se estableció una metodología para incrementar la actividad biocontroladora y enzimática de *S. marcescens* contra larvas de *T. solanivora*, la cual puede ser aplicada en procesos de cultivo de otras bacterias entomopatógenas.

• La incorporación tanto de salvado de trigo como de homogeneizado de larva en medios de cultivo para *S. marcescens* incrementaron su actividad enzimática y biocontroladora de *T. solanivora*, por lo cual pueden ser considerados como sustratos inductores de virulencia.

• Los crecimientos sucesivos de *S. marcescens* sobre los medios de cultivo suplementados indujeron un incremento significativo de sus actividades enzimáticas y biocontroladoras, alcanzando sus valores máximos a partir del tercer cultivo sucesivo.

• Se determinó una correlación positiva entre el incremento de la actividad Quimoelastasa proteasa PR-1 y N-acetilglucosaminidasa de *S. marcescens* y su actividad biocontroladora hacia larvas de *T. solanivora*.

Referencias

CALLAGHAN, M.; GARNHAM, L.; NELSON, T.; BAIRD, D.; JACKSON, T. 1996. The Pathogenicity of Serratia strains to *Lucilia sericata* (Diptera:Calliphoridae). J. of Invertebrate Pathology 68(1):22-27

DANCER, B.; CHANTAWANNAKUL, P. 1997. The proteases of American foulbrood scales. Journal of Invertebrate Pathology. 70:79-87.

EWING, W.; MARTIN, W. 1981. Enterobacteriaceas. p. 192-223. *En*: Manual de Microbiología Clínica. Cap 18. Editorial Salvat. Barcelona. España.

patógenos, por lo cual serían necesarias altas concentraciones del biocontrolador para causar una infección en los insectos tratados.

•Relación entre la actividad biocontroladora y las actividades enzimáticas presentes en los extractos de S.marcescens

Dado que la secreción enzimática de las bacterias puede determinar el proceso patogénico en larvas de *T. solanivora* se podría esperar la existencia de una relación entre la actividad de las enzimas estudiadas en esta investigación y la actividad biocontroladora del microorganismo. Para probar esto se realizó un análisis de correlación lineal entre estas actividades y se propuso un modelo matemático para correlacionar y cuantificar la actividad de las mismas. Ello permitiría utilizar los niveles de actividad de estas enzimas como marcadores biológicos predictivos de la actividad biocontroladora de aislamientos nativos de *Serratia spp*.

•Relación entre la actividad biocontroladora y la actividad N-acetilglucosaminidasa presente en los extractos de *S.marcescens*.

Al determinar la correlación entre la actividad N-acetilglucosaminidasa y la actividad biocontroladora de *S.marcescens* sobre larvas de *T.solanivora* se obtuvo un valor de 0,8741, el cual indica una correlación positiva. Sin embargo, es probable que otras quitinasas estén implicadas en el proceso entomopatógeno de esta especie, ya que, según Khoury *et al.* (1997), en *S.marcescens* se han identificado quitinasas de los tipos Chi1, Chi2, Chi3 y Chi4, con pesos moleculares de 59, 60, 61 y 52 KDa respectivamente. No obstante, no hay reportes que relacionen estas quitinasas con la actividad biocontroladora de las especies de Serratia.

En base a este resultado, se propone el siguiente modelo matemático para relacionar la actividad de la N-acetilglucosaminidasa con la actividad biocontroladora de *S.marcescens:*

% de mortalidad = (31,98294436) + (55,33242548 x Actividad N-acetilglucosaminidasa expresada en mmoles de PNP/g de células de *S.marcescens*)

•Relación entre la actividad biocontroladora y la actividad Quimoelastasa proteasa PR-1 presente en los extractos de *S.marcescens*.

El análisis de regresión entre los porcentajes de mortalidad acumulada y corregida de *S. marcescens* con la actividad Quimoelastasa proteasa PR-1 detectada en los extractos celulares determinó un coeficiente de correlación de 0,8775, valor que indica una correlación positiva entre la actividad de dicha enzima con la actividad biocontroladora de *S. marcescens* hacia larvas de *T. solanivora*. Este valor es ligeramente mayor que el obtenido con la actividad N-acetilglucosaminidasa. Dancer y Chantawannakul (1997) observaron que las proteasas de *Paenibacillus larvae* (bacteria gram positiva, aeróbica y esporulante) tienen una importante función durante los estados tempranos de la infección en el insecto hospedero, lo cual coincide con los resultados encontrados en esta investigación. Según estos autores, las proteasas de *P. larvae* parecen estar implicadas directamente en el debilitamiento de la respuesta inmune del insecto, ya que degradan polipéptidos antibacteriales, tales como las apidaecinas y cecropinas, producidos durante los estados iniciales de la infección.

En el caso de bacterias entomopatógenas no formadoras de esporas, como las especies del género Serratia, las enzimas proteolíticas cumplen una importante función en la virulencia. De acuerdo con el valor de correlación obtenido, se propone un modelo matemático para relacionar

Durante el cuarto cultivo sucesivo, los valores máximos de actividad biocontroladora se encontraron en bacterias cultivadas con salvado de trigo, los cuales correspondieron a 65,26% y 64,07%, según si habían sido sometidas o no a la activación en larvas respectivamente. Para los cultivos de *S. marcescens* en medios con homogeneizado de larva, los valores correspondientes al cuarto cultivo presentaron valores de 58,08% y 59,28%, para bacterias activadas y no activadas respectivamente. Estos valores son ligeramente superiores a los obtenidos durante el tercer cultivo, lo cual contrasta con la disminución observada en la actividad enzimática de las bacterias del cuarto cultivo sucesivo. Este hallazgo sugiere que, además de la N-acetilglucosaminidasa, Quimoelastasa proteasa PR-1 y ß-esterasa, otras enzimas o metabolitos podrían estar involucrados en la patogenicidad de *S. marcescens*.

Es probable que, durante el tercer y cuarto cultivo sucesivo, las larvas muertas presentes en los tubérculos tratados con los aislamientos de *S. marcescens* sirvieran como reservorios de dichas bacterias, ya que según la literatura estos microorganismos tienen la capacidad de sobrevivir como saprófitos facultativos. A partir de estas larvas muertas, las bacterias entomopatógenas pudieron dispersarse a todo el tubérculo infectando, en consecuencia, larvas vivas que consumían la pulpa del mismo.

Aunque los mecanismos de patogenicidad en especies del género Serratia no han sido del todo esclarecidos, algunos autores como Callaghan *et al.* (1996) reportaron que algunas toxinas y enzimas extracelulares, como las lecitinasas (lipasas), quitinasas y proteasas, pueden estar relacionadas con la capacidad patogénica de dichas especies. Esto concuerda con los resultados obtenidos en la presente investigación. No se debe descartar la actividad de otras enzimas y toxinas que podrían estar implicadas en el proceso infeccioso, ya que la interacción hospedero-patógeno depende de numerosos procesos bioquímicos y enzimáticos entre muchos otros factores.

En relación con las bacterias del quinto cultivo sucesivo, se encontraron actividades enzimáticas y biocontroladoras aún menores que aquellas obtenidas durante el cuarto. Esta disminución posiblemente se debió a la pérdida de algunos genes contenidos en plásmidos, los cuales codifican específicamente para las enzimas estudiadas o quizás a una disminución en la actividad de las mismas, así como de otros compuestos implicados en la patogenicidad. Esto pudo ocurrir a causa de las continuas inoculaciones y los cultivos sucesivos.

Para el caso de hongos como *M. anisopliae* y *B. bassiana* se ha demostrado que sus continuos crecimientos sobre medios de cultivo sintéticos o las inoculaciones sucesivas en insectos no hospederos han originado heterocariosis y disminución o pérdida total de su virulencia. Igualmente, esto último está relacionado con una disminución en la actividad enzimática de dichos microorganismos (Schaerffenberg 1964; Fox y Jaques 1958).

En general, las bacterias poseen un crecimiento y metabolismo más rápido que el de los hongos, lo cual implica una mayor susceptibilidad a la pérdida de genes relacionados con su virulencia, con la consecuente disminución de su patogenicidad. Así mismo, la disminución en la actividad biocontroladora de *S. marcescens* durante el quinto cultivo pudo deberse a que los estados larvales de los insectos, según Godgray *et al.* (1999), poseen normalmente en su microflora intestinal bacterias saprófitas no patogénicas, las cuales se adhieren en grandes proporciones a los receptores de membrana del tracto intestinal, compitiendo con las bacterias entomopatógenas por estos sitios de unión. Este fenómeno podría reducir la efectividad de los

Se podría sugerir que, tanto el salvado de trigo como el homogeneizado de larva, al ser adicionados al medio inducen una mayor producción y actividad de enzimas bacterianas. La mayor actividad biocontroladora se debió posiblemente a los crecimientos sucesivos de *Serratia marcescens* sobre estos medios suplementados, confiriéndole mayor patogenicidad contra las larvas de *T. solanivora*. Estos hallazgos pueden estar relacionados con lo reportado por Grkovic *et al.* (1995), quien sugirió que los aumentos en la virulencia de la bacteria podrían relacionarse con genes contenidos en plásmidos, los cuales están presentes en algunas especies del género Serratia. Esto se evidenció en aislamientos de entomopatógenos como *S. entomophila* y *S. proteamaculans*, en los cuales se encontró un gran plásmido de 105 Kb (PADAP) que contiene genes esenciales involucrados, al parecer, con el desarrollo de la enfermedad ambarina de larvas de *Costelytra zealandica* (Coleoptera: Scarabaeidae).

Por otro lado, se observó una relación directamente proporcional entre el incremento de la actividad enzimática y el aumento en el número de cultivos sucesivos de la bacteria. Así mismo, se encontró relación entre dicho comportamiento enzimático y los incrementos en las actividades biocontroladoras de la bacteria, alcanzando estas sus valores máximos durante el tercer y cuarto cultivo sucesivo. Lo anterior indica que los sustratos adicionados al medio, además de incrementar la actividad enzimática en los extractos, también inducen un aumento en la actividad biocontroladora de *S. marcescens*.

Es posible que la adición al medio de estos sustratos haya inducido una patogenicidad especifica de esta bacteria hacia las larvas de *T. solanivora*. Probablemente, tales condiciones de cultivo estimularon positivamente la expresión de los genes bacterianos, con lo cual se incrementó la virulencia de *S. marcescens*. Según Flyg *et al.* (1980), la capacidad patogénica de un aislamiento de esta especie depende de: (a) su capacidad invasora, asociada con su habilidad de penetrar el intestino del insecto, (b) la secreción de diferentes enzimas hidrolíticas y (c) la tasa de crecimiento y multiplicación de la bacteria dentro del insecto. Se podría sugerir, entonces, que las continuas inoculaciones de *S. marcescens* en larvas y sus crecimientos sucesivos sobre medios suplementados con activadores de virulencia estimularon algunas de las características mencionadas.

Durante el tercer cultivo sucesivo, las mayores actividades biocontroladoras fueron obtenidas cuando la bacteria creció en los medios con salvado de trigo, sin importar si estas habían sido activadas o no en larvas. Los valores obtenidos correspondieron a 62,26% y 61,00% de mortalidad, según si habían sido sometidas a activación o no respectivamente. A estos valores siguieron los obtenidos en bacterias cultivadas en medios con homogeneizado de larva, los cuales correspondieron a 57,23% y 59,74% de mortalidad, en bacterias activadas y no activadas respectivamente. Esto podría coincidir con lo reportado por Rabelo *et al.* (1985), según lo cual dos cepas del hongo *M. anisopliae,* activadas una sola vez sobre ninfas de *Deois flavopicta* (Homoptera: Cercopidae) y cultivadas durante varias generaciones en medios de arroz, presentaron un punto máximo de virulencia en la tercera generación sucesiva. Los niveles de actividad encontrados en dicha investigación correspondieron, para cada cepa, a 65% y 76,6% de control en ninfas respectivamente, valores significativamente mayores a los obtenidos durante la primera generación, los cuales correspondieron al 37% y 65% respectivamente. Adicionalmente, los posteriores crecimientos de estos hongos sobre el medio de arroz presentaron reducciones en los porcentajes de infección, incluso alcanzando valores de 11% y 17% en la décima generación.

Esta investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Control Biológico del Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas de Corpoica Tibaitatá.

Efecto de las inoculaciones en larva y de los crecimientos sucesivos de S. marcescens en medios de cultivo sobre su actividad biocontroladora contra T. solanivora

De forma paralela a la determinación de la actividad enzimática de los extractos bacteriales, se realizaron evaluaciones de la actividad entomopatógena de suspensiones de *S. marcescens* (a una concentración de 108 células/ml), procedentes de los diferentes medios de cultivo. En cada cultivo sucesivo se determinó el porcentaje de mortalidad en larvas y los porcentajes de daño y control de daño en los tubérculos tratados.

En los ensayos con cultivos sucesivos de *S. marcescens*, el análisis estadístico arrojó diferencias no significativas entre el efecto de someter a las bacterias a la activación previa sobre larvas de polilla y su tratamiento control. Esto indica, que la activación de las bacterias sobre las larvas del insecto, no tiene un efecto significativo en la estimulación de su capacidad biocontroladora.

De otra parte, se obtuvieron las mayores actividades biocontroladoras durante el tercer y cuarto cultivo sucesivo, las cuales fueron significativamente diferentes con respecto a las obtenidas durante los demás cultivos sucesivos realizados en el tiempo.

De acuerdo con estos resultados, la menor actividad biocontroladora fue observada en bacterias aisladas de los medios sin suplementar, no encontrándose diferencias significativas entre las bacterias sometidas a la activación en larvas y aquellas que no tuvieron este tratamiento. Las primeras presentaron una actividad promedio de 44,91%, mientras que para las segundas este valor fue de 42,09%. Igualmente, estas cifras no presentaron diferencias significativas con los valores de actividad biocontroladora de bacterias cultivadas en medios de agar nutritivo (medio control), a las cuales no se les sometió a ninguno de los tratamientos antes mencionados (inoculaciones en larva ni cultivos sucesivos). La actividad promedio de estas últimas fue de 39,69% de mortalidad.

En contraste, la mayor actividad biocontroladora fue observada en bacterias cultivadas en medios de cultivo suplementados con salvado de trigo y homogeneizado de larva. De forma similar, no se encontraron diferencias significativas entre los niveles de actividad de bacterias activadas en larva y aquellas sin dicho tratamiento. No obstante, los niveles de actividad biocontroladora alcanzados en estos ensayos sí presentaron diferencias estadísticas con las obtenidas en los medios de agar nutritivo sin suplementar. Cuando las bacterias crecieron en medio de cultivo con homogeneizado de larva, presentaron valores de actividad de 54,20% y 53.35% de mortalidad, según si habían sido activadas o no en larvas respectivamente. De otra parte, aquellas que crecieron en medios con salvado de trigo mostraron niveles de actividad de 56,92% y 54,81% de mortalidad, para bacterias activadas y no activadas respectivamente.

Es importante destacar que en las determinaciones de la actividad enzimática de los extractos se presentaron diferencias significativas entre la actividad de *S. marcescens* cultivada en medio con homogeneizado de larva y la obtenida cuando la bacteria creció en medio con salvado de trigo. Sin embargo, cuando la bacteria creció en estos dos medios suplementados, no se observaron diferencias estadísticas en las actividades biocontroladoras. Esto indica que las diferencias estadísticas encontradas entre las actividades enzimáticas para estos dos medios, no fueron relevantes al momento de evaluar la actividad biocontroladora de *Serratia marcescens*.

of N-acetilglucoseaminidase, Chymoelastase protease and ß-esterase was determined. Five bacterial successive cultures were performed and in each one mentioned activities were evaluated. Both, the type of supplemented media and the bacterial successive growing in these media had an effect over the enzymatic and biological control activities; which showed a pronounced increase during the third culture. The most intense biological control activity of *S. marcescens*, submited or not to larvae activation, which were 65% and 64% mortality rate respectively, were obtained when it grew in bran wheat supplemented media, followed by 58% and 59% mortality rate respectively, when it grew in larvae homogenate supplemented media. This values showed a significant difference with the activity value obtained when *S. marcescens* grew in non-supplemented media (48,5%). A positive correlation was determined between N-acetilglucoseaminidase, Chymoelastase protease and the biological control activity of *S. marcescens*, which suggests that these enzyme's activities can be related with the action mechanism of this bacterium.

Key words: Entomopathogenic bacteria. Action mode. Enzymes.

Introducción

Entre las bacterias entomopatógenas y específicamente dentro del género Serratia existen especies asociadas a insectos, tales como *S. marcescens*, *S. liquefaciens*, *S. plymuthica* (Ewing y Martín 1981), *S. marinorubra*, *S. entomophila* y *S. proteamaculans* (Gray, 1998). Aunque, los estudios para caracterizar el proceso de infección son muy escasos, algunos reportes han propuesto que las enzimas quitinasas y proteasas, producidas por estos microorganismos, son determinantes para su patogenicidad y virulencia (Gooday 1994). Dichas enzimas participan activamente en la degradación de las células epiteliales del intestino medio, lo cual facilita el acceso del entomopatógeno al hemocele. Sin embargo, pocos son los estudios *in vivo* que relacionan esto con su capacidad biocontroladora.

En general, la actividad de las enzimas puede estar condicionada a ciertos factores externos como la composición química del medio. Conforme a esto, al adicionar sustratos cuticulares de insectos al medio, se estimula a las bacterias con una fuente de nutrición específica que les confiere un incremento en su capacidad biocontroladora de plagas entomológicas (Flach *et al.*, 1992; Sampson y Gooday, 1998). Este fenómeno biológico se debe posiblemente a la activación, por parte del sustrato, de sistemas enzimáticos específicos determinantes para la actividad insecticida de los microorganismos (Lane y Trinci 1991). Otro factor externo importante involucrado en el incremento o disminución de la patogenicidad de las bacterias es, al parecer, su sometimiento a crecimientos sucesivos (Gonzáles *et al.*, 1999). Hasta el momento, sin embargo, este factor no ha sido estudiado para el caso de las bacterias entomopatógenas.

Teniendo en cuenta los factores ya mencionados y a fin de esclarecer algunos de los mecanismos enzimáticos específicos de la bacteria *Serratia marcescens*, la presente investigación pretende evaluar el efecto que producen inoculaciones sucesivas de *Serratia marcescens* en larvas de *Tecia solanivora* sobre la actividad enzimática y capacidad biocontroladora de este microorganismo. Igualmente, busca evaluar estos mismos parámetros en cepas bacterianas sometidas a crecimientos sucesivos en medios de cultivo suplementados o no con potenciales inductores de virulencia, tales como salvado de trigo y homogeneizado de larva de polilla

Efecto de diferentes condiciones de cultivo sobre la actividad enzimática y entomopatógena de *Serratia marcescens* en *Tecia solanivora*

Alba Marina Cotes[1], *Carlos Felipe Bosa*[2]

Resumen

Se estableció un modelo para evaluar, por un lado, el efecto que producen inoculaciones sucesivas de la bacteria *Serratia marcescens* en larvas de *Tecia solanivora* sobre la actividad enzimática y capacidad biocontroladora de este microorganismo. Por otro lado, estos mismos parámetros se evaluaron en cepas bacterianas sometidas a crecimientos sucesivos en medios de cultivo suplementados o no con potenciales inductores de virulencia, tales como salvado de trigo y homogeneizado de larva de polilla. Ambos tipos de ensayos se evaluaron en cinco cultivos sucesivos.

Las enzimas seleccionadas para evaluar la actividad enzimática de las bacterias fueron la N-acetilglucosaminidasa, la Quimoelastasa proteasa PR-1 y la ß-esterasa.

En general, tanto el tipo de sustrato adicionado al medio como los crecimientos sucesivos de la bacteria afectaron su actividad enzimática y biocontroladora, observándose incrementos en estos parámetros en el tercer cultivo. Las mayores actividades biocontroladoras de *S. marcescens* sometida o no a la activación en larvas, correspondientes al 65% y 64% de mortalidad respectivamente, se obtuvieron cuando creció en medio con salvado de trigo. De manera similar, las bacterias cultivadas en medio suplementado con homogenizado de larva presentaron un nivel de actividad biocontroladora del 58% y 59% de mortalidad respectivamente. Estas cifras fueron significativamente diferentes a la obtenida cuando la bacteria creció en medio sin suplementar (48,5%).

A su vez, se encontró una correlación positiva entre los niveles de actividad, tanto de la N-acetilglucosaminidasa como de la Quimoelastasa proteasa PR-1, y la capacidad biocontroladora de *S. marcescens*. Ello sugiere que la actividad de estas enzimas puede estar relacionada con el mecanismo de acción de las bacterias entomopatógenas del género Serratia.

Palabras clave: Bacterias entomopatógenas. *Serratia marcescens*. *Tecia solanivora*. Modo de acción. Enzimas.

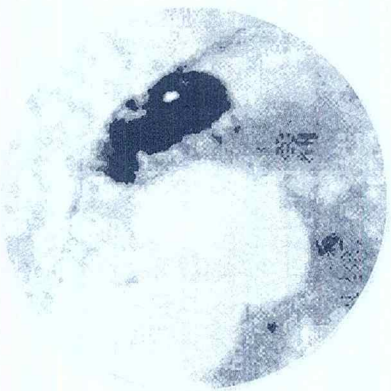
Effects of different culture conditions over enzymatic and entomopathogenic activity of *Serratia marcescens* in *Tecia solanivora*

Summary

A model was established to evaluate the effect that, over the enzymatic and biological control activity of *Serratia marcescens*, has successive inoculations in larvae of *Tecia solanivora* and their successive growing in bran wheat and larvae homogenate supplemented media. The *S. marcescens* biomass produced in this media was evaluated for its biological control activity against larvae of the insect and enzymatic extracts were prepared, to which the enzymatic activity

[1] Bioquímica, Ph.D., Investigadora del Laboratorio de Control Biológico del Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas MIP, Corpoica-Tibaitatá. AA. 240142, Bogotá, D.C. Correo electrónico: acotes@corpoica.org.co

[2] I.A., Investigador del Laboratorio de Control Biológico del Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas MIP. Correo electrónico: fbosa@corpoica.org.co



Control biológico en el manejo integrado de *Tecia solanivora*

A pesar de que no existe ninguna prueba estadística para verificar dichos supuestos, esto se realiza analizando la estructura de correlación presente en los semivariogramas univariados, al mismo tiempo que pueden verificarse el supuesto de isotropía. Además del conocimiento cualitativo de las variables estudiadas, se puede realizar un análisis univariado de la media y la varianza en diferentes direcciones.

Estacionaridad fuerte o de segundo orden: sea {*Z(x)*: x Î D Ì Rm}una función aleatoria definida en un dominio D contenido en Rm (generalmente una variable medida en la superficie de una región). Se dice que *Z(x)* es estacionario de segundo orden si:

E[*Z(x)*] = m, m Î R, "x Î Rm, es decir, media constante, que no depende de x

Cov [*Z(x+h) Z(x)*] = C(h) < ¥, existe y solo depende del vector h (distancia Lag) de separación

C(h) = E[*Z(x+h)* m][*Z(x)* m]

Isotropía: indica que la dependencia (correlación) espacial de la variable se encuentra en todas las direcciones. Si los parámetros de los diferentes modelos de semivariogramas anisotrópicos son iguales o muy parecidos, se puede estar hablando de isotropía u omnidireccionalidad.

Proceso estocástico: es una colección de variables aleatorias indexadas, esto es, para cada x en el conjunto de índices D, *Z(x)* es una variable aleatoria. También se puede decir que, a cada punto x_0 del espacio le corresponde una variable aleatoria $Z(x_0)$. Una condición de estabilidad que se presenta en varios fenómenos dinámicos, es que la dependencia entre las observaciones esta sujeta al intervalo entre ellas y no al origen considerado. El proceso estocástico esta dado conceptualmente teniendo en cuenta que cada dato obtenido es un valor particular de todos los posibles en dicho punto y que definen la distribución de la variable analizada. Para poder estimar las características "transversales" del proceso (medias, varianzas, etc.) a partir de su evolución "longitudinal" es necesario suponer que las propiedades "transversales" (distribución de la variable en cada punto) son estables en el tiempo. Esto conduce a los conceptos de estacionaridad.

Variable regionalizada: Es una variable distribuida en el espacio y que presenta una estructura de correlación espacial y/o temporal. Esta variable se puede definir como un proceso estocástico, con dominio contenido en el espacio euclidiano m-dimensional Rm, {Z (x): x Î D Ì Rm}. Si m = 2, Z(x) puede asociarse a una variable medida en un punto x del plano.

Variografía: es el cálculo e interpretación de variogramas. Una regla estadística en la construcción de modelos de variogramas consiste en que cada distancia Lag debe ser representada por lo menos con 30 a 50 pares de puntos para que exista mayor precisión en cada distancia.

FLÓREZ, E. 2001. Manejo integrado de plagas para sitios específicos en cultivos de alto valor comercial: aplicación de la estadística espacial al manejo de las poblaciones de trips en el cultivo del bananito (*Musa acuminata* Colla, clon bocadillo). Tesis de Maestría en Fitoprotección Integrada. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Bogotá.

FLÓREZ, E.; CORREDOR, D. 2000. Análisis espacial de las poblaciones de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) en un cultivo de fresa bajo cubierta como soporte en las decisiones de manejo integrado de plagas. *Agronomía Colombiana. Vol XVII. No. 1-3.*

HERNÁNDEZ, G.; HUERTAS, G. 1988. Evaluación geoestadística de los depósitos de carbón en el sector de Sarahita, Cerrejón zona central departamento de la Guajira (Col). Tesis de grado. Departamento de Geociencias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. pp. 166.

SHAROV, A. 1996. Quantitative population ecology. En: http://www.ento.vt.edu/~sharov/popechome/refemce.html#lectures.

WEISZ, R.: FLEISCHER, S.; SMILOWITZ, Z. 1995. Site-specific integrated pest management for high-value. Crop: Sample units for map generation using the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) as model systems. Journal of Economic Entomology. 88 (5): 2.069-1.080.

ANEXO. CONCEPTOS BÁSICOS Y SUPUESTOS DE LA GEOESTADÍSTICA

Anisotropía: propiedad de las variables, en especial las biológicas, que consiste en una dependencia espacial en direcciones especificas; se comprueba cuando los semivariogramas direccionales son distintos. Debe tenerse en cuenta que la presencia de anisotropía puede indicar que Z sea no estacionaria e inclusive no intrínseca.

Autocorrelación espacial: es la correlación de una variable con ella misma a varias distancias de separación y direcciones.

Distancia Lag: distancia que se encuentra entre la ubicación $Z(x)$ y $Z(x+h)$.

Estacionaridad: condición que está basada en el supuesto según el cual los valores en un juego de datos representan la misma población estadística. Esto significa que la propiedad medida es estable o estacionaria sobre el área medida. La estacionaridad es requerida para asegurar que la correlación espacial pueda ser modelada con una función apropiada. Matemáticamente, se supone que el valor esperado de la diferencia entre dos variables aleatorias es cero.

Estacionaridad débil o hipótesis intrínseca: Se dice que $Z(x)$ es estacionario débil si:

$E[Z(x+h)\ Z(x)] = 0$, media estacionaria en los incrementos.

$Var[Z(x+h)\ Z(x)] = 2\,g(h)$

$g(h) = ½\, E\{[Z(x+h)\ Z(x)]2\}$, se denomina semivariograma

Generalmente se trabaja bajo este supuesto, el cual solo requiere estacionaridad para los incrementos $Z(x+h)\ Z(x)$ y además facilita la inferencia sobre la estructura de correlación espacial para una muestra dada debido al supuesto de la media.

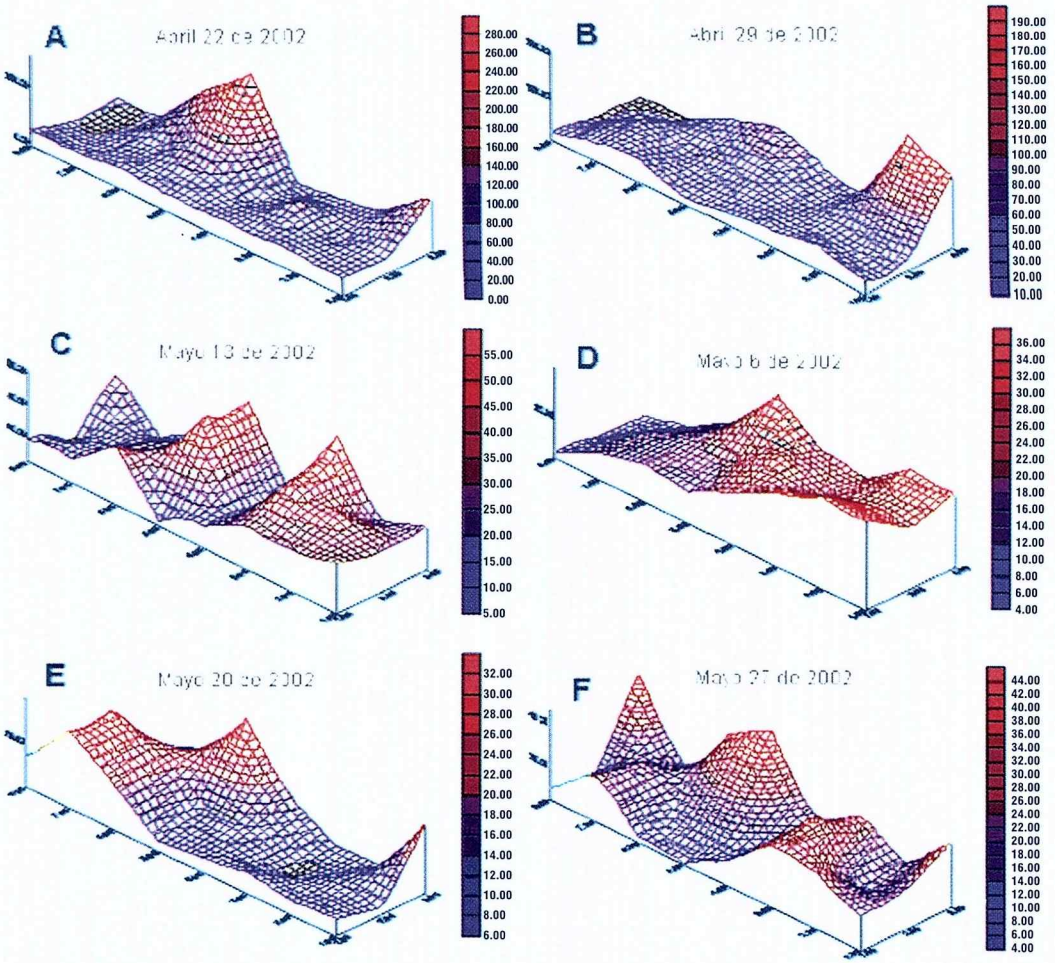


Figura 3. Mapas de alta resolución para machos de *T. solanivora*. Análisis geoestadístico para capturas de *T. solanivora* (2002). A) Fecha 1, B) Fecha 2, C) Fecha 3, D) Fecha 4, E) Fecha 5 y F) Fecha 6.

Referencias

ALEONG, J.; PARKER, B.; SKINNER, M.; HOWARD, D. 1991. Analysis of thrips distribution: Application of spatial statistics and kriging. *En*: Towards Understanding Thysanoptera. Ed. B. Parker, M. Skinner, T. Lewis. pp. 213-230. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. NE 147.

CRESSIE, N. 1989. Geostatistics. The American Staticians. 43 (4).

DARNELL, S.L.; MEINKE, L.; YOUNG, L.; GOTWAY, C. 1999. Geostatistical investigation of the small-scale spatial variation of western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) adults. Environmental entomology 25 (2): 266-274.

ELLSBURY, M.; CLAY, C.; FLEISCHER, S.; CHANDLER L.; SCHENEIDER, S. 2000. Use of GIS/GPS systems in IPM: Progress and reality. *En*: Emerging technologies for integrated pest management. Concepts, research and implementation. APS Press. North Carolina. pp. 419-438.

Tabla 1. Modelos y parámetros de las fechas de muestreo en *T. solanivora*.

Trampa	Columna	Fila	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
1	1	8	46	23	2	17	13	9	3
2	2	8	1	2	0	0	1	3	9
3	3	8	9	4	0	31	4	46	3
4	3	7	17	1	2	3	1	9	8
5	2	7	21	56	21	13	45	22	42
6	1	7	49	47	17	19	39	26	67
7	1	6	67	58	22	41	21	6	41
8	2	6	53	16	20	25	24	13	4
9	3	6	188	55	11	16	14	36	23
10	3	5	324	86	65	57	53	49	40
11	2	5	111	39	10	62	3	19	15
12	1	5	50	18	8	6	4	3	14
13	1	4	55	32	21	17	10	16	51
14	2	4	19	32	45	14	11	8	27
15	3	4	3	53	15	7	15	16	26
16	3	3	25	27	12	63	4	27	11
17	2	3	105	38	13	48	0	39	84
18	1	3	53	43	37	31	16	34	79
19	1	2	59	62	50	30	9	32	53
20	2	2	26	31	23	40	12	12	10
21	3	2	62	219	46	21	1	15	123
22	3	1	181	170	36	31	43	36	76
23	2	1	48	35	16	30	0	23	12
24	1	1	51	33	46	36	12	20	19
		Suma	1623	1180	538	658	355	519	840
		Promedio	67,6	49,2	22,4	27,4	14,8	21,6	35,0
		Efecto nugget	110	129	162	15	127	10.9	
		Silla	7759	2114	485.1	332.4	284.4	189.2	
		Rango	3.01	1.95	4.56	1.178	1.479	1.62	
		P_{Var}	0,986	0.939	0.6	0.955	0.553	0.942	
		R^2	1	0.832	0.916	0	0.810	0.801	
		Rss	1907	22030	390	343	309	54.9	
		Distribución	Agregada	Agregada	Agregada	Agregada	Agregada	Agregada	
		Modelo	Esférico	Esférico	Exponencial	Esférico	Exponencial	Esférico	No ajusta
		Dependencia	Alta	Alta	Media	Alta	Media	Alta	

En las condiciones particulares de este estudio, dicha "acción a distancia" podría ser, como máximo, de 47,1 m para los focos pequeños y de 120,4 m para los focos grandes. Si se descarta la posible influencia del viento sobre el desplazamiento de las polillas macho y se considera que su capacidad de desplazamiento hacia la fuente de feromona es similar para todos los individuos, es posible afirmar que la "acción a distancia" podría estar por debajo de 47,1 m. Esta desventaja de las trampas de feromona con agua jabonosa se presenta solamente en lotes pequeños, ya que en lotes más extensos (a partir de diez hectáreas) el sistema permitiría demarcar adecuadamente los focos de infestación, aunque con cierto grado de imprecisión hacia los bordes.

Finalmente, esta metodología es apropiada para estudios y toma de decisiones de manejo de la plaga por regiones, en donde la región haría las veces de un cultivo grande. Este manejo implicaría un trabajo regional conjunto, en el cual todos los agricultores de la región deberán participar agrupados en un programa comunitario manejado por las UMATAs u otras instituciones.

según esta investigación. Sin embargo, no se descarta que tamaños más pequeños se puedan presentar, ya que no se efectuó un análisis a micro escala; esto indica que muestreos con unidades muestrales erróneas brindarían una información incorrecta acerca de la dependencia espacial y los mapas de alta resolución no servirían para planes de manejo integrado de plagas, elevando con esto el costo y reduciendo la eficiencia del control (Aleong *et al.*, 1991; Flórez, 2001; Cressie, 1989; Darnell *et al.*, 1999)

Las dependencias espaciales pequeñas se observan con el tamaño del foco que se presenta en la figura 3 (A, B, C, D, E, F), específicamente en la columna 3, filas 1, 2, 5 y 6, así como en la columna 2, fila 5. En dichas ubicaciones se observan picos pronunciados de capturas, que ocupan aproximadamente 1,2 trampas. Al observar toda la montaña (picos y ladera), se observan tamaños de foco de 3 trampas aproximadamente. Así mismo, se observa que en estas ubicaciones se encuentran densidades poblacionales persistentes a través del tiempo y que pueden corresponder a focos poblacionales bien establecidos.

Si se pudiera generalizar la estructura espacial que presenta cada población, esta serviría para desarrollar planes de muestreo y para escoger métodos adecuados de cartografía, sin requerir análisis espaciales por fechas de muestreo.

Para propósitos de manejo, las distribuciones de poblaciones de plagas usualmente son consideradas en términos de la densidad promedio por unidad de área, fluctuando a través del tiempo. En realidad, la distribución para malezas, patógenos e insectos es con frecuencia heterogénea o no aleatoria, debido a influencias ambientales. El resultado de ello son distribuciones agregadas, con las cuales es recomendable buscar un sistema confiable y económico de muestreo, que sirva para modelar o desarrollar estrategias de manejo. Hoy en día se cuenta con la capacidad de efectuar decisiones de manejo basadas en el conocimiento de la variación y dependencia espacial, visualizada en mapas, de poblaciones plaga o incidencia de enfermedades que varían en el espacio como en el tiempo. Estos mapas se usan para determinar donde pueden ser aplicadas las medidas de control con máxima efectividad, usando tecnologías de precisión o aplicación de tasas variables (Ellsbury *et al.*, 2000).

Los métodos aquí descritos no están al alcance y conocimiento de cualquier agricultor, pues exigen cierto grado de habilidad en el manejo de los computadores y sus programas. A pesar de que se han aplicado estos métodos en casos aislados de algunos cultivos colombianos, serían de mayor utilidad si los investigadores adquirieran ciertos conocimientos básicos, particularmente sobre el tamaño de foco para el insecto estudiado. Esta sería una información de aplicación directa por parte de los agricultores en el manejo de la plaga estudiada.

Otro factor importante a tener en cuenta es la especificidad hacia los machos de las trampas utilizadas para *Tecia solanivora*. Cabe recordar que la captura de machos no implica necesariamente la presencia de focos reales de la población plaga, cuando se trata de lotes poco extensos. Dependiendo de la capacidad del macho para desplazarse hacia la trampa, es posible capturar individuos masculinos en sitios donde no hay hembras, las cuales indican sin duda alguna la presencia de un foco real de la plaga. Existe entonces una "acción a distancia" de las trampas de feromonas, fenómeno por el cual se capturan machos de *Tecia solanivora* de colonias vecinas, sin que ello indique que la colonia esté localizada en el área adyacente a la trampa.

Para el análisis de los datos se utilizó la técnica del semivariograma, basada en las diferencias en las varianzas de los parámetros regionalizados y separados por una distancia Lag o distancia entre puntos muestrales. La dependencia espacial para las siete fechas de muestreo fue analizada isotrópicamente, pues para el análisis anisotrópico no fueron suficientes las parejas de ubicaciones muestreadas (Ver variografía, Anexo 1).

Los variogramas isotrópicos fueron modelados con el fin de establecer los parámetros de los modelos (nugget, silla y rango) y efectuar la técnica *Kriging*. Para cada una de las fechas se calculó la proporción total de la varianza (Pvar), la cual determina si la densidad poblacional estimada de polillas posee un nivel detectable de dependencia espacial. Esta se expresa con la formula Pvar = (silla nugget) / silla, y debe presentar valores superiores a 0,5% o 50%.

Resultados y discusión

Se observaron seis fechas de distribuciones espaciales agregadas; sólo la fecha 7 no se ajustó al modelo, por lo cual se descartó para el análisis del tamaño del foco. Esta fecha no se ajustó debido a que el efecto nugget (error de muestreo) fue alto y el rango de dependencia espacial se presentaba más grande que el área de muestreo, indicando que el tamaño del foco tenía un tamaño superior a los 22.400 m^2. Esta interpretación se hizo de acuerdo con lo reportado por Weisz *et al.* (1995), quien trabajó con *Leptinotarsa decemlineata* en papa y encontró algunos muestreos que presentaba efectos nugget altos, los cuales asoció a errores de muestreo.

El mejor modelo para caracterizar la población de *T. solanivora* en estos muestreos fue el esférico, ya que se presentó en 5 de las 6 fechas. El mejor ajuste (R^2) lo presentó el modelo esférico en la fecha 1. Por otro lado, el único muestreo que no presentó ajuste fue el muestreo 4, pero presentó una suma de cuadrados residuales (SCR) baja (Tabla 1). En términos generales, los ajustes de todos los modelos fueron adecuados para el análisis. La selección de un determinado modelo se efectúa dependiendo del análisis de: (a) Pvar, la cual debe ser alta, (b) R^2, el cual debe ser alto y (c) SCR, la cual debe ser baja. Este último parámetro es uno de los más importantes al elegir un modelo.

Los valores de efectos nugget fueron bajos en todos las fechas de muestreo, aunque se observa una tendencia a aumentar a medida que disminuyen las poblaciones promedio de polillas (Tabla 1), lo cual indica que la modelación y predicción mediante el método de *Kriging* debe ser manejada con cuidado en trabajos con densidades poblacionales bajas (Flórez, 2001 y Weisz *et al.*, 1995, quienes trabajaron con poblaciones de trips y del escarabajo de la papa, respectivamente).

Se presentaron valores altos de dependencia espacial, que oscilaron entre 0,55 y 0,98, lo que significa que los datos poseen dependencias espaciales (Pvar) elevadas o niveles de correlación altos. Las dependencias espaciales más altas se encontraron para las fechas 1, 2, 4 y 6 (Tabla 1). El tamaño del foco, explicado como la dependencia espacial (Pvar) a través de la distancia rango, osciló entre 1,17 y 3,01 trampas o 47,12 y 120,4 m (Tabla 1). En la fecha 4 se observó que la proporción de variabilidad explicada por el modelo es alta y corresponde a una distancia entre trampas de 47,12 m o 1,17 trampas. Esto significa que 1,17 trampas explican en un 95% la variabilidad de la poblacion de machos de *T. solanivora*, por lo cual serían necesarias aproximadamente 4 trampas por hectárea para detectar, con una precisión del 95%, tamaños de focos o dependencias espaciales de 47,12 m. Por esta razón, el tamaño mínimo del foco con promedios bajos de captura de machos (27 individuos) es de 47,12 m. Para tamaños más grandes de foco (120,4 m, fecha 1) con promedios de captura más altos (68 individuos), se pueden colocar aproximadamente 0,7 trampas por hectárea, con una variabilidad espacial explicada en el 98%

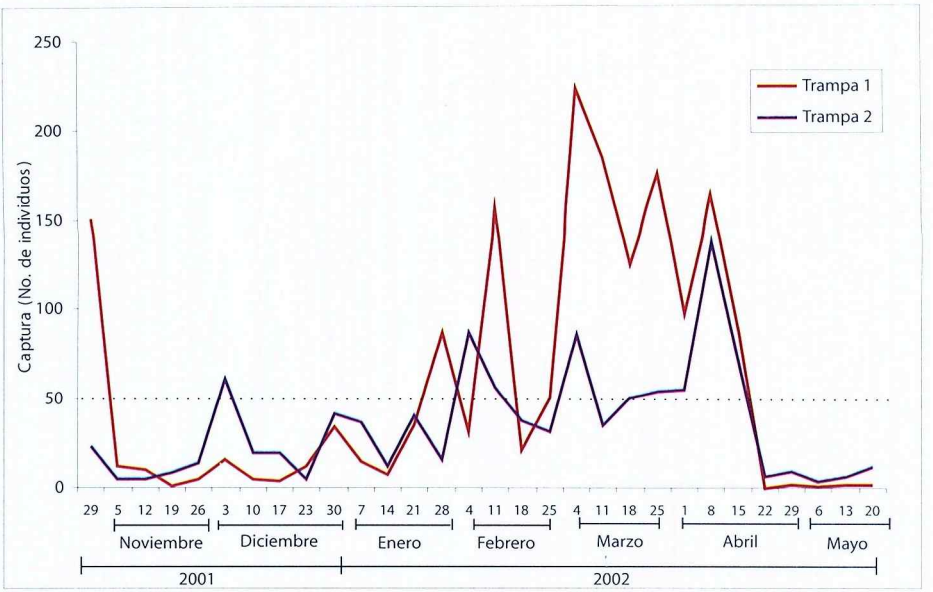


Figura 4. Captura de *T. solanivora* en dos lotes comerciales de papa, Vereda Guangüita Alto. Agricultor: Pedro Ballén, Municipio de Villapinzón

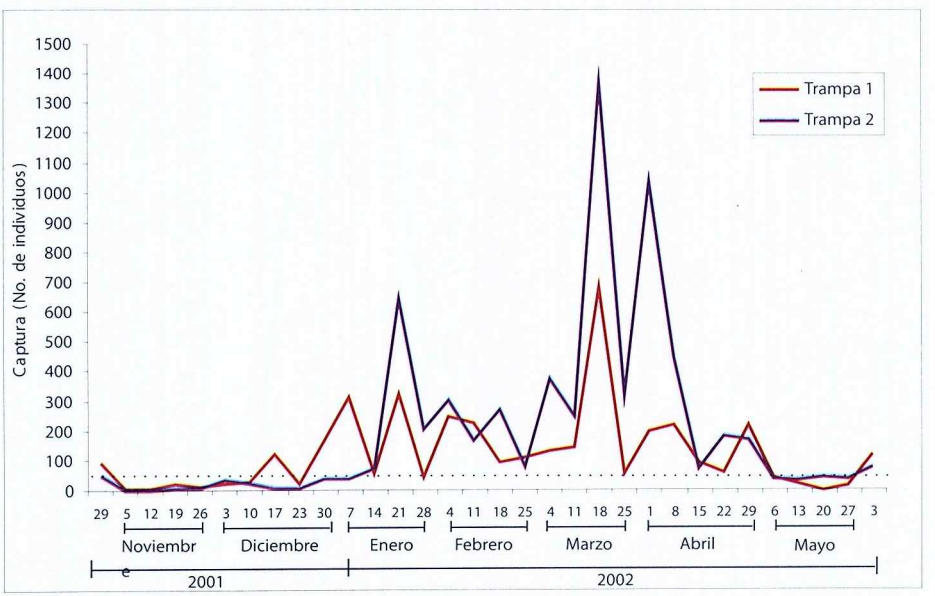


Figura 5. Captura de *T. solanivora* en dos lotes comerciales de papa, Vereda Guangüita Alto. Agricultor: Tomas, Municipio de Villapinzón.

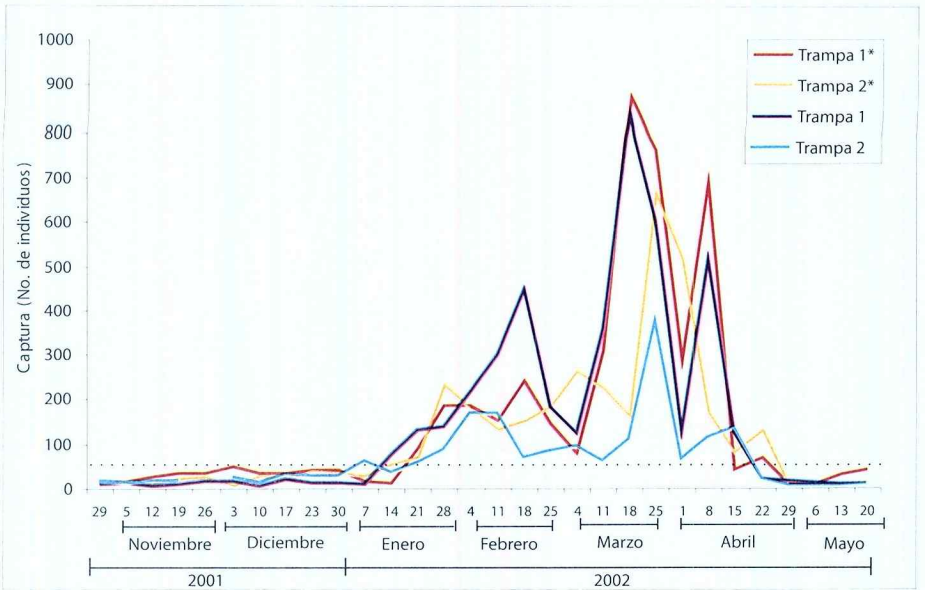


Figura 6. Captura de *T. solanivora* en un lote comercial de papa, Vereda Salitre. Agricultor: Ramón, Municipio de Villapinzón.

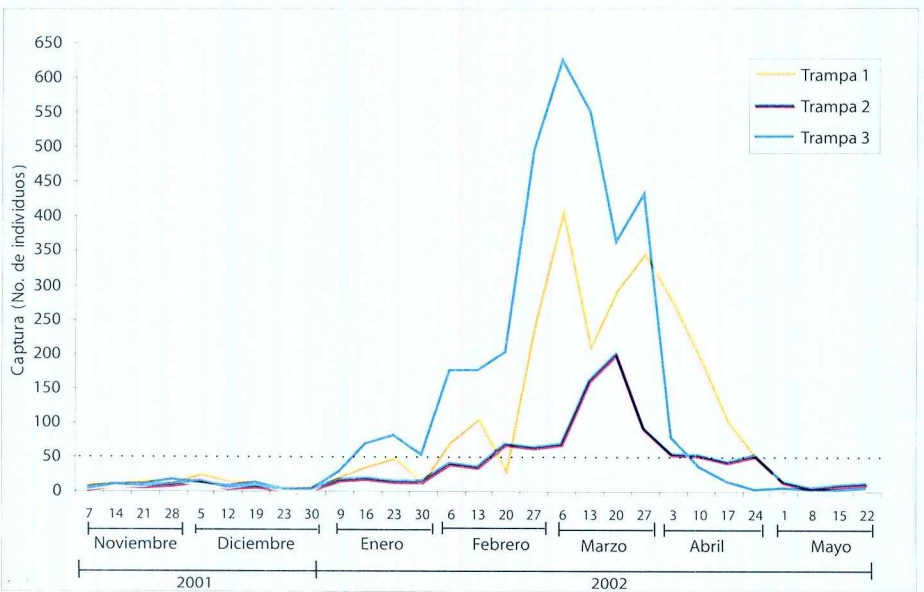


Figura 7. Captura de *T. solanivora* en tres lotes comerciales de papa, Vereda San Pablo. Agricu!tor: C. Pedraza, Municipio de Villapinzón.

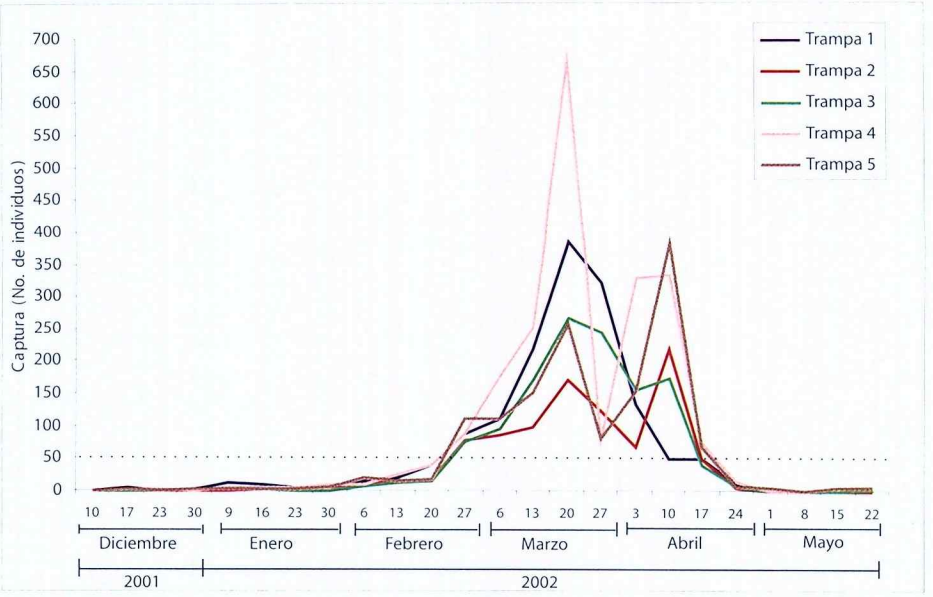


Figura 8. Captura de *Tecia solanivora* en el lote comercial experimental de papa, Vereda San Pablo. Municipio de Villapinzón.

El período de siembra en la región, que tiene lugar entre los meses de Enero y Febrero, e incluso Marzo para algunos agricultores que siembran tardíamente en las dos primeras semanas de este mes, corresponde al período de cosecha; en efecto, en este período de dos meses y medio la mayoría de los agricultores de la región cosechan y siembran nuevamente sus lotes de papa. Durante este período se presentó un aumento constante en las capturas de adultos de la polilla guatemalteca, con una caída abrupta entre la tercera y cuarta semana de Abril.

En la región estudiada se utilizan tres o cuatro aplicaciones calendario contra la polilla guatemalteca; en cualquiera de los dos esquemas empleados, la última aplicación se realiza en los 100 días posteriores a la siembra. Desde esta fecha hasta la cosecha, esto es, en el período comprendido entre los 100 y los 180 días posteriores a la siembra de papa variedad parda pastusa, los agricultores no llevan a cabo ningún tipo de manejo dirigido a regular las poblaciones de *T. solanivora*; este período corresponde a la época en la cual se registran las capturas más altas de la polilla, como se muestra en las gráficas.

En ausencia de prácticas agronómicas para regular el tamaño de población de la polilla, cabe preguntarse cuál es la causa de la caída abrupta de las poblaciones de *T. solanivora* en la tercera y cuarta semana de Abril. Aparentemente, el factor clave regulador de la población es la cosecha, la cual se comportaría como una práctica de control mecánico que elimina una fracción significativa de la población de *T. solanivora*. Los últimos lotes son cosechados, a más tardar, a fines de la época seca a mediados del mes de marzo. Las últimas larvas que salen de los tubérculos y entran en estado de pupa antes del momento de la cosecha, a mediados de Marzo, cumplen su ciclo cuatro a cinco semanas después.

Al analizar cuidadosamente las gráficas de la fluctuación poblacional de *T. solanivora* en la región y considerando la noción, común entre los agricultores y aceptada por algunos investigadores (Hernández-Fajardo y León-Varela, 1998; Ñústez *et al.*, 1998), del efecto de la precipitación y la alta humedad como factor regulador de las poblaciones de la polilla, se puede concluir que la relación entre lluvia y tamaño de población, muy probablemente errónea, se deriva del registro de *poblaciones bajas después de las cosechas, lo cual coincide con el período de lluvias.*

El umbral nominal de 50 adultos / trampa x semana es adecuado, siempre y cuando se realice un seguimiento constante de las trampas. Según lo observado en la región, las aplicaciones calendario contra la polilla guatemalteca se efectúan en etapas en las cuales la captura de adultos de *T. solanivora* no sobrepasa el umbral; cuando la población se incrementa por encima de este umbral y se mantiene en niveles altos, los agricultores no ejercen ninguna medida de protección (en el período de 100 a 180 días después de la siembra). Sin embargo, los daños causados por *T. solanivora* en todos los lotes comerciales estudiados no fueron altos, sino por el contrario, se encontraron menos del 1% de los tubérculos dañados; este hecho se podría explicar debido a la presencia de focos en áreas relativamente pequeñas y al poco desplazamiento de los adultos hembras de la polilla. El desplazamiento relativamente grande de los adultos machos, desde el lote monitoreado y lotes vecinos hacia las trampas de feromonas, puede estar generando la falsa idea de focos o parches de población grandes en áreas donde no los hay. La trampa No. 2 del agricultor Pedro Ballén, localizada en un lote de pastos con cultivos de papa en el vecindario, mostró las mismas tendencias poblacionales de las trampas vecinas en lotes de papa. Este umbral nominal de 50 adultos / trampa x semana debe estar acompañado, en lo posible, de la ubicación cartográfica de las zonas donde se presentan ataques de la polilla, con el fin de otorgar mayor precisión en las aplicaciones y poder reducirlas únicamente a las áreas infestadas; el empleo de datos históricos del lote constituye una buena guía para realizar esta labor.

Con las actuales fechas calendario para la aplicación de insecticidas (siembra, deshierba, aporque y floración) contra *T. solanivora* y la alta captura de adultos de la plaga en el período de los 100 a los 180 días, es muy difícil evaluar la eficiencia de los compuestos químicos utilizados por los agricultores mediante la determinación de los daños a los tubérculos después de los 180 días de cultivo (al momento de la cosecha). Sólo mediante la observación de la presencia de larvas y daños de *T. solanivora* al terminar el período residual del insecticida usado se podría llevar a cabo una correcta evaluación de los compuestos empleados para el control de *T. solanivora*.

Proponemos un modelo poblacional, extendido a un año-papa, que se iniciaría con las primeras siembras y se desarrollaría por dos semestres para terminar con las últimas cosechas del segundo semestre; este año-papa tomaría aproximadamente 64 semanas. El modelo poblacional que se propone (Figura 9) se elaboró a partir de 32 semanas de datos reales (del agricultor Tomás), los cuales fueron duplicados para tener un total de 64 semanas. Este modelo poblacional cualitativo explica cómo cambian las poblaciones de *T. solanivora* durante dos cosechas continuas de papa en la región de Villapinzón, así como la influencia tan marcada de la cosecha en la fluctuación de la población de la plaga. Cosechas tardías, en espera de, por ejemplo, mejores precios del producto, favorecerían la permanencia por más tiempo de poblaciones altas de la polilla guatemalteca. Así mismo, las cosechas y siembras tardías expondrían la papa de estos productores a un mayor riesgo debido a la mayor probabilidad de exposición a poblaciones más altas. El abandono de los cultivos de papa que presentan ataques muy fuertes de la polilla y cosechas que dejan muchos tubérculos

de residuo infestados en el campo, alterarían este modelo y extenderían de forma peligrosa la presencia de altas poblaciones de *T. solanivora*. En áreas donde no existan fechas de siembra definidas y se coseche papa de manera permanente, no se presentarían estos brotes poblacionales tan marcados y las altas poblaciones se extenderían en el tiempo.

Hacia el futuro, sería aconsejable buscar nuevas formas de evaluación de las poblaciones de la polilla guatemalteca, que puedan ser adoptadas con mayor facilidad por parte de todos los agricultores, especialmente los pequeños productores. El sistema de captura de machos con trampas de feromonas y agua jabonosa se puede ajustar muy bien a productores con grandes áreas de cultivo, esto es, de unas diez hectáreas en adelante. Cultivadores de áreas pequeñas, esto es la mayoría, necesitan formas más confiables y predecibles de monitoreo que les permitan tener mayor precisión para la localización espacial de focos de *T. solanivora* en pequeños lotes de cultivo; la utilización de trampas de feromonas que capturen hembras de *T. solanivora* (una mezcla de E(3) dodecenyl acetato y Z(3) dodecenyl acetato) podría constituir una alternativa en este caso.

Finalmente, es necesario integrar diferentes medidas de control en la etapa de 100 a 180 días después de la siembra, por ser esta la etapa de mayores picos poblacionales y mayores riesgos de daños en los tubérculos. Medidas de control cultural, mecánico, biológico y legislativo deben ser articuladas a las formas de control ya existentes. Resultaría interesante evaluar, por ejemplo, la estrategia de interferencia del apareamiento (*mating disruption*) propuesta para los pequeños agricultores de Costa Rica, mediante el empleo de 2, 4, 8 y 16 trampas de feromona por hectárea (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, 1988). Sólo con un enfoque integral de todas las estrategias disponibles de control se podría detener el avance de este insecto cuyo mal manejo puede llevar a la ruina a los cultivadores de papa.

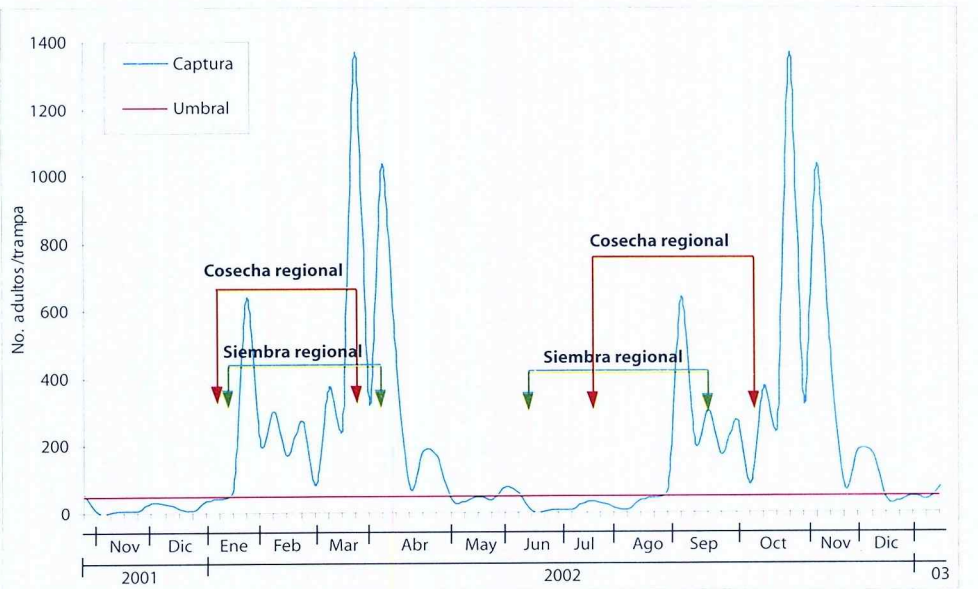


Figura 9. Modelo poblacional para *T. solanivora* proyectado a 64 semanas (29/10/01 03/01/03)

Referencias

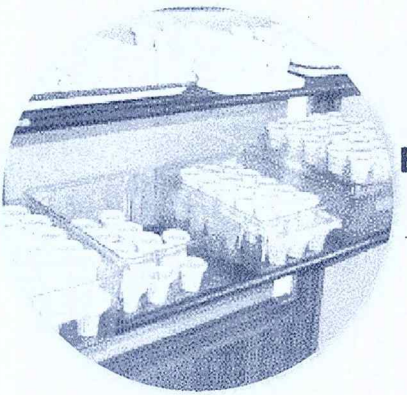
CORREDOR, D. 1995. Muestreo de insectos plaga y establecimiento de umbrales de acción en la floricultura colombiana. ASOCOLFLORES. Simposio Internacional "El manejo integrado de plagas y enfermedades en floricultura". Bogotá, Colombia. p. 16-24.

HERNÁNDEZ FAJARDO, L.; LEÓN VARELA, A. 1998. Dinámica poblacional y comportamiento de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny) en el municipio de Ventaquemada. En Conclusiones y memorias del taller "Planeación estratégica para el manejo de *Tecia solanivora* en Colombia". Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. pp. 36-37.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA DE COSTA RICA. 1988. Manejo adecuado de las feromonas de la polilla de la papa. Subdirección de Investigaciones Agrícolas. Departamento de Entomología. San José, Costa Rica. Boletín divulgativo No. 90. 13p.

ÑÚSTEZ, C. E.; ALVAREZ, D. F.; BARANDICA, L.; GÓMEZ, C. A.; A. NARANJO y H. T. DUSSAN. 1998. Evaluación de la dinámica poblacional de machos de *Tecia solanivora* en un lote comercial de papa variedad Diacol Capiro. En: Conclusiones y memorias del taller "Planeación estratégica para el manejo de *Tecia solanivora* en Colombia". Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. p. 46-48.

POSTON, F. L.; PEDIGO, L. P.; S. M. WELCH, S.M. 1983. Economic injury levels: reality and practicality. Bull. Ent. Soc. Amer. 29:49-53.



Biotecnología y mejoramiento en el manejo de *Tecia solanivora*

Transformación de papa criolla (*Solanum phureja*) variedad "yema de huevo" con un gen que codifica para un inhibidor de proteasas derivado del pomelo (Citrus x Paradisi)

Alejandro Chaparro[1], *Xiomara Helena Sinisterra*[2], *Omar Camilo Quintero*[3], *Janneth Fabiola Santos*[3]

Resumen

En el presente trabaja se plantea el uso de una nueva estrategia para el control de *Tecia solanivora*, por medio de la transferencia de genes que codifican para proteínas insecticidas al genoma de *S. phureja*, mediada por *Agrobacterium tumefaciens*. El gene que se quiere transferir se ha aislado y caracterizado de los frutos del pomelo (Citrus X Paradisi) y codifica para un inhibidor de proteasas, tipo miraculina, que actúa sobre tripsinas y quimiotripsinas. Inicialmente se desarrolló una construcción quimérica colocando el gene de interés bajo el comando de un promotor duplo 35S, derivado del CaMV (Virus del mosaico del coliflor), y se incluyó el gene *man A1*que codifica para fosfo-manosa-isomerasa y es utilizado como marcador de selección. La construcción quimérica fue introducida en el plásmido pNOV022, con el cual se transformó la cepa LBA4404 de *A. tumefaciens*, mediante el uso de la técnica de choque térmico. Por otro lado, se adelantaron estudios para determinar los medios y condiciones para obtener regeneración de plántulas a partir de discos de tubérculo (0,5 cm de diámetro x 0, 1 cm de grosor). Finalmente, se realizaron ensayos de cocultivo entre los discos de tubérculo de *S. phureja* y la cepa LBA4404 transformada, a partir de los cuales se espera obtener plántulas transgénicas para establecer clones que serán caracterizados molecularmente antes de ser sometidos a pruebas para determinar los niveles de resistencia ante el ataque de *T. solanivora*.

Palabras clave: Biotecnología. Papa. Transformación.

Transformation of the "Criolla" Potato (*Solanum phureja*) "egg yolk" variety with a gene that codifies a grapefruit (Citrus x Paradisi) derived protease inhibitor

Summary

This study defines a new strategy to control *Tecia solanivora*, by transfering genes that codify insectizide proteins to the *S. phureja* genome, with the use of *Agrobacterium tumefaciens*. The gene to be transferred has been isolated and characterized from grapefruits (Citrus x Paradisi) and codifies a miraculine type protease inhibitor, which acts upon trypsin and chymotrypsin. Initially, a chimerical construction was developed by locating the gene of interest under the duplo 35S promoter control, which derives from CaMV (Cauliflower Mosaic Virus). Additionally, a *man A1* gene, which codifies a fosfo-manose-isomerase, was included to be used as a selection marker. This construction was introduced to the pNOV022 plasmid and used to transform the *A. tumefaciens* LBA4404 strain by the heat shock technique. At the same time, culture conditions and media were assayed to obtain shoot regeneration using tuber disc explants (0,5cm diameter x

[1] I.A., Ph.D., Profesor del Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Correo electrónico: chapagir@yahoo.com
[2] Microbióloga, Ph.D., Fitopatología. Investigadora del Departamento de Agricultura de los EstadosUnidos USDA .
[3] Estudiantes de Biología, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia

0,1cm thick). Finally, coculture assays were performed between *S. phureja* tuber discs and LBA4404 transformed strain, from which transgenic plantules are expected. Clones of this plantules will be obtained and molecularly characterized before being submitted to *Tecia solanivora* resistance assays.

Key words: Biotechnology. Potato. Transformation

El uso de tecnologías convencionales para el control de la plaga de la polilla guatemalteca en la papa, tales como rotación de cultivos, uso de insecticidas, mejoramiento genético, controladores biológicos, no ha resuelto aún el problema. Una tecnología que no se ha explorado y que puede ofrecer soluciones parciales al problema es la utilización de plantas transformadas con genes que confieren resistencia a insectos.

Una de las alternativas ofrecidas hoy en día por la biotecnología, es la transformación de plantas con genes que confieran resistencia a insectos. Entre las estrategias usadas en el contexto de la ingeniería genética de plantas se encuentran los genes inhibidores de proteasas (IP), los cuales han mostrado resultados importantes en el control de insectos.

En este proyecto se busca transformar papa criolla (*Solanum phureja*) variedad Yema de Huevo con un gen que codifica proteínas inhibidoras de proteasas; este gen proviene del cítrico (Citrus x Paradisi) y fue cedido por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

La transformación se está llevado a cabo usando la técnica de cocultivo de discos de tubérculos con la cepa LBA4404 de *Agrobacterium tumefaciens*, que contiene la construcción quimérica 35S-IP-35S (el promotor del gen 35S del virus del mosaico del coliflor, la secuencia codificadora del IP y la secuencia terminal del gen 35S del virus del mosaico del coliflor) y el gen marcador de selección *man A* que codifica para una isomerasa de la manosa-6-fosfato, PMI (*phosphomannose isomerase*) bajo el control de la secuencia promotora y terminadora, UBQ3 y NOS respectivamente. El plásmido pNOV022 donado por el USDA, que contiene la construcción antes mencionada, fue introducido mediante la técnica de choque térmico en las cepas DH5 a de *E. coli* y LBA4404 de *A. tumefaciens*. Las plantas que expresan el gen *man Ai*, pueden crecer en medios que contengan manosa; adicionalmente se realizan pruebas que permitan seleccionar transformantes de papa sin la ayuda de genes marcadores de selección, mediante la técnica molecular de PCR.

Por otra parte, se busca desarrollar los sistemas de cultivo de tejidos para obtener plántulas completas regeneradas a partir de discos de tubérculos, establecer los medios y condiciones para transformar el genoma de papa criolla mediante el uso de *A. tumefaciens* y caracterizar los clones transgénicos obtenidos mediante el uso de las técnicas de PCR.

Este proyecto contribuye al desarrollo de técnicas para la obtención de variedades de explotación agrícola en Colombia resistentes a insectos plaga. El proyecto se lleva a cabo en el laboratorio de Biología Molecular y en un nuevo cuarto de crecimiento de cultivo de tejidos del Departamento de Biología de la Universidad Nacional, Sede Bogotá.

Para obtener plántulas completas a partir de los explantes se tomaron tubérculos de papa criolla variedad yema de huevo, y se sometieron a un proceso de desinfección. Luego se obtuvieron los discos (explantes) que se utilizaron para el cocultivo y los diferentes tratamientos de regeneración.

Los tubérculos fueron sumergidos en una solución de detergente líquido (Extrano) al 10% (v/v) durante 10 minutos, luego fueron lavados con agua destilada estéril, transferidos a una solución de alcohol al 98% (v/v) por un minuto, después a una solución de hipoclorito de sodio 2,5% (v/v) por 20 minutos, y finalmente lavados tres veces en agua destilada estéril. A partir de los tubérculos esterilizados se obtuvieron los explantes de regeneración (Chaparro, 1999).

Con la ayuda de un sacabocados de 1cm de diámetro, previamente esterilizado, se extrajeron cilindros del tubérculo; cada uno de estos se cortó en discos de 2mm de espesor y se transfirió al medio de cultivo.

La estandarización de los medios de regeneración se realizó a partir del protocolo desarrollado por Dale y Hampson (1995) para *Solanum tuberosum*, usando medio MS complementado con 1,8mg/L de zeatina ribosido y 0,87mg/L de AIA.

Se evaluaron tres tratamientos, en los cuales se varió la concentración de los reguladores de crecimiento zeatina ribósido y empleó un control negativo sin reguladores de crecimiento. Para el primer tratamiento se utilizaron las concentraciones empleadas por Dale y Hampson (1995), en el segundo la mitad de la concentración del tratamiento uno y en el tercero, el doble de la concentración del tratamiento uno; un cuarto tratamiento control (sin hormonas) se estableció con cuatro réplicas. Cada uno de los tratamientos contaba con trece réplicas y cada una de estas tenía cinco explantes.

La variación de las concentraciones de los reguladores se realizó con el objeto de encontrar los requerimientos hormonales apropiados para la regeneración de *S. phureja*. La transformación de *E. coli* se efectuó con el fin de amplificar el plásmido y tener suficiente cantidad del pNOV022 para posteriormente transformar *Agrobacterium*. La introducción en *Agrobacterium* se hizo con el fin de emplearlo como vector de transformación de *S. phureja*.

Medio LB complementado con 100mg/L de espectinomicina permitió diferenciar clones de *E. coli* cepa DH5a transformadas con el pNOV022. Medio LB complementado con 25mg/L de espectinomicina y 25mg/L de estreptomicina permitió diferenciar clones de *A. tumefaciens* cepa LBA4404 transformadas con el pNOV022. La eficiencia de transformación de *A. tumefaciens* con el pNOV022 mediante la técnica de choque térmico fue $0,032 \times 10^{8}$. Se consiguió amplificar la secuencia de 500pb del gen *mirl 2* a partir del DNA plasmídico aislado de *A. tumefaciens* transformado, del cual se obtuvo un perfil diferencial.

Los primeros montajes de regeneración y cocultivo presentaron porcentajes muy altos de contaminación y oxidación, 60% y 45% respectivamente. Ninguna réplica de estos montajes presentó formación de callos, de tal manera que fue necesario desechar los explantes, después de 12 semanas y repetir los dos montajes.

En el segundo montaje de regeneración de plántulas a partir de discos de tubérculo no se logró disminuir la contaminación, sin embargo no se presentó oxidación en los explantes y se llegó a la fase de inducción de callos en 20 de los 240 explantes, que representaban el 8,33% del total. No obstante, este resultado se presentó en condiciones de temperatura más baja que las requeridas por *S. phureja in vitro*, lo cual podría retrasar la regeneración de plántulas. Actualmente se llevan a cabo nuevos montajes con una temperatura de 21±2°C y en un nuevo cuarto de crecimiento, con las condiciones de los reguladores de crecimiento del tratamiento 1.

Los explantes de los cuales se han obtenido callos en los montajes corresponden al primer tratamiento cocultivado con *A. tumefaciens*; sin embargo, este resultado se encuentra enmascarado por los altos porcentajes de contaminación de los demás tratamientos.

Las pruebas de cocultivo de discos de tubérculos y la cepa LBA4404 de *A. tumefaciens* no se evaluaron en medios con el agente de selección Manosa, debido a que se buscaba hacer un diseño experimental que permitiera encontrar los transformantes a partir de pruebas de caracterización molecular con PCR.

Mejoramiento no tradicional de semillas de papa mediante el desarrollo de líneas de papa con posible resistencia a *Tecia solanivora* Fase I

Diego Villanueva[1], *Esperanza Rodríguez*[2], *Rafael Arango*[3]

Resumen

Tecia solanivora causa pérdidas en la producción de papa en un rango de 25% a 50%. El control de esta plaga se hace mediante el uso extensivo de insecticidas químicos. Esta práctica genera insectos resistentes, causa contaminación y tiene efectos adversos en la salud humana. Una alternativa a los insecticidas químicos es el uso de δ-endotoxinas, las cuales son proteínas insecticidas producidas por la bacteria del suelo *Bacillus thuringiensis* (Bt). Sin embargo, su uso es limitado en insectos que se alimentan de los tejidos internos de la planta, debido a su carencia de penetración. Los avances en transformación genética de plantas ofrecen la posibilidad de introducir genes de Bt en cultivares de importancia en la agricultura. Este enfoque ofrece varias ventajas como control en tejidos internos de la planta, protección de las condiciones ambientales y distribución limitada de la toxina. En vista de la importancia del cultivo de papa en Colombia, en este trabajo se evalúan 20 cepas nativas de Bt contra *Tecia solanivora*, las cuales se caracterizan parcialmente. Entre las cepas evaluadas se encontraron 3 que mostraron alta actividad contra el insecto y cuyos genotipos fueron los siguientes: *cry4Aa, cry11*; *cry1Aa, cry11* y *cry1Ac, cry11*. La cepa con mayor actividad fue mejor que la cepa comercial de Bt subesp. *Kurstaki* usada como control, que mostró una DL50 de 0.15851 esporas/µl. Esta cepa será usada para aislar los genes *cry* para el futuro desarrollo de líneas transgénicas resistentes de variedades de papa colombianas.

Palabras clave: Biotecnología. Papa. Transformación.

Non traditional improvement of potato seed development of potato lines with possible resistance to *Tecia solanivora* - PHASE I

Summary

Tecia solanivora causes losses in potato production ranging from 25% to 50%. Control of this pest is done by extensive use of chemical fungicides. This practice can generate insect resistance, cause polution and has adverse effects in human health. One alternative to chemical fungicides is the use of δ-endotoxins which are insecticidal proteins produced by the soil bacterium *Bacillus thuringiensis* (Bt). However, their use is limited in insects that feed from the internal tissues of the plant because of lack of penetration. Advances in genetic transformation of plants offer the possibility of introducing Bt genes in agricultural important crops. This approach offers several advantages such as control in internal tissues, protection from enviromental conditions and limited distribution of the toxin. In view of the importance of the potato crop in Colombia, in this work we screened 20 native Bt strains against *Tecia solanivora* and partially charachterized them. Among the tested strains we found 3 that showed high activity against the insect an had the

[1] Biólogo, Unidad de Biotecnología Vegetal UNALMEDCIB. Corporación para Investigaciones Biológicas (CIB). Carrera 72ª No 78B-141, Medellín, Colombia.
[2] Bióloga, M.Sc., Facultad de Ciencias, Escuela de Biociencias, Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín).
[3] M.D., Ph.D. Biología Molecular, Unidad de Biotecnología Vegetal Convenio UNALMEDCIB. Corporación para Investigaciones Biológicas (CIB). Correo electrónico: rafaelarango@epm.net.co

following genotypes: *cry4Aa*, *cry11*; *cry1Aa*, *cry11* and *cry1Ac*, *cry11*. The strain with the highest activity was better than the comertially available Bt subsp. *kurstaki* used as a control, showing an LD50 of 0.15851spores/µl. This strain will be used for isolation of the *cry* genes for the future development of resistant transgenic lines of Colombian potato varieties.

Key words: Biotechnology. Potato. Transformation.

Una dificultad que se presenta en el cultivo de papa es el daño dramático causado por el insecto *Tecia solanivora*, lo que se traduce en pérdidas que oscilan entre un 25% y 50% de la producción total. El control de esta plaga se realiza especialmente mediante el uso extensivo de insecticidas de naturaleza química; no obstante, esta práctica puede llevar a la selección de insectos resistentes, tener efectos negativos sobre la salud humana, generar problemas de contaminación ambiental y promover la aparición de nuevas plagas.

Una alternativa diferente a estos insecticidas es el uso de las d-endotoxinas, proteínas insecticidas producidas por *Bacillus thuringiensis* (Bt), entre las cuales se encuentran las llamadas CRY cuya toxicidad es específica para el insecto. La literatura reporta que *T. solanivora* es susceptible a preparaciones comerciales de *Bt subsp. kurstaki* y a *E. Coli* recombinante con el gen *cry1Ab* y *cry1Ac*. No obstante, su utilidad contra insectos que se alimentan de los tejidos internos del tubérculo es muy baja debido a que el bioinsecticida no alcanza a penetrar en ellos. Los avances en transformación genética de plantas ofrecen la posibilidad de introducir genes de Bt en cultivos importantes en la agricultura, lo cual permite obtener algunas ventajas frente a los métodos tradicionales de control como, por ejemplo, la expresión de las proteínas en los tejidos internos de las plantas, la protección a las condiciones climáticas y la limitada distribución ambiental. En consecuencia, con el uso de esta práctica, el control de insectos podría extenderse a toda la temporada de cultivo y la población de insectos expuesta sería únicamente la que se alimenta de la planta.

En razón de la importancia estratégica del cultivo de la papa en nuestro país y de las grandes pérdidas económicas que representa la polilla de la papa, se pretendió con este estudio desarrollar variedades colombianas de papa (*S. tuberosum*) con resistencia a *T. solanivora*. El trabajo se llevó a cabo en los laboratorios de la Unidad de Biotecnología Vegetal UNALMED-CIB y de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

El gran problema que existe actualmente frente al empleo de genes de Bt, que se encuentran amparados bajo patentes, es lograr que las casas comerciales que las poseen permitan su utilización. Como alternativa a la anterior dificultad, se propuso, en una primera instancia, con esta investigación identificar cepas nativas de Bt con actividad potencial frente a *T. solanivora* aprovechando la gran colección de cepas existentes en la CIB. Por otra parte, de las cepas encontradas con mayor actividad tóxica frente a *T. solanivora* se llevará a cabo, en fases posteriores, el aislamiento de los genes para realizar los constructos que servirán para producir plantas resistentes al insecto. Con la identificación de estos genes se obviara, en gran parte, el problema de las patentes y se contará con nuevos genes con actividad para lepidópteros que hasta el momento no están disponibles.

Este trabajo partió del establecimiento de colonias de *T. solanivora* bajo las siguientes condiciones de laboratorio: temperatura 18±2°C, humedad relativa 75±5% y fotoperíodo luz : oscuridad de

13:11. Los insectos fueron aislados de tubérculos infectados, colectados en regiones productoras de Antioquia y Boyacá; su manejo se realizó de acuerdo con el protocolo utilizado de rutina por investigadores de CORPOICA en el municipio de La Ceja, Antioquia. La colonia fue establecida en jaulas de madera y malla, construidas para este propósito. Los adultos colectados fueron colocados en cámaras de oviposición, en proporción 1:6 (macho : hembra); a su vez, los huevos recolectados pasaron a cámaras de incubación que contenían tubérculos de papa sanos, como fuente de alimento para las larvas recién emergidas; al cabo de 21 días, las larvas convertidas en pupas se llevaron a una cámara cubierta en su base con una capa delgada de tierra de grano fino, destinada para la recolección de adultos.

De manera paralela al establecimiento de las colonias, se realizó un tamizaje (screening) del cepario de Bt de la Unidad de Control Biológico de la CIB, en el cual las cepas de Bt se encuentran clasificadas por PCR de acuerdo con los genes *cry* que poseen y la actividad de estos contra insectos. Se escogieron doce cepas representativas con actividad frente a lepidópteros, así como también una cepa de la variedad kurstaki con reconocida actividad hacia estos insectos, que sirvió como control positivo.

De cada una de las cepas seleccionadas se obtuvieron medios de cultivo líquido (cultivo completo final) compuesto por esporas y cristales con los cuales se realizó la evaluación de la toxicidad mediante bioensayos organizados en dos etapas. En la primera etapa, se realizaron tres diluciones (10:1, 10:3, 10:5) del cultivo completo final de cada cepa en buffer PBS; en los cuales se sumergieron trozos de papa cilíndricos; cada uno de estos cultivos se realizó con cinco réplicas. Los cilindros de papa secos fueron infestados con cinco larvas del primer instar de *T. solanivora* e incubados por 10 días hasta su evaluación. Como control negativo se utilizaron trozos de papa sumergidos en PBS con cepas de Bt. Los resultados obtenidos se expresaron en porcentaje de larvas muertas.

En la segunda etapa, con las cepas que presentaron actividad significativa y teniendo en cuenta el rango de toxicidad encontrado, se hicieron seis diluciones (dosis) con las esporas y cristales del cultivo completo final, cada una con cinco réplicas. Se procedió luego a realizar el montaje con larvas de *T. Solanivora*, de la misma forma que en la primera etapa, con el fin de hallar la CL_{50} (Concentración letal capaz de matar el 50% de la población) de cada cepa mediante análisis Probit, para finalmente seleccionar la cepa más potente.

Producto de lo planteado, se lograron establecer dos colonias asincrónicas de *T. solanivora* bajo las condiciones del laboratorio. La primera colonia (colonia 1) se estableció a partir de 160 adultos obtenidos de tubérculos infectados procedentes de Boyacá, mientras que la segunda (colonia 2) se estableció a partir de 500 huevos procedentes del municipio de La Ceja, Antioquia, de los cuales se obtuvieron 175 adultos con los que se continuó el seguimiento del ciclo, de acuerdo con la metodología mencionada. De esta forma, se determinó que la duración del ciclo de vida de *T. solanivora* es de 46 días en total, distribuidos en 9 días en el estado de huevo, 12 en larva, 15 en pupa y 10 en adulto. Mediante los bioensayos se obtuvieron tanto larvas muertas (susceptibles) producto de la acción de cristales de Bt, como larvas vivas (no susceptibles) en sus respectivas galerías. Se empleó entonces el número de larvas muertas por cada dilución en cada cepa y los datos obtenidos se sometieron estadísticamente a la prueba de Dunnet.

Como resultado de la primera etapa se encontraron porcentajes de mortalidad relativamente altos (60%) en la menor dilución y, por otra parte, tres cepas presentaron actividad significativa

hacia *T. solanivora*: las de genotipo *cry4Aa, cry11*; *cry1Aa, cry11* y *cry1Ac, cry11*, las cuales pasaron a ser evaluadas para la identificación de la más potente.

En los segundos ensayos la mortalidad de las larvas fue evaluada de la misma manera que en la primera etapa. Los resultados se sometieron estadísticamente al análisis Probit en el cual se determinaron las respectivas CL_{50} de cada cepa, incluyendo la variedad kurstaki (control positivo), de lo cual se obtuvo que la cepa de genotipo *cry1Ac, cry11* presentó la menor CL_{50}, con un valor de 0,15851, por lo que fue seleccionada como la más activa y potente hacia *T. solanivora*. Esta cepa seleccionada se empleará para las siguientes fases de este proyecto.

A manera de conclusión, se resalta que se lograron establecer dos colonias de *T. solanivora* asincrónicas, a una temperatura promedio de 23° C, humedad relativa 75±5 % y fotoperíodo de 13:11 (luz : oscuridad). Se determinó la duración del ciclo de vida de las colonias de 46 días (9 en la fase de huevo, 12 en larva, 15 en pupa y 10 en adulto). Dentro del banco de cepas nativas de Bt de la CIB, se identificó la cepa de cristal bipiramidal y genotipo *cry1Ac, cry11* como la de mayor potencia hacia *T. solanivora* con una CL_{50} de 0,15851, potencia inclusive mayor que la variedad comercial Kurstaki empleada como control positivo hacia este lepidóptero.

Evaluación de la resistencia de genotipos de la Colección Colombiana de *Solanum phureja* frente al ataque de *Tecia solanivora* en condiciones de laboratorio

Marleny Cadena[1], *Álvaro Naranjo*[1], *Carlos Eduardo Ñústez*[2]

Resumen

En el presente trabajo se evaluó la respuesta de 60 genotipos de la colección de papa de la especie *Solanum phureja* (2n=2X=24) al ataque de polilla guatemalteca. El objetivo fue identificar potenciales fuentes de resistencia al insecto para buscar alternativas de manejo por la vía del mejoramiento genético en el futuro inmediato.

Este ensayo se realizó en condiciones de laboratorio de la Universidad Nacional de Colombia, en Santafé de Bogotá a 2600 msnm, con 18ºC de temperatura y 57% de humedad relativa como condiciones ambientales. De cada genotipo se evaluaron 5 tubérculos por accesión, los cuales se escogieron por su uniformidad en tamaño y completa sanidad. Cada tubérculo se colocó en un recipiente de icopor con tapa, esta presentaba un orificio circular cubierto por un tul transparente, siendo esta la unidad experimental. Sobre cada unidad experimental se colocaron 20 huevos de *T. solanivora*, provenientes de la cría artificial que se mantiene en la Facultad de Agronomía. El ensayo se hizo bajo un diseño completamente al azar, con cinco repeticiones por tratamiento. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de eclosión, porcentaje de empupamiento y porcentaje de daño. En la primera variable, en cada unidad experimental se evaluó el número de huevos eclosionados en relación con el número inicial de huevos puestos. La evaluación se realizó, bajo estereoscopio, dos semanas después de la infestación, tomando como eclosión cada corión vacío en el momento de la evaluación. En la segunda variable, en cada unidad experimental se determinó el número pupas, expresando su valor con respecto al número inicial de huevos eclosionados. Esta variable se evaluó 30 días después de la eclosión y se expresó en términos de porcentaje. Para evaluar el porcentaje de daño en tubérculo, cada tubérculo fue cortado en forma longitudinal y transversal, obteniéndose cuatro partes. En cada una de las partes se estimó el porcentaje del tubérculo afectado por la plaga, para luego obtener el porcentaje promedio de daño total en el tubérculo.

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza ponderado, se compararon promedios mediante la Prueba de Waller-Duncan, se hizo un análisis de correlación de variables y, por último, con un nivel de significancia del 10 % se seleccionaron los genotipos que presentaban un porcentaje de empupamiento y un nivel de daño inferior al 25%.

El rango de eclosión observado en el experimento osciló entre 82,9% y 99%, lo cual evidenció la alta fertilidad de los huevos de este insecto plaga, corroborando lo reportado en varios estudios de biología de la polilla por Torres (1990) y Alvarez (1996). Se presentaron diferencias altamente significativas para el porcentaje de empupamiento en los genotipos evaluados, siendo el promedio general 34,72%. Los porcentajes de empupamiento encontrados oscilaron entre 88% y 8,1%. Al comparar el comportamiento de esta variable con los resultados obtenidos por Bejarano et al (1997), para clones de genealogía interespecífica, variedades nativas y mejoradas de *Solanum*

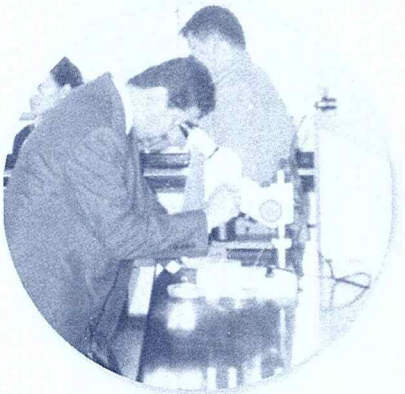
[1] Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia.
[2] I.A., M.Sc., Profesor Asociado Facultad de Agronomía Universidad Nacional de Colombia.
Correo electrónico: cenuztezl@unal.edu.co

tuberosum, cuyos valoren estuvieron entre 82,7% y 28% de empupamiento, se encuentra una relativa cercanía para el limite superior del rango, sin embargo, dentro de los genotipos de la Colección se presentaron valores aun mas bajos para el limite inferior, lo cual evidencia la existencia de genotipos con posibles propiedades desfavorables para el desarrollo del insecto y que superan además los encontrados en dichos trabajos, lo cual es valioso y resalta la importancia de realizar mas estudios en el futuro inmediato.

Se encontraron diferencias significativas para el porcentaje de daño en tubérculo en los genotipos. El promedio general de daño fue de 44,99%, y el rango de respuesta de la variable osciló entre 3,5% y 88,1 %. Los genotipos que poseen un menor porcentaje de empupamiento corresponden en su mayoría a los que presentaron los más bajos niveles de daño. Estas dos vari bables, como era de esperarse están asociadas y presentaron un coeficiente de correlación de 0,78., altamente significativo. De los 60 genotipos evaluados, 6 presentaron un porcentaje de daño entre 100%-75%, 19 entre 75%-50%, 22 entre 50%-25% y 13 entre 25%-0%.

Teniendo en cuenta las dos variables en conjunto, fueron seleccionados los genotipos que presentaron un nivel de empupamiento y de daño menor o igual a 25%. Con un nivel de confianza del 0,01, 12 genotipos presentaron un porcentaje inferior a 25%, estos materiales resultan ser promisorios y merecen ser estudiados mas detalladamente en futuros y potencialmente útiles en trabajo de mejoramiento.

Palabras clave: Papa criolla. Diversidad. Recursos genéticos. Resistencia a insectos.



Resultados de investigaciones realizadas en el período 1998-2002

Patogenicidad de *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) cepa Colombia, sobre *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae), en condiciones de campo

Julio Cesar Parada[1], *Jesús Emilio Luque*[2]

Resumen

Durante dos ciclos de cultivo de *Solanum tuberosum* variedad Parda Pastusa se evaluaron cuatro concentraciones de juveniles infectivos de *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) cepa Colombia, en aplicaciones al inicio de tuberización y pos floración. Para los dos periodos de cultivo, el porcentaje de daño a tubérculos por polilla guatemalteca y gusano blanco, no superó el 25%. No se evidenciaron diferencias significativas entre las épocas de liberación ni entre las dosis de juveniles infectivos aplicados. La supervivencia en suelo no superó los 30 días, lo cual no garantiza su establecimiento, debido posiblemente a las condiciones de alta salinidad, variaciones en el potencial de hidrógeno y alta compactación por problemas de drenaje que se presentan en los suelos del área de estudio. Aún bajo estas condiciones, los resultados obtenidos confirman la capacidad patogénica de *Steinernema feltiae* bajo condiciones de cultivo y su potencial uso en programas de manejo de los lepidópteros Gelechiidae *Tecia solanivora* y *Pthorimaea operculella*, además del coleóptero Curculionidae *Premnotrypes vorax*, ya sea como estrategia preventiva para manejo de focos de infección o como alternativa de control de poblaciones durante periodos de cultivo.

Palabras clave: Nemátodos entomoparásitos. *Steinernema feltiae*. Parásitos de insectos. Control biológico.

Using *Steinernema feltiae* Colombia strain for biological control of *Tecia solanivora* in Colombia

Summary

Tecia solanivora (Lepidoptera: Gelechiidae), a pest original from Central America, is currently the most limiting factor for potato production and marketing in the Andean region of Colombia. Although attempts have been made to biologically control the pest using parasitoids, bacteria and fungi, field results have not been very promising, Naturally occurring populations os *Steinernema feltiae* (Rhabdithida: Steinernematidae) attacking *T. solanivora* suggest the possibility of using this natural enemy for biological control of the pest. We evaluated the ability of *S. feltiae* to attack soil inhabiting larvae *T. solanivora* in two crops cycles at the Colombian National University Experimental station "Marengo", in Mosquera, Cundinamarca. Four doses of infective juveniles (J3) were tested: 1.5x 104, 3.0x104, 6.0x104 and 1.2x 105 J3/m^2. Nematodes were applied once to the base of potato plants using a knap-sac sprayer calibrated at 20 psi at 35 or 75 days after planting. Experimental areas of 2430 m^2 were divided into 30 plots consisting of 9 rows (10 m long) and 25 plants per row in completely randomized blocks design with 3 replicates. An

[1] Estudiante de programa de Doctorado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Correo electrónico: nsectsyco@icqmail.com

[2] Biólogo, M.Sc. Entomología, Profesor(r). Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

absolute control (no application) and a commercial control using pesticides also included. Adult *T. solanivora* were monitored weekly using sex pheromone traps. At harvest time, total yields (Kg/ha) and percent damage to tubers were estimated. Damage levels were reduced to 78% and 91% for the first an second cycles respectively by the presence of *S. feltiae*. All doses of J3 were equally capable of controlling larvae of *T. solanivora*, however damage to tubers was lower when the nematodes were applied at 75 than at 35 days after planting. Absolute and commercial controls showed 92% and 45% damage to tubers respectively. These results suggest that *S. feltiae* is a promising agent for biological control of the *T. solanivora* in field potatoes in the region.

Key words: *Steinernema feltiae*. Parasites of insects. Biological Control.

Se evaluó la capacidad patogénica y de control de juveniles infectivos (J3) del nemátodo entomoparásito *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) cepa Colombia, sobre estados inmaduros de *Tecia solanivora* en condiciones de cultivo. Las pruebas se localizaron en los lotes 7 y 8 del Centro Agropecuario Marengo de la Universidad Nacional de Colombia en Mosquera (Cundinamarca). Según las condiciones físicas, químicas y biológicas presentes en suelo y agua del canal de riego, se procedió a realizar pruebas en laboratorio para identificar el comportamiento de los J3 de *S. feltiae*, respecto a los niveles de pH y la interacción con posibles enemigos naturales. Todos los montajes se realizaron en cajas de Petri de 100x15, bajo completa oscuridad, temperatura aproximada de 20°C y humedad relativa de 65%. Con el fin de garantizar la presencia del insecto dentro del área de cultivo, se realizaron ensayos en laboratorio e invernadero con poblaciones artificiales y naturales, para identificar la capacidad de carga de hembras, el porcentaje de eclosión de huevos y la movilidad de las larvas en suelo. De acuerdo a los objetivos propuestos en el proyecto, durante el ciclo 2 de siembra no se realizaron liberaciones de *T. solanivora*; en esta fase, la presencia de poblaciones de este insecto se detectó con 2 trampas de feromona y principalmente a través de muestreos destructivos semanales, a partir de la primera hasta la sexta semana después de la primera aplicación, para lo cual se procedió a inspeccionar los tubérculos y el suelo de una planta por parcela tratada.

Con el objeto de lograr coincidencia con períodos de alta infestación, se realizaron dos ciclos de siembra; el ciclo 1 entre el último trimestre del 2000 y primero del 2001, y el ciclo dos durante el segundo semestre del 2001. Para cada ciclo se sembraron 5 cargas de semilla de *Solanum tuberosum* var. Parda Pastusa, proveniente del Centro de Investigaciones San Jorge del ICA. Dentro del área sembrada se distribuyeron tres bloques con diez parcelas de nueve surcos de 10m de largo, con una distancia entre plantas de 0,40m. El ensayo se ajustó a un diseño de Bloques completos al azar con arreglo 2x4x3, correspondientes a dos épocas de aplicación (E1 y E2), cuatro dosis de J3 (D1= 15.000 J3/m^2; D2= 30.000 J3/m^2, D3= 60.000 J3/m^2, D4= 120.000 J3/m^2) con tres repeticiones (bloques), además de contar con un testigo de manejo netamente comercial (TC) y un testigo absoluto (TAB).

Se obtuvieron 24 parcelas tratadas sólo con dosis de J3 sin ingredientes activos de síntesis química para el control de *T. solanivora*. Tres parcelas de manejo comercial TC con aplicaciones de ingredientes activos comercialmente recomendados para *T. solanivora*, una vez se presentó en la trampa de feromona 50 adultos/ trampa por semana. En las tres parcelas TAB no se realizaron liberaciones de J3 ni aplicación de ningún tipo de insecticida químico. Para la consecución del número de J3 requeridos, se desarrolló una cría *in vivo* de acuerdo a las recomendaciones de Stock

(1998). Para este fin, en cajas de Petri 100x15, conteniendo 150g de arena de río con 5.000 juveniles infectivos, se adelantaron continuas re-inoculaciones sobre larvas del último instar de los lepidópteros *Pyralidae Galleria mellonella* y *Achroia grisella*, así como sobre *T. solanivora*. Los nemátodos se liberaron al inicio de tuberización y posfloración, usando durante el primer ciclo una jeringa dosificador LHAURAVETÒ con capacidad de 20ml, y para el ciclo dos, una bomba de espalda pulverizadora LHAURAVETÒ de 20L, dirigiendo la aplicación directamente hacia la base de la planta. Antes y después de cada aplicación se realizó riego por aspersión.

Para el análisis del daño se evaluaron principalmente los 5 surcos centrales a fin de evitar efectos de borde, registrando el peso de los tubérculos afectados y sanos por categoría por parcela. De igual manera, semanalmente se analizaron 100g de suelo para verificar la permanencia, supervivencia y patogenicidad de los J3.

Los análisis de muestras de suelo y agua mostraron niveles de pH con tendencia ácida (pH = 4,5) y conductividad en promedio de 140Mv. Se detectó la presencia de *Pseudomonas fluorescens*, copépodos y algunos flagelados en muestras de agua, al igual que ácaros detritívoros, colémbolos y miriápodos en suelo. De acuerdo a los montajes de laboratorio, se pudo establecer que ácaros, colémbolos, dipluros y artrópodos, además de *Pseudomonas sp.*, ejercen efectos deletéreos directos sobre el nemátodo, tan sólo niveles muy altos de población competirían por espacio con los J3. Niveles de pH menores a 4,5 y mayores a 7,2 causan muerte a J3, al igual que conductividad mayor a 160mV, desorientan y limitan su capacidad de búsqueda. Estos ensayos ayudan a inferir el comportamiento biológico de los juveniles infectivos de los nemátodos, una vez realizada su liberación en campo.

Al analizar la eclosión y movilidad de las larvas en el suelo, se estableció que de 100 huevos dispuestos en suelo FAL, a condiciones de capacidad de campo, el porcentaje de eclosión no sobrepasaba el 75% y, de estas larvas, sólo el 55% llegaban a tubérculos sembrados a 20cm de profundidad. Por otra parte, las hembras de cría respecto a las de campo son de menor tamaño, presentan espermateca reducida y un 35% menor capacidad de producción de ovariolos. De igual manera, los machos de cría son un 30% más pequeños y presentan comportamiento errático en la localización de hembras para la cópula. Las desventajas encontradas entre poblaciones de cría frente a poblaciones de campo descartaron la obtención de poblaciones de larvas en el cultivo, a partir de la liberación de pupas o adultos de *T. solanivora*. De acuerdo a estos resultados se optó por liberar en el Ciclo 1, aproximadamente 280.000 huevos de *T. solanivora*, 10 días antes del aporque, los cuales al cabo de los 25 días de desarrollo no derivaron en más del 20% de adultos en campo; estos últimos, debido a sus desventajas morfológicas, fisiológicas y etológicas frente a las poblaciones dominantes en campo, no representaron riesgo de incrementos significativos en poblaciones futuras. Se lograron promedios de 30'000.000 J3/mes, y el almacenamiento de 100.000 J3/g de arena pasteurizada no sobrepasó el 10% de mortalidad incluso a los 90 días.

El uso de jeringa mejora la dosificación de J3 por planta, pero operativamente muestra deficiencias para aplicaciones en campo, al aumentar el esfuerzo en aplicación; la bomba de espalda varia levemente la dosificación de J3 por planta, pero ofrece una mayor operatividad. La aplicación se efectuó aproximadamente a 20psi, con boquilla para chorro, sin afectar la integridad de los J3. Teniendo en cuenta la liberación de huevos de *T. solanivora* realizada en el Ciclo 1 y la heterogeneidad del cultivo, se decidió realizar la primera aplicación (E1) hasta completar un 85% del área aporcada, aproximadamente hacia la novena semana de siembra y la segunda aplicación (E2) en la época de tuberización, aproximadamente 45 días antes de la cosecha.

Las liberaciones para el Ciclo 2 se cumplieron una semana después del aporque para E1 y 35 días antes de la cosecha para E2. En muestras inmediatas a la liberación se encuentran J3 entre los 10 y 15cm en suelo húmedo, mientras que en las últimas muestras se encontraron J3 entre los 30 y 40cm en suelos más compactados y secos hacia la superficie. Este comportamiento del J3 confirma su movilidad en la columna de suelo, pero disminuyó su capacidad de supervivencia, dadas las bajas concentraciones de oxígeno a mayores profundidades. Pruebas de patogenicidad de J3 aislados de suelo resultaron positivas sobre larvas de *A. grisella* hasta los 30 días de muestreo, pasado este tiempo la población de J3 viva se reduce hasta en un 95%. Para el Ciclo 1, desde el aporque hasta la cosecha se realizaron 18 muestreos, que mostraron promedios de 50 adultos/trampa, con picos máximos de 85 y 70 adultos/trampa hacia la semana 13-14, presentando un fuerte declive de población hacia la semana 16 con 23 machos/trampa en promedio, y finalmente un incremento hacia las tres últimas semanas antes de la cosecha, con 45 machos/trampa en promedio. Antes de la cosecha se evidenciaron ataques de *T. solanivora* y *P. vorax*, principalmente en los testigos absolutos, de manera aislada en los comerciales y en menor proporción, en las parcelas tratadas con *S. feltiae*.

Para este ciclo se obtiene una producción de 978,0Kg, de los cuales 223,5Kg corresponden a tubérculos afectados por *T. solanivora* y 754,9Kg en tubérculos sanos, presentando el máximo rendimiento en tubérculos de segunda 336Kg y tercera 291Kg. El análisis de varianza muestra altas diferencias significativas en el porcentaje de daño total, que se reflejan en la incidencia de los tratamientos sobre los testigos, sus dosis y épocas de aplicación. El mayor rendimiento en tubérculos de segunda se evidencia en el menor porcentaje de daño y la diferencia significativa encontrada entre bloques, tratamientos vs. testigos, y entre testigos.

Para el Ciclo 2 de cultivo, entre la primera y la sexta semana después de la primera aplicación se encontraron entre 50 y 80 adultos/trampa por semana, rango que se mantiene aún hasta la época de cosecha. Al inspeccionar el porcentaje de tubérculos afectados por planta en campo, se encontró que la incidencia de daño por larvas de *T. solanivora* no sobrepasó el 10%, mientras que *P. vorax* incidió hasta en un 20% en el daño total en las muestras. Hacia la quinta semana de muestreo, el daño causado por larvas de *T. solanivora* no sobrepasó el 1%, siendo superada por *P. operculella*, la cual presentó una incidencia de hasta un 25% en los tubérculos muestreados. Se obtiene una producción de 3.390,9Kg, correspondientes a 314Kg de tubérculos afectados por *P. operculella*, *P. vorax* y *T. solanivora* y 3.076,9Kg de tubérculos sanos, presentando el máximo rendimiento en tubérculos de primera 1.478,4Kg y segunda 910Kg; el análisis de varianza no mostró diferencias significativas en porcentajes de daño entre tratamientos, testigos, dosis y épocas de aplicación, tan sólo se evidencian diferencias entre bloques para categorías de primera y tercera, lo que refleja la variación en rendimiento entre bloques. Los bajos promedios en porcentaje de daño por categoría y un daño total de 9%, muestran el alto rendimiento aportado por este ciclo de cultivo.

Teniendo en cuenta los recurrentes ataques y pérdidas ocasionadas por *T. solanivora*, *P. vorax* y *P. operculella*, en cultivos de papa localizados en áreas circundantes al área de estudio, porcentajes de daño del 22% para el Ciclo 1 y del 9% para el Ciclo 2, resultan bastante alentadores, pues cultivos vecinos tratados con más de una aplicación de productos comerciales con ingredientes activos de síntesis química presentaron hasta un 50% de daño (Caro, A., *com. pers.*, 2001), lo cual permite afirmar que el uso de nemátodos parásitos de insectos en papa es técnicamente viable. La relativa igualdad en el porcentaje de daño entre los tratamientos para el Ciclo 2 respecto al Ciclo 1,

responde a las diferencias en disponibilidad poblacional con la que contó el último, por la liberación de huevos de *T. solanivora* al cual fue sometido, esto permitió la acción continua y directa de una cohorte poblacional sobre los tubérculos por parte de los estados responsables del daño. Con relación al Ciclo 2, la disponibilidad de poblaciones naturales, que aparentemente se mostraron altas en trampas de adultos, no coincidió con el número de estados larvales disponibles en suelo, principalmente en lo relativo a *T. solanivora*, permitiendo a su vez el ingreso de poblaciones de otros insectos dañinos.

En consecuencia, puede afirmarse que el Ciclo 1 contó con mayor presión poblacional por parte de un número de larvas más constante, y que en el Ciclo 2, dado el traslape poblacional por alternancia generacional, no se contó con un número constante de larvas que ejercieran presión constante sobre los tubérculos, y aunque las poblaciones de adultos fueron numerosas, no siempre definen la disponibilidad de estados inmaduros en suelo, posiblemente por variación en el comportamiento de cópula y la oviposición por efectos climáticos y ambientales a los cuales los son sensibles heteroceros.

De acuerdo a Wilson *et al.* (1999), ajustar dosis y sincronizar épocas de liberación de nemátodos entomoparásitos depende del cultivo y del comportamiento biológico y poblacional del insecto blanco, condición acorde a los resultados obtenidos para las dosis usadas, ya que estadísticamente para este estudio no se muestran evidencias que permitan definir una dosis probablemente óptima para recomendar. Entonces la patogenicidad de los J3 dependió más de su capacidad de desplazamiento y búsqueda que del número de J3 liberados, ya que los muestreos de suelo realizados permitieron registros de J3 en suelo con baja humedad a una profundidad media de 10cm y valores más altos de humedad hacia los 40cm. El encuentro de J3 en áreas de suelo de muy baja humedad fue posible sólo cuando estos infectaron larvas de primero a cuarto instar de *T. solanivora* o *P. vorax* localizadas dentro de galerías en los tubérculos. La variación en profundidad de desplazamiento de J3 se relaciona con los diferentes porcentajes de daño presentados en las categorías de tubérculos, pues categorías, como la primera y segunda que son algo más profundas, presentan menos daño, mientras que la categoría más superficial o tercera, fue la más afectada. Es claro que a medida que la humedad del suelo disminuye en la superficie, la tendencia a profundizar del J3 es mayor (Gaugler, 1998), para el modelo en discusión esto genera los tubérculos más superficiales queden desprotegidos. Aunque en condiciones de laboratorio se detectan diferencias de movilidad según el tipo de suelo, temperatura y humedad, es necesario en posteriores estudios conocer la capacidad de movilidad y desplazamiento de los J3 en suelo y dentro de tubérculos en condiciones de campo.

En cuanto a las épocas de aplicación, se considera que las usadas logran cierto nivel de protección y sincronización con el ingreso de poblaciones de *T. solanivora* y *P. vorax*, pues entre el aporque y la cosecha se hace más evidente la disponibilidad de insectos dañinos, coincidiendo con la tuberización y maduración de los tubérculos. Por tal motivo se requerirán trabajos más detallados sobre distribución espacial y temporal de adultos y larvas, de modo que se logre sincronizar épocas en las que las poblaciones en suelo puedan ser controladas. Los resultados permiten recomendar dos aplicaciones seguidas, la primera después del aporque y un refuerzo posterior hacia la cosecha, con el fin de garantizar la presencia de J3, ya que la supervivencia del nemátodo en suelo no sobrepasa los 30 días; por otra parte, en este período las poblaciones de larvas de *T. solanivora*, *P. operculella* y *P. vorax* se incrementan en suelo, dada la oferta de fuente alimenticia.

La posibilidad de desplazamiento de J3 en suelo y hacia las galerías en los tubérculos permite su uso preventivo para el manejo de focos de infección y de control en cultivos expuestos a ataques. Será necesario ajustar dosis diferenciales de J3 para acciones preventivas y de control; así como emplear dos aplicaciones entre el aporque y la cosecha teniendo en cuenta tanto la disponibilidad espacial y temporal de adultos, como la de larvas del insecto blanco. Aunque *S. feltiae* muestra actividad sobre *P. vorax*, es de importancia conocer la actividad de *Heterorhabditis bacteriophora* cepa Colombia sobre este insecto, pues este es un hospedante natural en suelos cultivados con papa, en Cundinamarca y Boyacá.

Desarrollo tecnológico de un bioplaguicida con base en *Baculovirus* para el control de la polilla guatemalteca

Laura Villamizar[1], Martha Gómez[2], Alba Marina Cotes[3], Jacqueline. López[4]

Resumen

La polilla guatemalteca de la papa constituye un limitante prioritario del cultivo, frente al cual no existen herramientas adecuadas de manejo, especialmente si se tiene en cuenta que el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA retiró el registro de uso a los plaguicidas químicos que existían en el país para su control. Por tal razón, en el Laboratorio de control Biológico de Corpoica, a partir de una tecnología artesanal desarrollada por el Centro Internacional de la Papa - CIP, para la producción y formulación de un bioplaguicida a base de *Baculovirus*, se estandarizó tecnología para su producción y se construyó una planta de manufactura que permitiera obtener volúmenes comerciales de un producto de alta calidad.

En el contexto anterior, se plantearon, como objetivos de este proyecto, adecuar la infraestructura de áreas y equipos para la manufactura del bioplaguicida; determinar las operaciones unitarias del proceso y sus puntos críticos, y adelantar actividades para la evaluación de otros hospederos del virus, con miras a la optimización de su multiplicación.

Como resultados del estudio, se tiene una planta construida con capacidad de producción de 15 toneladas al mes, que cumple con las "Buenas Prácticas de Manufactura" (BPM) y está adecuada con los equipos necesarios para el proceso y con un sistema de extracción y alimentación de aire filtrado. El producto elaborado en la planta presentó características adecuadas de calidad siendo apto para su uso. En la búsqueda de hospederos alternos, *Phthorimaea operculella* fue seleccionada como una alternativa eficiente para la multiplicación viral.

Palabras clave: *Tecia solanivora*. Control Biológico. *Baculovirus phthorimaea*.

Technological development of a biopesticide based on *Baculovirus* to control Guatemalan potato tuber moth

Summary

Guatemalan moth, *Tecia solanivora*, is one of the main constraints to potato crop. Taking into account that the Instituto Colombiano Agropecuario - ICA cancelled registrations to use most of the chemical pesticides applied against this pest in the country, it is necessary to generate control alternatives. Based on a handicratt technology developed by the International Potato Centre - CIP to produce and formulate a biopesticide based on *Baculovirus phthorimaea*, the Biological Control Laboratory of Corpoica developed a standard production technology for this biopesticide and, for this purpose, a manufacturing plant of the product was built in order to produce commercial volume of a high quality pesticide. Therefore, the objectives of this project were: to settle area and equipment infrastructure for the biopesticide manufacture, determine unit process operations

[1] Química Farmacéutica, M.Sc., Laboratorio de Control Biológico, Corpoica, C.I. Tibaitatá, Km. 14 vía Mosquera.
[2] Química Farmacéutica, Candidata a Ph.D., Laboratorio de Control Biológico, Corpoica.
[3] Bióloga, M.Sc., Ph.D., Laboratorio de Control Biológico, Corpoica.
[4] Química Farmacéutica, Laboratorio de Control Biológico, Corpoica.

and their critical points and initiate evaluating activities around other virus hosts, in order to optimize their reproduction. The plant has a 15 ton/month production capacity, meets "Good Manufacturing Practices" (GMP) and has all the necessary equipment for the process, including a filtered air extracting and feeding system. The biopesticide produced in the plant proved to be of an adequate quality, being suitable to combat this pest. Research regarding new virus hosts, *Phthorimaea operculella* was selected as an efficient alternative mean for viral reproduction.

Key words: *Tecia solanivora*. Biological control. *Baculovirus phthorimaea*

Introducción

La "polilla guatemalteca de la papa" *Tecia solanivora*, originaria de Centroamérica, es considerada como una de las principales plagas de este cultivo y pertenece al complejo de polillas o palomillas que atacan la papa. Si se tiene en cuenta el daño que ocasiona al tubérculo, tanto bajo condiciones de campo como de almacenamiento, puede asegurarse que este insecto se ha convertido en una de las principales plagas del cultivo en la región Andina (Niño & Notz, 2000).

Frente a esta problemática, se han desarrollado, dentro del Programa de Manejo Integrado de Plagas de la Papa (MIPP), varios mecanismos para su control que incluyen el control cultural, etológico y químico. Sin embargo, la medida más utilizada por los agricultores sigue siendo el uso indiscriminado de productos químicos, de los cuales muchos pertenecen a la categoría toxicológica I, es decir, son extremadamente tóxicos y, la mayoría, ineficientes para el control del insecto (Niño & Notz, 2000). Cabe destacar que en Colombia no existe ningún producto registrado para el control de esta plaga.

Una alternativa promisoria para su control es el uso de *Baculovirus*, un virus perteneciente a la familia Baculoviridae que ha sido denominado como *Baculovirus phthorimaea*. Este virus es de forma oval alargada o capsular y mide aproximadamente 486nm de longitud por 233nm de ancho (Niño & Notz, 2000).

A diferencia de los insecticidas químicos, *Baculovirus* es altamente específico para ciertos insectos y ha sido considerado con otros virus, por la Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación -FAO y la Organización Mundial de la Salud- OMS, como una de las herramientas más promisorias para el control de plagas (CIP, 2000). Este virus actúa como un insecticida estomacal, pues requiere la ingestión de las partículas virales por parte de las larvas para infectarlas, con lo que estas se vuelven lentas en sus movimientos, se hinchan ligeramente y finalmente mueren entre los 12 y 21 días después de la infección; ninguna larva infectada logra llegar al estado de pupa (CIP, 2000).

La multiplicación del virus y la elaboración de formulados se realiza a partir de larvas del hospedero, las cuales una vez infectadas, se muelen en fresco o congeladas, secas o liofilizadas. El CIP desarrolló una formulación en forma de polvo seco consistente en macerar 20 larvas infectadas y diluirlas en 1L de agua; a esta preparación se le agrega 1Kg de material inerte y luego se mezcla manualmente hasta obtener una pasta, la cual es extendida sobre un plástico en una superficie horizontal protegida de la luz y después de dos semanas, cuando la pasta ha secado, se muele con un rodillo manualmente hasta obtener un polvo que es empacado y distribuido para su uso (CIP, 2000). Cabe anotar, no obstante, que este proceso artesanal puede dar origen a productos de calidad variable.

A pesar de los muchos trabajos experimentales desarrollados por Universidades y Centros de

Investigación en Colombia relacionados con el control biológico de plagas mediante el uso de microorganismos biocontroladores, estos se han visto limitados en la práctica, probablemente debido al pobre desarrollo tecnológico logrado en temas tales como la producción masiva, la formulación y el escalamiento de la producción.

Debido a que muchos de los microorganismos biocontroladores tienen tiempos de vida cortos y son muy sensibles, tanto a las condiciones medioambientales (alta temperatura, baja humedad relativa, luz ultravioleta del sol) como a las manipulaciones en procesos industriales, estos deben ser formulados para garantizar una fácil manipulación durante su aplicación en campo y tolerancia frente a condiciones medioambientales adversas (Gómez *et al.* 1997). Teniendo en cuenta estos antecedentes, se encuentra de gran importancia realizar una investigación que intente la integración del modelo teórico del control biológico de plagas con las condiciones de producción de los bioplaguicidas, de modo que permita garantizar su aplicación a gran escala.

Corpoica, desde su inicio, estableció el Laboratorio de Control Biológico como apoyo al Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas (MIP), cuya función es realizar investigación y desarrollo de bioplaguicidas. En el año 2000, este Laboratorio se enfrentó al reto de producir el producto a base de *Baculovirus* para responder a la emergencia sanitaria causada por la polilla guatemalteca. Inicialmente se obtuvo la cepa del virus proveniente de la Secretaría de Agricultura de Boyacá y se adoptó la tecnología de formulación desarrollada por el CIP; sin embargo, dicho proceso era muy artesanal y no permitía asegurar la calidad de los diferentes lotes de producción, lo que generaba inconsistencia de la eficacia del producto, en algunos casos.

Por tales razones y con miras a producir cantidades comerciales del bioinsecticida, que permitieran suplir las necesidades del sector, se planteó como meta la tecnificación del proceso productivo, dentro de una filosofía de "calidad total", para lo cual fue necesario construir una planta de producción que cumpliera con las especificaciones técnicas propias de este tipo de industrias, adquirir los equipos necesarios para realizar cada parte del proceso como una operación unitaria independiente y estandarizable, en la cual se determinaran los puntos críticos. Finalmente, se buscó generar la documentación necesaria, incluyendo los Procedimientos Operacionales Estándar (POEs), tanto para el proceso productivo, como para el funcionamiento y limpieza de áreas y equipos, los procedimientos administrativos y el control de calidad.

Metodología y resultados

Inicialmente, se realizó un diagnóstico en el que se definieron ocho operaciones unitarias del proceso y el área requerida para la adecuación de la planta de producción, discriminando las áreas necesarias para cumplir con todas las operaciones; las operaciones especificadas fueron: infección de larvas para la propagación viral, mezcla I granulación, secado, molido, mezcla II, empaque y almacenamiento. Una vez identificadas estas áreas, se diseñaron los planos de la planta y solicitaron todas aquellas características de construcción, necesarias para cumplir los estándares de calidad para estos productos; dentro de estas características, se solicitó la utilización de una pintura lavable muy lisa, medias cañas redondas y un sistema de aire filtrado que permitiera extraer los polvos finos generados en las diferentes operaciones del proceso y alimentar todas las áreas de la planta con aire filtrado limpio. También se definieron y adquirieron los equipos necesarios para cada operación del proceso productivo.

Una vez adecuó la infraestructura de la planta, que tiene una capacidad de producción de 15 ton/mes, se puso en marcha para la elaboración de diferentes lotes de producción del

bioplaguicida y para determinar los puntos críticos de cada operación unitaria (Tabla 1), así como la eficiencia del producto manufacturado bajo las nuevas condiciones del proceso.

Tabla 1. Puntos críticos en el proceso de manufactura de *Baculovirus*.

Operación unitaria	Puntos críticos
Mezcla HI	Humedad 65%
Granulación	Humedad 65% - Tamaño de gránulo 500 micrómetros
Secado	Humedad de entrada: 63% - Humedad de salida:1%
Molido	Tamaño de partícula 100 micrómetros
Mezcla II	Humedad 1%, Eficacia > 80%

Los puntos críticos establecidos en cada operación unitaria serán empleados para la realización de controles durante el proceso de producción y, en caso de que las muestras no cumplan con la especificación, el producto en proceso será rechazado para entrar en la siguiente operación de manufactura, en la cual se evaluará la posibilidad de corregir el parámetro no cumplido y se tomarán las medidas necesarias de corrección o de eliminación del producto.

Con el propósito de evaluar la actividad biocontroladora de los lotes de producción de *Baculovirus*, se llevaron a cabo pruebas en bandejas de capacidad de 4L con dos tubérculos cortados por la mitad para disminuir el estrés de las larvas de *T. solanivora*. Los tubérculos se peletizaron con el producto y fueron expuestos a 40 larvas por tratamiento; como testigo tratado se empleó un excipiente inerte. La lectura se llevó a cabo a los 8 días siguientes al montaje del ensayo, determinando el porcentaje de mortalidad causado por el ingrediente activo (virus).

Los diferentes lotes de *Baculovirus* presentaron una actividad biológica que fluctuó entre el 82% y 96% (Tabla 2); estos valores son aceptables para la aplicación del producto en almacenamiento de semilla de papa y acordes con las especificaciones establecidas para este tipo de productos. Estos resultados indican que la nueva infraestructura de manufactura permite elaborar un producto con una alta eficiencia biocontroladora.

Tabla 2. Porcentaje de infección de *Baculovirus* sobre larvas de *T. solanivora*.

Lote	Baculovirus (%)	Testigo tratado (%)
B – 03	80	36
B – 61	85	33
B – 84	90	26
B – 87	87	20
B – 116	96	33
B – 136	91	26
B – 143	95	30
B – 166	82	36

Dado que la multiplicación del virus se realiza infectando larvas de *T. solanivora*, provenientes de una cría instalada en el Laboratorio de Entomología de Corpoica que no satisfacía la demanda total de individuos requeridos para la propagación viral y continua producción del bioplaguicida, se evaluaron dos posibles hospederos del virus, *P. operculella* (hospedero original del virus) y *Spodoptera frugiperda*, mediante el montaje de bioensayos con el producto. Para ello se utilizaron los estados larvales de los insectos y el virus fue aplicado sobre los sustratos más adecuados para la alimentación de los insectos (hojas de higuerilla *Ricinus communis* para *S. frugiperda* y tubérculos de papa criolla *Solanum phureja* para *P. operculella*). Cada unidad experimental fue recubierta con

una dosis constante de *Baculovirus*, previamente estandarizada, y ubicada en cubetas plásticas con un número adecuado de larvas de la especie por evaluar. Se contó con un testigo tratado en el cual se utilizó talco puro para recubrir el sustrato y un testigo absoluto consistente en larvas en presencia del sustrato sin ninguna aplicación; todos los tratamientos se realizaron por triplicado. Se evaluó la mortalidad a través de la observación directa de las larvas que presentaron síntomas característicos de la infección por el virus; los valores obtenidos se corrigieron mediante la fórmula de Schneider-Orelli. Así mismo, se evaluó la humedad final de cada lote de producción utilizando un analizador halógeno de humedad.

Al evaluar la actividad del *Baculovirus* sobre *S. frugiperda*, no se encontró mortalidad en los tres tratamientos utilizados después de los 15 días de evaluación, lo cual podría explicarse como resultado de la alta especificidad de este virus, dado que *S. frugiperda* pertenece a la familia Noctuidae. Este resultado contrastó con el obtenido al evaluar la actividad biocontroladora sobre larvas de *P. operculella*, que al igual que *T. solanivora* pertenece a la familia Gelechiidae, con la cual se obtuvo el 100% de mortalidad. Estos resultados permitieron concluir que *P. operculella* puede ser utilizada como hospedero eficiente para la producción de *Baculovirus* en caso de no contar con la cría de *T. solanivora* o que ésta presente niveles bajos de producción de larvas.

Para iniciar los trámites de registro del producto y de la planta de producción ante el ICA, se diseñaron y elaboraron los documentos soporte del proceso productivo, entre ellos se incluye el diagrama organizacional de la planta, mediante el cual se asignaron funciones a cada una de las personas vinculadas; los POEs para cada operación unitaria, en los que se describe con detalle la forma como debe realizarse cada actividad; los documentos de registro de uso de áreas y equipos, registros de control de calidad de materias primas, del producto en proceso y terminado; POEs para el manejo, limpieza y desinfección profunda de áreas y equipos; programación de capacitación del personal, programación del mantenimiento de equipos, protocolos para las auditorías internas de calidad y para cada uno de los procesos administrativos de adquisición, venta y manejo de la planta.

De igual forma, para registrar el producto, fue solicitado el concepto toxicológico a la Secretaría de Salud después de anexar los estudios de toxicidad aguda realizados por un laboratorio registrado para tal fin; con estos estudios, el bioplaguicida fue clasificado en la categoría toxicológica IV, es decir, como prácticamente no tóxico.

Todas estas actividades están encaminadas hacia la manufactura de un producto de excelente calidad, que contribuya al manejo de los problemas fitosanitarios del cultivo de la papa, dentro de una visión de agricultura sostenible.

Referencias

CIP. 2000. Control biológico de la polilla de la papa con *Baculovirus phthorimaea*. Boletín de Capacitación CIP-2, Lima, 43p.

GÓMEZ, M.; VILLAMIZAR, L.; COTES, A. 1997, "Estudio tecnológico para la producción masiva y preformulación del hongo entomopatógeno *Metarhizium sp.* para el control biológico de la langosta llanera", Revista Sociedad Colombiana de Entomología 23 (3-4):119-124.

NIÑO, L.; NOTZ, A. 2000. Patogenicidad de un virus granulosis de la polilla de la papa *Tecia solanivora* (Povolny 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) en el estado de Mérida, Venezuela. Bol. Entomol.Venez. 15(1):39-48.

Reconocimiento de enemigos naturales de *Tecia solanivora* y cría de depredadores

Pablo Osorio[1], Eduardo Espitia[2], Diana Rincón[3], Nancy Barreto[4], Aristóbulo López-Ávila[5]

Resumen

Después de 15 años de haber detectado la presencia de la polilla guatemalteca en Colombia, el reconocimiento de la existencia de agentes de control biológico en cultivos de papa adquirió interés. En este contexto, se planteó en una primera etapa colectar, reconocer y caracterizar enemigos naturales de *Tecia solanivora* (Povolny 1973) en localidades colombianas productoras de papa. Para desarrollar este objetivo, se realizaron muestreos en localidades de Antioquia, Boyacá, Cundinamarca, Nariño y Norte de Santander, elegidas según la importancia regional, presencia del insecto plaga y cercanía a vegetación nativa. Los métodos empleados fueron: exposición de huevos de *T. solanivora*, búsqueda de estados parasitados o enfermos, colecta de tubérculos, montaje y observación en laboratorio, identificación taxonómica, envío a especialistas, caracterización biológica y cría.

Se encontraron dos especies de chinches depredadores de huevos y larvas de primer instar de *Buchananiella contigua* Buchanan-White y *Lyctocoris campestris* Fabricius (Hemiptera: Anthocoridae) procedentes de Mosquera y Boyacá, respectivamente. El parasitoide larval *Apanteles sp.* (Hymenoptera: Braconidae) emergió de tubérculos infestados provenientes de Bogotá y Mosquera. El parasitoide de huevos *Trichogramma sp.* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) se halló en Mosquera, Facatativá y Chitagá. Ocasionalmente se encontraron dípteros parasitoides (Tachinidae) en Bogotá y Chitagá, y depredadores (Araneae: Lycosidae, Salticidae, Coleoptera: Carabidae, Coccinellidae, Staphylinidae, Tenebrionidae) en Bogotá y Mosquera. Se aisló el hongo entomopatógeno *Verticilium sp.* de una larva procedente de Chitagá, se reactivó y aisló nuevamente en larvas III y IV de *T. solanivora*. *B. contigua* se mantuvo en cría suministrándole huevos y larvas I de *T. solanivora*; su desarrollo huevo-adulto tardó 27 días consumiendo 51 huevos ó 49 larvas (temperatura 19,4±1,3°C; humedad 57,9±5,7%). *Apanteles sp.* se crió parasitando larvas I, para emerger 35 días después. *Trichogramma sp.* se multiplicó sobre huevos de *T. solanivora* y *Sitotroga cerealella*, su ciclo parasitación-emergencia duró 15 días.

Durante la segunda etapa se contempló recuperar, identificar, criar y evaluar depredadores de *T. solanivora* en el altiplano cundiboyacense; para llevar a cabo el anterior objetivo, se adelantaron muestreos de almacenamiento en campo y almacenamiento mediante jama y frasco aspirador, además se ubicaron jaulas trampa y recolectaron tubérculos afectados. Se encontraron los siguientes depredadores: *Balaustium sp.* (Acari: Erythraeidae); tijeretas (Dermaptera: Labiidae, Forficulidae); *Eriopis connexa*, *Scymnus sp.* (Coleoptera: Coccinellidae); *Orius tristicolor* White (Hemiptera: Anthocoridae). Luego de ensayar varios métodos, se consiguió criar a *O. tristicolor* en

[1] I.A. Investigador del Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas MIP . Corpoica, Tibaitatá. Correo electrónico: paoska_99@yahoo.com
[2] I.A. Investigador Adjunto del Programa Nacional MIP. Corpoica, Tibaitatá. Correo electrónico: eespitia@corpoica.org.co
[3] Estudiante Microbiología Agrícola y Veterinaria. Universidad Javeriana. Correo electrónico: dcrb100@hotmail.com
[4] I.A. M.Sc. Investigadora Adjunta del Programa Nacional MIP. C.I. Tibaitatá. Corpoica. Km. 14 vía Mosquera. e-mail: nbarreto@corpoica.org.co, barretonancy@yahoo.com
[5] I.A., M.Sc., PhD. Investigador Principal del Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas - MIP- Corpoica. C.I Tibaitatá. Correo electrónico: alopez@corpoica.org.co

laboratorio dentro de cubetas que contenían tubérculos brotados infestados con *Rhopalosiphoninus latysiphon*, áfido de las raíces de la papa, como presa alterna.

Palabras clave: Polilla guatemalteca. *Trichogramma sp. Apanteles sp. Buchananiella contigua. Lyctocoris campestris. Orius tristicolor. Scymnus sp. Verticillium sp.*

Survey of predators in potato field crops and storage

Summary

The purpose of this study was to survey, identify and rear frequent predators in potato field and storehouse conditions in the Cundiboyacense highland plain, some of which can be natural enemies of major potato pests. Collections were carried out in the following districts: Madrid, Mosquera, Villapinzón (Cundinamarca), Boyacá, Siachoque and Ventaquemada (Boyacá). The following collection methods were implemented: direct observation, use of entomological net and pooter, setting of trap cages with moth larvae infested tubers, infested tuber gathering, mounting and laboratory observation, taxonomic identification and rearing. Plots with less than three insecticide applications during culture cycle and storage where tubers did not receive any treatments were preferred. Field predators as the pirate bug *Orius tristicolor* White (Hemiptera: Anthocoridae), European earwig *Forficula auricularia* L. (Dermaptera: Forficulidae), ladybird beetles *Eriopis connexa* Germar and *Scymnus sp.* (Coleoptera: Coccinellidae), brown lacewing *Hemerobius sp.* (Neuroptera: Hemerobiidae), velvet mite *Balaustium sp.* (Acari: Erythraeidae), ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and wolf spiders (Araneae: Lycosidae) were found. Storage predators as *F. auricularia* and earwigs from Labiidae family and jumping spiders (Araneae: Salticidae) were observed. In laboratory, it was possible to rear *O. tristicolor* inside small pans, which contained tubers infested by the potato-root aphid, *Rhopalosiphoninus latysiphon*, as a prey. In this conditions, the isect's life cycle from egg to adult lasted 21 days. Many of these predators can be considered as potential Guatemalan moth biological control agents.

Key Words: Guatemalan moth. Natural enemies. Biological control.

Introducción

Los trabajos realizados se enmarcan dentro de dos proyectos ejecutados por el Programa Nacional Manejo Integrado de Plagas de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA. El primero de ellos, cofinanciado por el Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria del Ministerio de Agricultura, relativo al control biológico de plagas de importancia económica del cultivo de papa, contemplaba como objetivos: colectar enemigos naturales de *T. solanivora* en campo y almacenamiento; determinar taxonómicamente los organismos benéficos encontrados; caracterizar en forma preliminar la biología de los controladores hallados, y seleccionar los enemigos naturales con mejor potencial para control biológico.

El segundo proyecto, aún en desarrollo, es cofinanciado por Congelagro S.A. y trata sobre el manejo integrado de la polilla guatemalteca en condiciones de papa almacenada para consumo; con este proyecto se busca, entre otros objetivos, recuperar, criar y evaluar depredadores de *T. solanivora*.

Debido a sus hábitos crípticos, los estados del ciclo de vida de la polilla guatemalteca, más susceptibles y temporalmente expuestos ante agentes bióticos y abióticos de mortalidad, son los huevos y larvas de primer instar. Hacia dichos estados apuntan las expectativas de control biológico por parte de enemigos naturales que eviten o disminuyan el daño ejercido por la plaga.

Materiales y métodos

El reconocimiento de enemigos naturales de la polilla guatemalteca, que tuvo lugar entre diciembre de 1997 y abril de 1999, contempló tres fases. Inicialmente se realizó el reconocimiento del ciclo de vida de la plaga, diferenciándola de otras polillas de la papa, para lo cual fue necesario ajustar técnicas de colecta, mantenimiento y observación de las polillas. En esta primera fase, se adelantaron muestreos de *T. solanivora*, insectos asociados y tubérculos afectados en la Sabana de Bogotá y realizó el seguimiento del material en el Laboratorio de Entomología del Programa Nacional MIP Corpoica.

Durante la fase de campo se hicieron muestreos en localidades ubicadas en 24 municipios de los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Antioquia, Norte de Santander y Nariño. Los lugares de colecta se eligieron según la importancia como zona productora, la presencia de la plaga, la adopción de prácticas de manejo integrado, la existencia de lotes de cultivo abandonados y la cercanía a vegetación nativa como refugio de benéficos. Personal de las regionales de Corpoica Pamplona, oriente y norte Antioqueño, y Pasto colaboró en la ubicación y desplazamiento hacia las localidades.

Se aplicaron técnicas de colecta en campo y almacenamiento como:

•Exposición de huevos: numerosos huevos de *T. solanivora*, procedentes de la cría en laboratorio, se ubicaban en discos de papel en lugares estratégicos de lotes cultivados en papa como cebo para atraer potenciales parasitoides y depredadores; estos discos se alojaron en recipientes plásticos de 50cm^3, sujetos a estacas de alambre mediante bandas de caucho. El montaje se mantuvo en campo por un período de tiempo no mayor a 72 horas. En esta práctica, se empleaban huevos recién ovipositados que se transportaron dentro de cajas de Petri selladas y contenidas en recipientes de poliestireno.

•Colecta de tubérculos afectados: aleatoriamente se colectaron tubérculos afectados en bolsas de polietileno con agujeros y en recipientes plásticos con tapa de malla. También se emplearon recipientes de poliestireno para su transporte.

•Colecta de insectos: En ocasiones se capturaron insectos por observación directa dada su apariencia de enemigos naturales. Larvas aparentemente enfermas o parasitadas se colectaron en pequeños viales de vidrio limpios. Cuando se visitaba un lote con trampas de feromona, se revisaba su contenido en busca de insectos benéficos que se hallaran recurrentemente.

En la fase de laboratorio se efectuó observación, identificación, caracterización, aislamiento y cría a partir del material colectado durante las salidas. Las condiciones registradas fueron temperatura 19,4±1,3°C y humedad relativa 57,9±5,7%.

•Observación: El material se alojaba en recipientes plásticos y de vidrio, provistos de humedad, ventilación, sustrato y/o alimento, según el caso. Los tubérculos colectados se ubicaban en

cubetas plásticas transparentes con tapa de malla fina y lecho de arena (cámaras de emergencia). Regularmente se examinaban los recipientes en busca de organismos asociados emergidos y se registraba la información.

•Identificación: Los depredadores y parasitoides encontrados se determinaron de manera preliminar mediante claves y por comparación con ejemplares de la Colección Taxonómica Nacional (CTN) Luis María Murillo, Corpoica. Aquellos cuya determinación se dificultó se enviaron a especialistas nacionales o extranjeros. Respecto a entomopatógenos se contó con la ayuda de profesionales en fitopatología y control biológico del Programa Nacional MIP Corpoica.

•Caracterización: Con el objeto de verificar si los insectos hallados eran enemigos naturales de *T. solanivora* se sometieron a pruebas de aceptación de hospedero o presa (Powell *et al.* 1996). Se observó el comportamiento y desarrollo de los organismos benéficos mediante su aislamiento en recipientes adecuados que permitieran su viabilidad.

•Cría de benéficos: Los himenópteros adultos obtenidos se alimentaron con gotas de miel de abeja pura o diluida con el propósito de mantenerlos viables por mayor tiempo (Cardona 1971). Se establecieron recipientes de cría básica para parasitoides y depredadores provistos de ventilación, sustrato y alimento. Observaciones permanentes permitían verificar la supervivencia, reproducción y continuidad de las crías.

•Aislamiento: Estados de la plaga hallados con síntoma de enfermedad fueron sometidos a pruebas de aislamiento con procedimientos como desinfección mediante solución de hipoclorito de sodio, enjuague con agua destilada estéril, ubicación en cámara húmeda estéril, siembra en medios de cultivo para bacterias y hongos, identificación macroscópica, elaboración de láminas del microorganismo, identificación microscópica, obtención de inóculo del plato de cultivo, dilución del inóculo en solución dispersante, ajuste a concentraciones cercanas a 107 propágulos por mililitro, exposición sobre larvas de polilla, hallazgo de síntomas iniciales en hospederos tratados, multiplicación del entomopatógeno y almacenamiento en el Banco de Germoplasma de Microorganismos del Programa Nacional MIP Corpoica.

•Establecimiento y cría: Estos dos procedimientos se explican a continuación para cada una de las especies empleadas.

Trichogramma sp. Los huevos expuestos en cada localidad se ubicaron separadamente en frascos tapados con tela negra y banda de caucho. Cuando se observaba emergencia de avispas, se suministraron gotas de miel como alimento, y luego de un día se colocaron nuevos huevos de *T. solanivora* para ser parasitados. Las avispas de cada localidad se criaron separadamente hasta su identificación.

Apanteles sp.: Con las cámaras de emergencia, se obtuvieron avispas, que se alimentaron con gotas de miel, así como adultos de polilla. A partir del confinamiento de las avispas con varios estados de *T. solanivora* se pudo establecer que las primeras parasitaban larvas I de la polilla; estas se ubicaron en cubetas que contenían tubérculos de papa pastusa y al cabo de 45 días emergían tanto nuevas avispas como polillas.

Buchananiella contigua: Se aislaron ninfas y adultos de una cámara de emergencia y se colocaron en un recipiente aprovisionado con huevos, larvas I y tubérculos afectados por polilla. De allí se pasaron los chinches a un recipiente plástico con tapa de malla fina, en cuyo interior se dispuso un

vial que contenía miel de abeja diluida como fuente alimenticia suplementaria; se les suministró adicionalmente huevos y larvas I de *T. solanivora* como alimento. A manera se sustrato ambulatorio se colocaron tiras de papel doblado.

Lyctocoris campestris: Se aislaron ninfas de una cámara de emergencia y se colocaron en un recipiente aprovisionado con huevos, larvas I y tubérculos afectados por polilla.

•Capacidad de consumo: Adultos y ninfas del chinche se confinaron individualmente en cajas de Petri provistas de agua. Diariamente se suministraron huevos ó larvas I de *T. solanivora* y se contaron los huevos y larvas consumidos por los chinches.

La recuperación, identificación y cría de depredadores, que se adelanta desde junio de 2002, se inició con visitas a diferentes localidades de los municipios de Mosquera, Madrid y Villapinzón en Cundinamarca, y Siachoque, Boyacá y Ventaquemada en Boyacá. En campo y almacenamiento se colectaron tubérculos afectados, se ubicaron tubérculos trampa y se buscaron los insectos directamente mediante frasco aspirador y red entomológica. En laboratorio, el material se ubicó en cámaras de emergencia y recipientes de cría donde se les suministró huevos y larvas I de *T. solanivora* como fuente de alimento a los depredadores encontrados. La identificación de los ejemplares se realizó mediante claves taxonómicas y comparación con descripciones bibliográficas y ejemplares de la CTN. Finalmente, se evaluó la cría de *O. tristicolor* sobre diferentes presas como áfidos, trips, larvas y huevos de polilla en jaulas conteniendo plántulas de fríjol y en recipientes plásticos.

Resultados

•Parasitoides

Trichogramma sp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae): Emergió de muestras provenientes de Chitagá (Norte de Santander) y Mosquera (Cundinamarca) a partir de huevos de *T. solanivora* expuestos en lotes cultivados en papa. De Facatativá (Cundinamarca) se aisló a partir de huevos de lepidópteros parasitados colectados sobre folíolos de papa criolla; aunque este hallazgo fue indirecto, en el lote había presencia de *T. solanivora*.

Por apariencia y cercanía geográfica, inicialmente se pensó que se trataba de *T. lopezandinensis*, especie registrada hacia 1992 como parasitoide de huevos de *Colias dimera* (Lepidoptera: Pieridae) (Sarmiento 1993). John D. Pinto, investigador del Departamento de Entomología de la Universidad de California, identificó la avispa como *T. cerca pretiosum* (próxima a *T. pretiosum* pero distinta a ella), que se diferencia de *T. lopezandinensis* por la morfología de la genitalia del macho, sus alas son más anchas y están orladas en su margen radial por un fleco más corto que en la última. En 1986 fue reportada otra avispa por D. Vincent (USDA) como *T. cerca pretiosum* procedente de huevos parasitados de *Copitarsia consueta* (Lepidoptera: Noctuidae) colectados en el municipio de Madrid, Cundinamarca (Zapata 1987). Posteriormente se estudió su cría en laboratorio y su comportamiento en cultivos de ornamentales sobre *C. consueta* (Chamat y Fandiño 1989).

En condiciones de laboratorio, el ciclo parasitación - emergencia de *Trichogramma sp.* sobre huevos de *T. solanivora* exhibió una duración de 14 a 16 días. La hembra ovipositó generalmente solo un huevo por cada huevo hospedero, en pocas ocasiones se observaron dos avispas macho de menor tamaño emergidas de un solo huevo de polilla. El macho mide cerca de 0,51mm de

longitud x 0,24mm de ancho; la cabeza es de color naranja claro, ojos compuestos de color rojo, tres ocelos dispuestos triangularmente sobre el dorso de la cabeza; flagelo antenal no segmentado y con múltiples pelos antenales; tórax, abdomen y patas de color amarillo pardo; genitalia redondeada en su parte proximal y con un ápice distal. La hembra es de mayor tamaño que el macho, mide cerca de 0,85mm de longitud x 0,24mm de ancho, sus antenas son clavadas con cinco segmentos cubiertos por pocas setas; el abdomen es dilatado, distalmente se ubica el ovipositor, cuya longitud es menor que la tibia posterior.

Trichogramma sp.: Sobre huevos de *T. solanivora* se comporta como endoparasitoide solitario idiobionte, ya que al parasitar detiene el desarrollo normal del huevo hospedero, agotando sus nutrientes conforme se desarrolla un nuevo parasitoide que emerge como adulto del corion vacío del hospedero.

Apanteles sp. (Hymenoptera: Braconidae): Emergió a partir de tubérculos afectados por *T. solanivora* y *P. operculella* expuestos en campo en parcelas experimentales de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, y en lotes de cultivo del C.I. Tibaitatá Mosquera.

•Identificación: La familia se identificó mediante las claves de Borror *et al.* (1992). A partir de la comparación con ejemplares de la CTN, se hallaron avispas semejantes identificadas como *Apanteles sp.* colectadas en 1984 en el C.I. Tibaitatá durante un reconocimiento de insectos asociados al cultivo de papa. Se enviaron especímenes al Servicio de Identificación de Insectos de CABI Bioscience; A. Polaszek (International Institute of Entomology) identificó los especímenes como *Apanteles sp.* en sentido estricto y cercanos a *A. gelechidivoris*, *A. scutellaris* y *A. subandinus*.

•Aspectos del ciclo de vida: Hembras de *Apanteles sp.* alimentadas con gotas de miel parasitaron larvas I de *T. solanivora*, las cuales, sin embargo, continuaban su desarrollo normal dentro del tubérculo hasta emerger de él al cabo de 20 días y construir una cubierta con seda. Enseguida las larvas entraban en un período de inactividad que terminaba con su muerte; eventualmente, emergía una larva ápoda y blanca de menor tamaño que la pupa, dentro del mismo capullo tejido por *T. solanivora*, ó si emergía de la larva antes de su elaboración, construía un capullo propio, blanco, sedoso y cubierto con sustrato. Transcurridos 12 a 15 días emergía una avispa con cuerpo de color negro de 3,5mm de longitud, ovipositor visible, abdomen notablemente constreñido en la base y dirigido hacia arriba; dos pares de alas, las anteriores, de mayor tamaño, con un estigma conspicuo de color negro; cabeza sobresaliente, ojos compuestos prominentes, palpos labiales tetrasegmentados; antenas filamentosas, de 2mm de longitud, curvadas hacia arriba con 17 segmentos; patas relativamente largas, tarsos medios y posteriores con tres espinas apicales.

Apanteles sp. se comporta como endoparasitoide solitario koinobionte sobre larvas I de *T. solanivora*; es decir, parasita durante el inicio del estado larval sin alterar significativamente su desarrollo hasta antes de iniciar el estado de pupa, momento en el cual el hospedero muere y la larva emerge de él. Luego de la pupación origina una nueva avispa. Durante ocho generaciones criadas en el ensayo, sólo se obtuvieron hembras.

Diptera: Tachinidae: En muestras procedentes de campo se encontraron taquínidos durante el mantenimiento del material en laboratorio; a partir de tubérculos de papa criolla afectados por *T. solanivora* y colectados en parcelas de la Facultad de Agronomía se obtuvieron un par de moscas adultas de esta familia que emergieron conjuntamente con polillas. No se pudo determinar qué estado parasitaron, ni proseguir su desarrollo por su limitada viabilidad. En forma análoga, se

hallaron aisladamente taquínidos procedentes de material afectado colectado en campo en Facatativá y en almacenamiento en Mosquera. En ambos casos se hallaron puparios adheridos al capullo que normalmente construye *T. solanivora*, aunque este se encontraba vacío.

•Depredadores

Buchananiella contigua Buchanan - White (Hemiptera: Anthocoridae): Este chinche se halló en una cubeta que contenía papa afectada por *T. solanivora*, con huevos, larvas y polillas. Previamente estos tubérculos fueron expuestos en campo durante algunos días en el Centro Experimental Tibaitatá. Aunque la determinación taxonómica de la familia se realizó mediante las claves de Borror *et al.* (1992), se enviaron especímenes a CABI Bioscience, donde M. Webb (National History Museum) identificó el chinche como depredador de distribución cosmopolita; no obstante, este constituye el primer registro de la especie para Colombia.

•Ciclo de vida: Los huevos de *B. contigua* presentan forma elongada, color blanco hialino recién ovipositados, luego se torna amarillo naranja a rojo; su tamaño promedio es de 0,64±0,10mm de longitud por 0,22±0,09mm de ancho. En huevos próximos a eclosionar se vislumbran dos manchas opacas que corresponden a los ojos de la ninfa, hacia un extremo se observa el opérculo que se abre durante la emergencia de la ninfa; el estado de huevo duró cerca de 7 días. Las ninfas presentan coloración rojiza, ojos compuestos laterales, patas caminadoras, tarso terminado en uña; se observaron cuatro estados ninfales de tamaño progresivamente mayor. Antes de mudar, la ninfa se aferra al sustrato y el integumento viejo, de color gris plateado, se rompe dorsalmente. El tamaño entre la ninfa I y IV aumenta de 0,77mm x 0,30mm a 1,77mm x 0,65mm; la ninfa IV presenta primordios alares hacia el pterotórax y primeros segmentos abdominales; exhibe una franja de color naranja, el resto del cuerpo es rojo oscuro. El estado de ninfa dura 17 a 19 días. El adulto presenta color rojo oscuro a pardo; antenas tetrasegmentadas, el segundo segmento es tan largo como el tercero y cuarto juntos, el segmento basal es más ancho que los tres restantes; cabeza con un par de ojos compuestos laterales y dos ocelos dorsales; pico tetrasegmentado; abdomen ventralmente más claro que cabeza y tórax, con ocho terguitos, su extremo es simétrico y ovalado en las hembras, mientras que en machos es asimétrico y agudo; dorsalmente las hembras presentan el abdomen más amplio que los machos. El tamaño promedio del adulto es 2,14mm de longitud por 0,92mm de ancho. Una hembra no copulada exhibió longevidad de 180 días en confinamiento, suministrándole regularmente huevos de *T. solanivora*. El ciclo huevo - adulto tardó 26 días.

Capacidad de consumo: Ninfas de *B. contigua* consumieron diariamente un promedio de 2,9 huevos ó 2,7 larvas I de *T. solanivora*, mientras que los adultos consumieron 1 huevo por día.

Lyctocoris campestris Fabricius (Hemiptera: Anthocoridae): Se halló en una cubeta que contenía tubérculos afectados por *T. solanivora*, con huevos, larvas y polillas. Las papas fueron colectadas en almacenamiento en una finca del municipio de Boyacá, en una habitación pequeña destinada a guardar la papa de consumo.

La familia se determinó taxonómicamente mediante las claves de Borror *et al.* (1992); se enviaron especímenes a CABI Bioscience, M. Webb identificó el chinche como depredador cosmopolita, señalando que constituye materia de investigación en programas de control de plagas de granos almacenados (Locke y Meagher 1996). Este hallazgo corresponde al primer registro de la especie para Colombia.

El adulto de *L. campestris* es de color marrón claro a rojo de 4,2mm de longitud por 2,5mm de ancho en promedio. En vista ventral el extremo del abdomen en la hembra es simétrico y ovalado, mientras que en el macho es asimétrico y agudo, presentan antenas tetrasegmentadas, dos zonas más claras sobre los hemiélitra y dorsalmente, el abdomen de la hembra se observa más amplio que en el macho. Las ninfas tardías presentan una franja transversal naranja sobre el abdomen y muestran almohadillas alares. Los adultos no se lograron reproducir. Según Alomía (1979) la mayoría de los antocóridos ovipositan sus huevos dentro de tejido vegetal, por lo que se presume que las hembras de *L. campestris* estuvieron desestimuladas a ovipositar por ausencia del sustrato óptimo.

•Capacidad de consumo: Se observó que durante 10 días una ninfa es capaz de consumir 60 huevos, mientras que un adulto consume 17.

•Depredadores ocasionales: Esporádicamente se observaron insectos típicamente depredadores asociados a *T. solanivora*, entre ellos, escarabajos del suelo (Coleoptera: Carabidae) en campo y almacenamiento, estos insectos son reconocidos como importantes depredadores de larvas de lepidópteros plaga. Se observaron adultos y larvas de *Eriopis connexa* Germmar (Coleoptera: Coccinellidae) depredando los huevos expuestos de *T. solanivora*. Frecuentemente se detectaron escarabajos ladrones (Coleoptera: Staphylinidae) asociados a tubérculos afectados por la polilla. *Alphitobius sp.* (Coleoptera: Tenebrionidae) se halló en papa con alta infestación de *T. solanivora* en condiciones de almacenamiento en Bogotá. *Hypodynerus sp.* (Hymenoptera: Vespidae), encontrado forrajeando sobre tubérculos afectados, pertenece a una subfamilia de avispas solitarias que suelen aprovisionar su nido con larvas. En ocasiones se hallaron moscas sierra (Hymenoptera: Ichneumonidae) dentro de trampas de feromona sexual de *T. solanivora* dispuestas en campo para vigilancia.

•Entomopatógenos

Verticillium sp. Nees (Moniliales: Moniliaceae): Se aisló a partir de una larva muerta hallada dentro de un tubérculo encontrado en un silo de almacenamiento de semilla en Chitagá. En laboratorio se obtuvo el hongo saprófago *Epicoccum sp.* cuyo micelio exhibía la misma coloración de la muestra encontrada. En subsecuentes repiques se desarrolló otro hongo de micelio algodonoso, ralo y blanco; su identificación microscópica, permitió observar micelio septado con cuerpos fructíferos verticilados y esporas hialinas de forma ovalada, características del género *Verticillium*. Esta identificación se corroboró con profesionales en Fitopatología y Control Biológico del Programa MIP. *Verticillium sp.* se reactivó sobre larvas III y IV arrojando mortalidad del 20%; a partir de las larvas muertas se aisló el hongo y finalmente, se depositó en el Banco de Germoplasma de Microorganismos del Programa MIP.

Orius tristicolor White (Hemiptera: Anthocoridae): Esta especie se identificó luego de comparar los especímenes capturados en campo con ejemplares de la CTN y verificar con las descripciones realizadas por Alomía (1979). *O. tristicolor* se crió en laboratorio dentro de cubetas que contienen tubérculos brotados de variedad R12 infestados por *Rhopalosiphoninus latysiphon*, el pulgón verde de las raíces de la papa. En repetidas oportunidades se hallaron tijeretas (Dermaptera: Labiidae, Forficulidae) asociadas con tubérculos afectados por polilla en bodegas rústicas. Así mismo, se hallaron en campo *Balaustium sp.* (Acari: Erythraeidae), *Eriopis connexa* y *Scymnus sp.* (Coleoptera: Coccinellidae), especies reportadas como depredadores de variados insectos plaga en la Sabana de Bogotá.

Conclusiones

El hallazgo de las dos especies de chinches depredadores, *Buchananiella contigua* y *Lyctocoris campestris*, constituye el primer registro para Colombia.

Las avispas parasitoides *Apanteles sp.* y *Trichogramma sp.* son probablemente nuevas especies.

La exposición de huevos de *T. solanivora* en campo y la recolección de tubérculos afectados en lotes y almacenes, demostró mayor eficiencia como método de colecta de benéficos que la búsqueda directa.

Los muestreos efectuados fueron puntuales espacial y temporalmente, por tanto, no se descarta el hallazgo de nuevos benéficos en los mismos lugares visitados, con iguales u otros métodos de colecta.

Los criterios de elección de las localidades visitadas resultaron favorables al encuentro de antagonistas.

La presencia de enemigos naturales de la polilla guatemalteca en localidades productoras de papa evidencia la necesidad de llevar a cabo prácticas de manejo integrado de plagas, que permitan conservar e incrementar los organismos benéficos presentes en el agroecosistema, máxime tratándose de un cultivo con uso desmedido de plaguicidas.

El mayor tiempo de establecimiento de la plaga en Chitagá, respecto a las otras localidades, parece tener una relación directa con el mayor número de hallazgos de enemigos naturales en dicho lugar.

Es posible criar en laboratorio con relativa facilidad a *Trichogramma sp.* con huevos de *T. solanivora* y *Sitotroga cerealella* como hospederos en unidades de cría.

B. contigua se crió con huevos y larvas I de *T. solanivora* y *S. cerealella* como presas, se recomienda su multiplicación con insectos de rápida y fácil reproducción.

B. contigua y *L. campestris* presentan potencial para control de huevos y larvas tempranas de la polilla en condiciones de almacenamiento, *B. contigua* también lo tiene en campo.

La probabilidad de hallar entomopatógenos que afecten a *T. solanivora* por búsqueda directa parece ser muy reducida y estar relacionada con sus hábitos crípticos.

O. tristicolor se encuentra con relativa facilidad actuando como depredador de plagas de importancia en cultivos como papa, maíz y otras hortalizas.

La cría de *O. tristicolor* mediante tubérculos de papa brotados y *R. latysiphon* como presa alterna resulta fácil de realizar en condiciones de laboratorio.

Con las especies benéficas encontrados, se recomienda adelantar estudios acerca de ciclo de vida, respuesta funcional, capacidad de búsqueda, preferencia de presa u hospedero, y eficiencia de control en laboratorio, almacenamiento y campo.

Referencias

ALOMÍA de G., B. 1979. Ciclo de vida, hábitos y fluctuación de la población de *Orius tristicolor* (White) (Hemiptera: Anthocoridae). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía - Instituto Colombiano Agropecuario. Programa de Estudios para Graduados. Bogotá D.E. Tesis (M. Sc. Entomología). 68 p.

BORROR, D. J.; TRIPLEHORN, Ch. A.; JOHNSON, N. F. 1992. An introduction to the study of insects. Saunders College Publishing. Fort Worth. Sixth edition. 875 p.

CARDONA, C. 1971. The biology and physical ecology of *Apanteles subandinus* Blanchard (Hymenoptera: Braconidae), with notes on the temperature responses of *Apantelles scutellaris* Muesebeck and their host, the potato tuberworm. University of California. Riverside. Dissertation (Ph. D. Entomology). 150 p.

CHAMAT L., V.; FANDIÑO G., A. 1989. Cría y prueba del comportamiento en campo de *Trichogramma* cerca *pretiosum* Riley para el control de *Copitarsia consueta* Walker en cultivos ornamentales de la Sabana de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Santafé de Bogotá D.C. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). 124 p.

LOCKE, L.; MEAGHER, R. 1996. Larger Pirate Bug for Stored Grain Insect Control. *En*: Field Crop News. (Based on a poster presented at the 1996 North Central Branch Ent. Soc. Amer. meeting). 2 p.

LÓPEZ A., A. 1996. Insectos plaga del cultivo de la papa en Colombia y su manejo. *En*: Papas Colombianas con el Mejor Entorno Ambiental. FEDEPAPA. Santafé de Bogotá D.C. p. 146-148.

OSORIO, P; ESPITIA, E; LUQUE, E. 2001. Reconocimiento de enemigos naturales de *Tecia solanivora* en localidades productoras de papa en Colombia. Revista Colombiana de Entomología 27 (3-4): 177-185

POWELL, W.; WALTON, M. P.; JERVIS, M. A. 1996. Populations and communities. *En*: Insect Natural Enemies: Practical approaches to their study and evaluation. Jervis, M.; Kidd, N. (ed.). Chapman & Hall. London. p. 223-292.

RINCÓN L., C. 1999. Estudios biológicos del parasitoide *Trichogramma lopezandinensis* Sarmiento (Hymenoptera: Trichogrammatidae) orientados al control de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Santafé de Bogotá D.C. Trabajo de grado (Ingeniera Agrónoma). 102 p.

SARMIENTO, C. 1993. Una nueva especie de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) de los andes de Colombia. Revista Colombiana de Entomología 19(2): 3-5.

ZAPATA A., A. 1987. Identificación y biología de una especie de *Trichogramma parasitoide* de huevos de *Copitarsia consueta* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Bogotá D.E. Trabajo de grado (Bióloga). 105 p.

Empleo de trampas con diferentes atrayentes en un cultivo de papa criolla *Solanum phureja* para la evaluación de la dinámica de captura de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) bajo condiciones de campo

Julio Ricardo Galindo[1], *Jeannette Amparo Español*[1]

Resumen

El conocimiento del comportamiento de las poblaciones de insectos plaga permite diseñar tácticas eficientes y oportunas para la protección de cultivos. En este sentido el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de captura de polilla guatemalteca, a través del desarrollo del cultivo de papa, con la utilización de trampas con diferentes atrayentes. El ensayo se llevó a cabo en el Centro Experimental Tibaitatá de Corpoica ubicado a 2.640 msnm Se utilizó un lote de papa criolla de 1.000 m^2 y un diseño de bloques completamente al azar con 4 replicaciones. Los tratamientos consistieron en diferentes tipos de trampas para polilla guatemalteca, entre las cuales están las adherentes color blanco-lechoso y las trampas cebadas con hembras de la misma especie como atrayentes. Se pudo determinar que los tratamientos evaluados presentaron un comportamiento de captura similar a lo largo del ciclo de la papa, no solo entre ellos sino también con lo registrado en la literatura revisada según la cual la mayor actividad del insecto se centra en la tuberización y en la madurez fisiológica del cultivo. Se sugiere la utilización de las trampas lechosas y las trampas que utilizan insectos hembra de polilla guatemalteca como atrayente, para continuar las investigaciones sobre la dinámica de población estas plagas, ya que permiten la captura tanto de hembras como de machos y facilitan la evaluación de la población de la plaga dentro del cultivo.

Palabras clave: Trampas adherentes. Feromonas. Dinámica de población.

Population dynamic evaluation of the Guatemalan potato tuber moth (*Tecia solanivora* Povlny) using traps with different attracting agents in a *Solanum phureja* crop

Summary

Knowledge about pest population behavior allows the designing of efficient and opportune strategies to protect crops. Therefore, the goal of this study was to evaluate the efficiency of traps with different attracting agents as a tool to establish population dynamics of the Guatemalan potato tuber moth in a *Solanum phureja* crop. The assays were carried out at Tibaitatá Research Centre of Corpoica, which is located at an altitude of 2.640 m.a.s.l. In a 1.000 m^2 potato field a randomized complete block design with 4 replications was established. Different Guatemalan potato tuber moth traps were used as treatments, (e.g. milky-white colored sticky traps and traps with female Guatemalan potato tuber moths as attracting agent). Treatments displayed a similar capture behavior along the potato culture cycle, not just among them selves but also compared with data recorded in the literature, which reports that insect activity peaks occur during

[1] I.A., M.Sc., Investigador del Programa Nacional de Biometría. Corpoica. C.I. Tibaitatá. Km. 14 vía Mosquera.
Correo electrónico: rgalindo@corpoica.org.co

tuberization and during the crop physiologic maturity period. It is recommended to use milky traps and those with female Guatemalan potato tuber moths as attracting agent to further investigate population dynamics of this pest, since capture of both female and male insects is possible and they simplify pest population evaluation inside the field.

Key words: Sticky traps. Pheromones. Population dynamics.

Introducción

El estudio de la dinámica de las poblaciones de insectos plaga es fundamental para el éxito en el manejo integrado de plagas, dado que mediante el conocimiento generado se pueden determinar relaciones entre diferentes factores bióticos y abióticos, así como la aparición y desarrollo de explosiones de la población del insecto de interés. En Colombia, pocas investigaciones se han realizado en este aspecto sobre la polilla guatemalteca, y existe una amplia discusión sobre los factores que favorecen la aparición de la plaga. Por otra parte, cabe señalar que los métodos utilizados para realizar estos estudios tampoco han sido debidamente definidos y evaluados.

La utilización de trampas para la captura de insectos constituye una alternativa muy utilizada en estudios de dinámica poblacional; aunque la comparación de captura entre diferentes tipos de trampa se puede realizar bajo criterios estadísticos, el modo de acción de cada tipo de trampa puede afectar de forma diferente al insecto según las características de construcción de la trampa, tipo de atrayente utilizado, época y actividad principal del insecto, entre otros. Por lo tanto, es posible que cada tipo de trampa tenga un valor propio que no se debe descartar; así por ejemplo, las trampas de feromona para polilla guatemalteca afectan la actividad sexual del insecto, pero trampas con follaje llaman la atención sobre el comportamiento de búsqueda de su hospedante vegetal.

Por otra parte, puesto que se requiere de una extensa investigación que posibilite determinar la forma de acción e impacto de los diferentes factores bióticos y abióticos sobre las poblaciones del insecto plaga, es necesario que los ensayos que se desarrollen en las diferentes áreas de investigación, tomen información mínima sobre la fluctuación de la población, la forma de manejo del cultivo y el clima reinante en los ensayos. Con esta información se podrá ir recogiendo suficiente evidencia del efecto de los factores y es posible que se pueda soportar un análisis estadístico válido.

En esta investigación se evaluaron diferentes formas de captura de la polilla guatemalteca, y se seleccionaron dos de ellas para analizar la fluctuación de captura y establecer su relación con los cambios climáticos relativos a vientos y precipitación. Para tal fin, en el Centro Experimental de Corpoica Tibaitatá se realizó el seguimiento de la captura de la polilla durante todo el ciclo de desarrollo de un cultivo de papa criolla, y se analizó considerando dos periodos: antes y después del aporque. La labor de aporque se considera crítica en la medida que puede incidir en el nivel de infestación de los tubérculos; se supone que un aporque alto constituye una barrera más difícil de superar para la larva de primer instar que debe, por tanto, profundizar en el suelo para alcanzar los tubérculos.

Materiales y métodos

El lote de papa criolla o parcela experimental para esta investigación fue seleccionado teniendo en cuenta los fuertes ataques que se presentaron de polilla en ciclos anteriores de cultivo. Con el fin de determinar la presencia de polilla guatemalteca en este ensayo, se colocaron 24 trampas de feromona antes de la siembra del cultivo. Se evaluó la captura semanal y se obtuvo un promedio de captura / trampa de 21, 13 y 12 machos de polilla guatemalteca, en las tres últimas semanas antes de la siembra.

Se determinó sembrar papa criolla Clon 1 en un área de 1.000m^2, en el lote seleccionado; el cultivo tenía 20 surcos de 50m de largo distanciados a 1,20m y plantas separadas 0,40m entre sí. Como abono se utilizaron 5g por planta de 13:26:6 de N:P:K. Para la evaluación de los diferentes métodos de captura de los insectos de interés se evitó el uso de insecticidas contra ambas plagas en la parcela experimental. Los datos climatológicos que se presentaran en los resultados fueron suministrados por la estación meteorológica ubicada en el C.N.I. Tibaitatá.

Se utilizaron las trampas recomendadas en el trabajo de Español *et al.* (2002), en particular, las trampas de insectos cebadas con hembras de la misma especie y las trampas pegajosas de color blanco lechoso. A continuación se describen los dos tipos de trampa.

Las trampas con hembras capturadas como atrayentes, que permiten la captura de machos y en menor cantidad de hembras de polilla guatemalteca, utilizan la estructura de la trampa de feromona recomendada por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA para evaluar las poblaciones de machos de polilla guatemalteca, pero en lugar de colocar el cartucho con la feromona, se colocan hembras de polilla guatemalteca, recién emergidas y vírgenes. La trampa consiste en un recipiente plástico de color blanco de 22cm de largo x 16cm de diámetro con dos ventanas laterales de 8cm x 16cm, sostenido a 80cm del suelo por una estructura de madera en forma de L invertida. En el interior se cuelga de la tapa un recipiente plástico transparente de 6cm de diámetro x 7cm de largo, con ventanas laterales forradas en tul de 5cm x 3cm, en donde se colocan 8 hembras vírgenes que sirven de atrayentes. Para la captura de los insectos en el interior de la trampa se utiliza agua jabonosa (Figura 2a).

Las trampas pegajosas blanco lechosas se diseñaron para atrapar los insectos adultos de polilla en vuelo, mediante la utilización de Biotrapper® como adherente. Estas trampas consisten en láminas plásticas de 15cm x 15cm, colocadas a una altura de 2cm del suelo.

Adicionalmente, como método tradicional para la captura de polilla guatemalteca, se utilizó la trampa de feromona, de la cual se colocaron 4 trampas alrededor de la parcela experimental.

Las evaluaciones de las trampas se realizaron desde el momento de la siembra hasta la cosecha del cultivo. Se efectuaron muestreos semanales y los datos de captura fueron relacionados con las etapas fenológicas del cultivo y con las condiciones climáticas imperantes durante la ejecución del ensayo. Las trampas de insectos diseñadas para polilla guatemalteca se trabajaron bajo un diseño de bloques completamente aleatorizados con 4 réplicas. Las trampas pegajosas blanco lechosas se trabajaron bajo un diseño de bloques completamente aleatorizados con 20 réplicas.

Todas las trampas, a excepción de las trampas de insectos, diseñadas para polilla guatemalteca se evaluaron en dos etapas del cultivo, antes y después del aporque. El análisis de los resultados de captura se realizó a través de estadísticas descriptivas.

Resultados y discusión

Con base en el seguimiento de la captura de polilla, se determinó que antes del aporque las trampas lechosas registraron un aumento brusco en la captura de adultos del insecto, coincidente con el momento de tuberización del cultivo, después del cual, las capturas comenzaron a disminuir hasta la finalización de esta fase de evaluación. Este cambio brusco en la captura puede estar sugiriendo que los adultos de polilla guatemalteca no permanecen en el cultivo, sino que son atraídos en la etapa de tuberización por alguna condición especial de las plantas de papa; este fenómeno fue atribuido a la presencia de una kairomona captada por las hembras, en el período de tuberuzaciñon, las cuales a su vez liberaban una feromona percibida por los machos, con lo que se obtenía un incremento en la captura en las trampas. Este mismo autor comentó que después de la tuberización, las capturas caían.

La coincidencia entre estos dos trabajos sugiere, en primer lugar, que la época de mayor actividad del insecto se centra específicamente en la etapa de tuberización y en segundo lugar, que la trampa pegajosa es una alternativa para evaluar la actividad de los adultos de polilla guatemalteca. Sin embargo, las trampas de feromona son una buena herramienta para la evaluación de las poblaciones en lotes comerciales o el seguimiento en áreas grandes, pero no a nivel de parcela experimental, considerando que la trampa maneja un rango de acción amplio, puede atraer machos de cultivos vecinos y no suministra información de la población de hembras existentes en el lote de interés. En contraste, las trampas blanco lechosas al capturar la población que se encuentra dentro del cultivo y permitir la captura no sólo de machos sino también de hembras (Español *et al.*, 2002), pueden ser consideradas como una buena alternativa a emplear bajo un esquema experimental.

En cuanto a las condiciones climáticas, se observó que la tuberización se presentó en una época seca que pudo favorecer la migración del insecto, la búsqueda de la fuente de emisión de la kairomona y otras actividades propias de su comportamiento que repercutieron en una mayor captura. Por el contrario, la ocurrencia de precipitación durante el ensayo, al parecer, afectó sólo de manera momentánea las capturas, pero no la sobrevivencia de la población. Según Soriano (1999), quien realizó una análisis de regresión de la captura de machos de polilla guatemalteca en función de la precipitación, no existe relación directa entre estas dos variables, y el comportamiento de la población capturada está más estrechamente asociado con la presencia de una kairomona generada por los tubérculos en formación.

Respecto al viento, otro factor climático que puede afectar las capturas de polilla guatemalteca, no se encontró una clara relación a través del período de evaluación entre su velocidad del viento y el número de capturas. Sin embargo, sería interesante utilizar otro tipo de metodología que permitiera evaluar el efecto de la dirección de los vientos sobre el comportamiento de las poblaciones de polilla guatemalteca.

Con relación a las prácticas culturales, como desyerbas y atierradas, no es claro su efecto sobre el comportamiento de captura. Por lo tanto, se sugiere realizar nuevos estudios en los cuales se puedan evaluar estas variables con más detalle.

Después del aporque, las capturas de polilla guatemalteca en las trampas blanco lechosas disminuyeron considerablemente, lo cual coincidió con un período lluvioso que se presentó en esta época del año. Cuando el cultivo alcanzó la madurez fisiológica, se observó un aumento en la captura de adultos de polilla guatemalteca que se extendió hasta la cosecha del cultivo. Este

aumento en la captura de adultos, posiblemente corresponde con una entrada tardía de la plaga, similar a la que reportó Soriano (1999) en sus ensayos.

Al analizar las condiciones climáticas, se observó que el aumento de las capturas de adultos de polilla guatemalteca, posiblemente se vio favorecido por la época seca que se presentó a partir de la madurez fisiológica del cultivo, mientras que el comportamiento de la velocidad del viento mostró un descenso en este mismo periodo.

En cuanto a las trampas de insectos, que utilizaron a las hembras como atrayentes, las evaluaciones iniciales no se pudieron realizar debido a problemas metodológicos asociados con el mantenimiento de los adultos vivos dentro de las jaulas. Las evaluaciones se iniciaron un mes después de sembrado el cultivo, cuando este se encontraba en tuberización. El primer aumento en la captura se registró en la floración del cultivo, luego disminuyó considerablemente hasta la madurez fisiológica, en donde se presentó un aumento que se mantuvo hasta la cosecha del cultivo. Estas bajas capturas registradas después de la floración posiblemente estén relacionadas con una menor presencia de la plaga, como también observó Soriano (1999), más que con pérdidas de la efectividad de la trampa.

El incremento en la captura, observado durante la madurez fisiológica, se presentó en forma brusca, comportamiento que coincide con lo reportado en las trampas lechosas. La manifestación del pico de captura se presentó en un período de baja pluviosidad, donde el efecto de la velocidad del viento no fue claro, como se observó en la fase anterior. Al analizar los resultados, se encuentran coincidencias no sólo en el comportamiento de captura entre las diferentes trampas evaluadas, sino también con los reportes bibliográficos sobre el tema.

El comportamiento de captura de los machos, en las trampas de feromona, presenta una curva con picos puntuales, característica también observada con los otros tipos de trampas evaluadas. El primer pico se presentó en la emergencia del cultivo, y el segundo ocurrió a partir de los 35 días posteriores a la siembra, coincidiendo este último evento con la tuberización del cultivo. En la etapa de madurez fisiológica, aunque no se pudieron tomar algunas lecturas por problemas logísticos, se registraron altas capturas a los 112 días después de siembra; no obstante, estos valores decrecen posteriormente y vuelven a aumentar al inicio de la cosecha a los 126 días después de siembra.

En general, los resultados encontrados en este estudio son similares a los presentados por Soriano (1999), no obstante, difieren en el mayor número de capturas registradas al momento de la emergencia. Aunque no es posible determinar, a partir de un único ensayo, la causa que determinó este aumento en el número de capturas, es importante resaltar que este comportamiento fue observado en todas las trampas evaluadas; por lo tanto, constituye una alternativa viable para realizar el seguimiento de las poblaciones de polilla guatemalteca en el campo.

Conclusiones

Para la polilla guatemalteca, se pudo establecer que las trampas evaluadas presentaron un comportamiento de captura similar, no sólo entre ellas sino también con los reportes de literatura.

Los resultados de captura suministrados por las trampas coincidieron con trabajos anteriores reportados en la literatura, dado que la mayor actividad del insecto se centró en las etapas de tuberización y madurez fisiológica del cultivo.

Se sugiere la utilización de las trampas lechosas para continuar las investigaciones sobre la dinámica de estas plagas, ya que permiten la captura tanto de hembras como de machos y facilitan la evaluación de la población de la plaga dentro del cultivo.

Las trampas que emplean hembras de polilla como atrayente son útiles para el seguimiento de las poblaciones, y pueden ayudar a determinar cuál es el efecto de las feromonas sexuales en una forma más cercana a la condición natural de campo.

Aunque los períodos lluviosos no parecen afectar el tamaño de la población del insecto en campo, se sugiere la realización de ensayos en los cuales se pueda evaluar no sólo la precipitación sino también el efecto de los vientos.

Referencias

ESPAÑOL, J.; GALINDO, R.; CORREDOR, D. 2002. Desarrollo de técnicas para la captura, muestreo y seguimiento de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny) y el gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* (Hustache) en condiciones de campo. Trabajo de grado de Msc. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Bogotá. 139.

HERNÁNDEZ, L.; LEÓN, A. 1998. Dinámica poblacional y comportamiento de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny) en el municipio de Ventaquemada Boyacá. p.12-13. *En*: Planeación estratégica para el manejo de *Tecia solanivora* en Colombia. Memorias. Grupo de investigaciones agronómicas y biotecnológicas, Facultad de Agronomía-Instituto de Biotecnología Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá. 71p.

SALAZAR, E. 1998. Implementación de un programa de manejo integrado del gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* (Hustache) (fam: curculionidae) en las veredas Sote panelas, Versalles, Frutillal y Barro Hondo (municipio de Motavita Boyaca- Colombia). Tunja diciembre 1998.

SORIANO, J. 1999. Algunos aspectos para una mejor comprensión de *Tecia solanivora* (Polilla guatemalteca). Memorias. XXVI Congreso Sociedad Colombiana de entomología. Santafé de Bogotá. Julio. 1999. p. 239 246.

Estudios de fluctuación de poblaciones de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) en tres intervalos de altitud en Cundinamarca y Boyacá

Nancy Barreto[1], Eduardo Espitia[2], Ricardo Galindo[3], Edwin Gordo[4], Liliana Cely[5], Lina Martínez[6], Fernando Lozano[7], Aristóbulo López-Ávila[8]

Resumen

Con el fin de determinar el comportamiento de *Tecia solanivora* en campo, se realizaron tres estudios de fluctuación de poblaciones de adultos de polilla en tres rangos de altitud en Cundinamarca y Boyacá en fincas de pequeños productores de papa durante los años 2000 a 2003. Se evaluó la distribución espacio-temporal de larvas en condiciones comerciales y se evaluó el daño ocasionado por la plaga en cultivos de papa bajo tres sistemas de labranza: convencional, mínima y cero con abonos verdes, nabo (*Brassica napus*) y avena (*Avena sative*). En cuanto a fluctuación se encontró que a mayor precipitación menor captura y a menor temperatura menor captura y tendencia de disminución de capturas a mayor altura. En Cundinamarca, en el primer año el promedio de capturas fue 35 polillas/semana/finca; en Boyacá fue 90 polillas. El segundo año presentó diferencias; el rango de 3.000 m -3.200 m en Sibaté registró la mayor población con 400 polillas/trampa/semana. En general, las mayores capturas fueron durante diciembre a marzo de cada año. Independiente del uso del suelo (rotaciones o descanso) se capturó polilla. El daño en el primer año fue bajo: Cundinamarca 0%-10.7% y en Boyacá 0.23%-6.35%; en el segundo aumentó: 14,5% y 15,9%, respectivamente. Las larvas de *T. solanivora* presentaron disposición espacial agregada dentro del lote. En los diferentes sistemas de labranza en papa hubo bajos niveles de daño por polilla; en Fúquene osciló entre 0,8% y 3,44%, en Saboyá estuvo entre 1,1% y 4,6%.

Palabras clave: Captura polilla. Disposición espacial, Sistemas de labranza.

Population fluctuation studies of the Guatemalan potato tuber moth *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) in three different altitude ranges in Cundinamarca and Boyaca

Summary

In order to determine Guatemalan potato tuber moth's field behavior, three adult population fluctuation studies were carried out, each one done in a different altitude range in Cundinamarca

[1] I.A., M.Sc., Investigadores del Programa Nacional Manejo Integrado de Plagas. Corpoica. C.I. Tibaitatá. Km. 14 vía Mosquera. Correo electrónico: nbarreto@corpoica.org.co; eespitia@corpoica.org.co; alopez@corpoica.org.co
[2] I.A., Investigadores del Programa Nacional Manejo Integrado de Plagas. Corpoica. C.I. Tibaitatá. Km. 14 vía Mosquera. Correo electrónico: nbarreto@corpoica.org.co; eespitia@corpoica.org.co; alopez@corpoica.org.co
[3] I.A., M.Sc., Investigador del Programa Nacional de Biometría. Corpoica. C.I. Tibaitatá. Km. 14 vía Mosquera. Correo electrónico: rgalindo@corpoica.org.co
[4] Estudiante de pasantía en Ingeniería Agronómica. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales UDCA.
[5] Estudiante de pasantía en Biología. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. UPTC. Tunja.
[6] Estudiante de Ingeniería Agronómica (Trabajo de Grado). Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá
[7] I.A., M.Sc., Investigador del Programa Nacional de Maquinaria y Poscosecha. Corpoica. C.I. Tibaitatá. Correo electrónico: flozano@corpoica.org.co
[8] I.A., M.Sc., PhD. Investigador Principal del Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas - MIP- Corpoica. C.I Tibaitatá. Correo electrónico: alopez@corpoica.org.co

and Boyacá. Studies were conducted in small producer potato farms during a three year period (2000 - 2003). Larvae space-time distribution in commercial conditions and damage due to this pest in three different tillage systems (conventional, minimum and zero tillage) with organic fertilizers as turnip (*Brassica napus*) and oat (*Avena sative*) were evaluated. Regarding population fluctuation, it was observed that capture levels decreased as: (1) precipitation levels increased and (2) temperature levels decreased. Likewise, a decreasing capture trend was observed as altitude increased. A 35 moths/week/farm capture mean was observed in Cundinamarca the first year; in Boyacá, capture mean was 90 moths/week/farm. In Sibaté, the altitude range from 3.000 to 3.200 m showed the largest population (400 moths/trap/week) during the second year. Usually, capture peaks took place between December and March each year. Moths were captured independently of either type of soil usage (crop rotation or resting fields). Damage during the first year was low: 0.0% -10.7% in Cundinamarca and 0.23% - 6.35% in Boyacá; the second year it increased: 14.5% and 15.9% respectively. Larvae of *T. solanivora* showed a concentrated spatial distribution within the crop field. Regarding the different potato tillage systems, low damage levels due to the Guatemalan potato tuber moth were found: Fúquene: 0.8% - 3.44%, Saboyá: 1.1 4.6%.

Key words: Moth capture. Spatial distribution. Tillage systems.

Introducción

Los estudios que permiten conocer el incremento o disminución de la población de plagas a través del tiempo en un agroecosistema son fundamentales para definir estrategias de manejo oportuno y contribuir a la sostenibilidad del sistema productivo. Con el fin de aportar conocimientos sobre el comportamiento de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* en campo, se realizaron tres estudios divididos así: Fluctuación de la población de machos adultos de *T. solanivora* en tres rangos de altitud en Cundinamarca y Boyacá durante tres años consecutivos (marzo 2000 a febrero 2003) en fincas de pequeños productores de papa. Durante el segundo semestre de 2001, en el segundo estudio, se evaluó la distribución espacio temporal de larvas de la polilla en fincas de Cundinamarca, y finalmente en el tercer estudio se realizó la evaluación del daño ocasionado por la plaga en dos cultivos de papa bajo tres sistemas de labranza, en Fúquene y Saboyá (septiembre de 2001 a marzo de 2002).

Metodología

•Fluctuación de adultos de polilla guatemalteca: El estudio se realizó en los municipios de Sibaté, Chocontá y Suesca (Cundinamarca), Ventaquemada y Siachoque (Boyacá). Mediante mapas de unidades de suelos dedicados al cultivo de papa, se ubicaron 24 fincas de pequeños agricultores en tres rangos de altitud entre 2.600m y 3.200m, de las cuales se seleccionaron dos fincas por rango en cada municipio. En cada finca se tomaron muestras de suelo con el fin de realizar una caracterización físico-química, se colocaron un pluviómetro y termómetro para evaluar algunos parámetros climáticos, y dos trampas con feromona sexual. Semanalmente se llevó a cabo la lectura del número de machos capturados por trampa (machos/trampa), precipitación, temperatura, manejo y nivel de daño en la cosecha, así como observaciones en el entorno. El primer semestre todos los lotes estaban sembrados con papa, no obstante, a partir del segundo algunos entraron en descanso o en rotación con otros cultivos, de manera que el seguimiento a la plaga incluye por lo menos dos cultivos de papa en el primer semestre de cada año.

•Distribución espacio-temporal de larvas de polilla: Para estandarizar la metodología de muestreo y definir el tamaño de muestra, se realizó un premuestreo en condiciones experimentales en el C.I. Tibaitatá. Luego se llevaron a cabo los muestreos en tres fincas de agricultores de Sibaté y Chocontá, en un lote de papa dividido en dos zonas, centro y borde, cada zona con 20 y 5 cuadrantes de 100m^2, respectivamente. Las épocas de evaluación fueron floración y cosecha, la unidad de muestreo por cuadrante fue el total de tubérculos de una planta ubicados en dos profundidades: 0cm-10cm y 10cm-20cm. En cada muestreo se determinó el número de tubérculos con presencia y/o daño de larvas de *T. solanivora*.

•Evaluación de tres métodos de labranza sobre el daño ocasionado por la polilla guatemalteca: El estudio se realizó en Fúquene y Saboyá en lotes representativos de zona de ladera; se utilizaron los abonos verdes nabo forrajero y avena Cajicá. En Fúquene se evaluó la labranza convencional (tres pases de rastra, uno de cincel y la surcada), labranza mínima (cincel y surcada) y labranza cero (surcada). En Saboyá, se empleó labranza convencional sin abono verde y labranza cero sobre los abonos. Se realizó seguimiento a la captura de adultos en trampas y evaluó el rendimiento y daño en la cosecha; además se efectuó la caracterización físico-química del suelo y mensualmente se realizaron pruebas de penetrometría, infiltración y humedad del suelo para evaluar su comportamiento antes y después de la siembra de los abonos verdes y el cultivo de papa.

Resultados

•Fluctuación de adultos de polilla guatemalteca

Los resultados de los análisis de suelo para cada finca permitieron establecer que la mayor parte de las fincas poseen suelos aptos para el cultivo de papa, aunque algunos presentan un desbalance de nutrientes; las fincas del rango altitudinal bajo de Chocontá y Siachoque son las únicas, que por su textura arcillo-arenosa, no son apropiadas para este cultivo.

Según la ubicación geográfica de cada lote, se determinó que las principales unidades de suelo fueron RO en Sibaté, CP, CI y VP en Suesca-Chocontá, TC y CU en Ventaquemada, y VI, SG, TO y CB en Siachoque (Abaunza, 1999; IGAC, 1982, 1985).

El análisis del comportamiento de la polilla en los tres rangos de altitud en Cundinamarca y Boyacá, permite afirmar que:

• Existe correlación entre la captura de polillas y las variables climáticas: a menor altura es mayor la captura y viceversa, a mayor precipitación es menor la captura y a menor temperatura menor captura.

• En Cundinamarca, para el primer año, el promedio de capturas fue de 35 polillas/semana por finca con un una lectura pico de 112. Los niveles de captura mostraron correlación inversa con la altitud, esto es, a mayor altura menor captura (r^2 = -0,1137).

• En Boyacá, el promedio de capturas fue de 90 individuos, con un máximo de 2.252 y con una tendencia a la disminución de la captura con el incremento de la altitud (r^2 = -0,1567).

• Para el segundo año, 2001-2002, se presentaron diferencias relativas a la presencia de polilla, ya que en el rango de 3.000-3.200m de altitud en Sibaté, se registró la mayor población de la plaga, 400 polillas/trampa por semana, lo que sugiere que la plaga se está adaptando a estas condiciones.

• La presencia de la polilla es independiente del uso del suelo (papa, descanso, pasto, maíz, haba, fríjol) en todos los sitios de seguimiento.

• En la mayoría de casos, la captura de la polilla estuvo asociada a fuentes de infestación cercanas al lote evaluado, entre las cuales se destacan la presencia de residuos de cosecha, papa almacenada sin tratamiento, papa arrumada en el lote, otros cultivos en diferente estado fenológico y cosecha de lotes vecinos.

•El nivel de daño registrado en el primer año fue bajo, entre 0%-10,7% en Cundinamarca y 0,23%-6,35% en Boyacá. Para el segundo año, el daño fue mayor, con un registro máximo de 14,5% en un lote abandonado por un agricultor en Cundinamarca, a su vez en Boyacá osciló entre 0,34% y 15,9%.

• El manejo para el control de plagas que realizan los agricultores es tradicional, ya que las aplicaciones empleadas incluyen mezclas de funguicidas e insecticidas realizadas regularmente, sin tener en cuenta la población de la polilla.

Actualmente se analizan todos los datos obtenidos durante los tres años, con el fin de confrontar los resultados de análisis físico-químico de suelos, condiciones ambientales, manejo del cultivo y de la plaga, así como los niveles de daño.

•Distribución espacio-temporal de larvas de polilla

Al realizar los muestreos, se encuentra que solamente una finca de Sibaté presentó daño por polilla y diferencias significativas entre la época de muestreo y la profundidad de los tubérculos, puesto que en la época de floración y en los tubérculos ubicados entre 10-20cm el daño fue mayor.

Por lo anterior, fue necesario analizar los datos del daño registrados en la cosecha de otras 6 fincas en las cuales se realizaban los estudios de fluctuación de adultos. Allí, se tomaron 20 muestras por lote, 10 en centro y 10 en borde, cada una conformada por los tubérculos de 5 plantas continuas en el surco; los datos se analizaron aplicando el índice de agregación de Taylor y de Lloyd. Según la relación encontrada entre media y varianza para los dos métodos, se determinó que *T. solanivora* presenta una disposición espacial agregada o contagiosa dentro del lote. Se estableció, por otra parte, la inexistencia de diferencias significativas entre muestras del centro y borde, salvo en dos casos donde la población de larvas se registró en el borde.

•Evaluación de tres métodos de labranza sobre el daño ocasionado por la plaga

Los resultados obtenidos de los tres métodos de labranza evaluados en Fúquene permitieron establecer que el daño causado por la polilla guatemalteca fue bajo en todos los tratamientos, ya que osciló entre 0,8% y 3,44%; sin embargo, para el tratamiento de labranza mínima con los dos abonos, se registraron los más altos índices de daño por gusano blanco, con un valor de 17%. Adicionalmente, se registró una alta incidencia de *Rhizoctonia sp.* en todos los tratamientos con valores entre 30,2% y 61%. El mayor rendimiento, 19.500Kg/ha, se obtuvo para el tratamiento correspondiente a nabo + labranza convencional.

En Saboyá, el mayor daño por acción de la polilla se registró en el tratamiento correspondiente a avena + labranza cero, con un valor de 4,6%; seguido por el de nabo con 2,7% y el menor correspondió a la labranza convencional con 1,1%. Con relación a otros organismos, se registró una alta incidencia de *Rhizoctonia sp.*, con valores entre 66% y 88%, siendo mayor su presencia en la labranza convencional. El rendimiento fue superior en la labranza convencional, con un valor de 20.750Kg/ha, seguido por el de nabo con 20.100Kg/ha, mientras para la avena se registró el menor rendimiento con 14.625Kg/ha.

Actualmente se están analizando los datos con procedimientos estadísticos para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos con relación al daño, rendimiento y propiedades físico-químicas del suelo.

Recomendaciones

Teniendo en cuenta los resultados del estudio de fluctuación de poblaciones de la polilla guatemalteca en el Altiplano Cundiboyacense, vale la pena destacar el considerable aumento de la población de la plaga en altitudes superiores a los 3.000m; Luna y Luna (1996) registraron en la vereda Usabá del municipio de Sibaté, capturas promedio semanales de 2-4 polillas/trampa por semana. En el primer año de estudio de Corpoica se registraron promedios de 2.025 polillas/trampa por semana y para el año 2002 el incremento fue alto, ya que se capturaron en promedio 400 polillas/trampa por semana. Esto sugiere que es preciso tomar las medidas pertinentes con relación a las zonas dedicadas a producción de semilla de papa, más aún si se toma en consideración que los agricultores pueden avanzar a altitudes superiores generando disturbios en las zonas de páramo.

Referencias

ABAUNZA, C. 1999. Implementación de un sistema de información geográfica como apoyo al análisis sistémico de las unidades de producción agropecuaria en Cundinamarca y Boyacá. Base de Datos. Programa Regional Agrícola Sistemas de Producción. Regional Uno. Corpoica.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI-IGAC. 1982. Estudio general de suelos de Cundinamarca y Boyacá. Subdirección Agroecológica. Estudios 9 y 10.

_____. 1985. Estudio general de suelos de Cundinamarca y Boyacá. Subdirección Agroecológica. Estudios 11 y 12.

LUNA, J.; LUNA, H. 1998. Comportamiento poblacional de la polilla guatemalteca de la papa *T. solanivora* (Povolny) y su relación con algunas prácticas de manejo en el municipio de Sibaté. Trabajo de grado Ingeniero Agrónomo. Universidad de Cundinamarca.

Determinación de hábitos reproductivos de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae)

Javier García[1], *Diana Ojeda*[2], *Aristóbulo López-Ávila*[3]

Resumen

El presente trabajo se realizó con el fin de determinar el comportamiento reproductivo de *Tecia solanivora*. Mediante tres experimentos se determinaron parámetros reproductivos de hembras vírgenes y copuladas en diferentes intervalos de tiempo en los que se permitió su contacto con machos, comparado con hembras que estuvieron en contacto continuo con machos. Se determinó el comportamiento reproductivo de machos, que desde el primer día de emergidos y durante diez días se pusieron en contacto con hembras vírgenes de la plaga por periodos de 24 hr. tiempo después del cual las hembras fueron retiradas y observadas individualmente por diez días. En los tres experimentos se registró la cantidad de huevos puestos, huevos eclosionados y se determinó el porcentaje de fertilidad. Los resultados mostraron que hembras vírgenes presentaron oviposición pero los huevos no fueron fértiles, con un total de 21,28 huevos puestos y un promedio de 1,01 huevos puestos/hembra/día. De los resultados de cópulas de hembras se observó mayor cantidad de huevos puestos donde hembra y macho estuvieron en contacto continuo, con 22,3 huevos puestos/hembra/día. En el tratamiento donde hembra y macho estuvieron en contacto los días uno y tres de vida del adulto se observaron valores similares, con 21,3 huevos puestos/hembra/día. Para el experimento de cópula de machos se determinó que éstos fertilizaron mayor cantidad de huevos cuando se pusieron en contacto con hembras en los días uno y dos de vida del adulto con un porcentaje de fertilidad de 85,1% y 93,2% respectivamente.

Palabras clave: Hábitos reproductivos. Fecundidad. Fertilidad.

Determination of the reproductive behavior of the Guatemalan potato tuber moth *Tecia solanivora* (Povolny 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae)

Summary

The goal of this study was to determine the reproductive behavior of *Tecia solanivora*. Three different tests were carried out, with which virgin and non-virgin female reproductive behavior was determined in different time intervals, during which contact with male moths was allowed. Male reproductive behavior was also determined, by allowing contact with virgin moth females, for 24h periods, since the first day of adulthood and for ten days thereafter. Following, females were removed and observed individually for an additional ten-day period. The number of laid and hatched eggs were recorded and the fertility rate was determined. Results show that virgin females could ovoposit but eggs were not fertile, with a total of 21,28 laid eggs and a mean of 1,01 eggs/female/day. The largest number of laid eggs was recorded when female/male contact was uninterrupted (22,3 eggs/female/day). When female/male contact was restricted to day one and

[1] I.A., Investigador en el Área de Entomología. Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas MIP -. Corpoica, C.I. Tibaitatá. A.A. 240142. Bogotá. Correo electrónico: jgarcia@corpoica.org.co alopez@corpoica.org.co.
[2] Estudiante de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Colombia (sede Bogotá).
[3] I.A., M. Sc., PhD. Investigador Principal del Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas - MIP- Corpoica. C.I Tibaitatá. Correo electrónico: alopez@corpoica.org.co

three of their adulthood, similar values were observed (21,3 eggs/female/day). Copulation tests showed that males fertilized a larger number of eggs when contact with females occur during day one and two of their adulthood, with a fertility rate of 85,1% and 93,2% respectively.

Key words: Reproductive behavior. Fecundity. Fertility.

Introducción

La polilla guatemalteca de la papa *T. solanivora* fue introducida a Venezuela en una importación de semilla realizada desde Costa Rica en 1983. En Colombia se registró por primera vez en el Departamento de Norte de Santander en 1985; a partir de este año, se ha distribuido en las diferentes regiones cultivadoras de papa del país ocasionando graves daños a los cultivos afectados. La polilla guatemalteca en su estado larval afecta los tubérculos de papa incidiendo directamente en la calidad del producto cosechado o almacenado. Las pérdidas ocasionadas por *T. solanivora* pueden ser superiores al 50%, especialmente si las condiciones son favorables para su desarrollo y no se toman las medidas de control adecuadas.

A pesar de los estudios relacionados con *T. solanivora* adelantados en diferentes campos, se presenta un desconocimiento en algunos aspectos como componentes básicos de la biología, comportamiento y ecología de la plaga, lo que pone de manifiesto la necesidad de llevar a cabo estudios relacionados con estos temas que permitan establecer bases para desarrollos posteriores de tipo práctico.

El presente trabajo se propuso con el propósito de determinar los siguientes aspectos: comportamiento reproductivo de hembras vírgenes de *T. solanivora*; efecto del número de cópulas que cada sexo puede sostener y su relación con la fecundidad y fertilidad de la hembra; cantidad de hembras que un macho de *T. solanivora* puede copular, y número de huevos que un macho de *T. solanivora* puede fertilizar.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el laboratorio de entomología del programa MIP de Corpoica; las condiciones ambientales para la experimentación correspondieron a 15±4°C de temperatura y humedad relativa del 70±8%.

Para la obtención de los adultos de *T. solanivora*, se recurrió a la cría establecida de la polilla en laboratorio. A partir de individuos de la plaga provenientes de una sexta generación, se ubicaron por separado pupas en viales cubiertos con tapa de muselina hasta la emergencia de los adultos. Con esto se garantizó la separación de hembras y machos, y se evitó la ocurrencia de cópulas antes de la experimentación.

De los adultos recién emergidos, se seleccionaron las hembras y machos que se observaron en buenas condiciones para el montaje de los diferentes experimentos.

•Determinación del comportamiento reproductivo de hembras vírgenes de *T. solanivora*

Para determinar el comportamiento de partenogénesis de hembras vírgenes de *T. solanivora*, se seleccionaron 100 pupas de una octava generación de la colonia de la plaga y se ubicaron en

viales separados hasta la emergencia de los adultos. De estas, se seleccionaron 50 hembras con las que se inicio el ensayo. Cada hembra fue puesta en un recipiente de vidrio tipo compota que contenía en su interior un trozo de algodón impregnado con una solución de agua-miel; el frasco se tapó con un trozo de muselina velo suizo, y asegurado con una banda elástica. La boca del frasco se colocó boca abajo y en contacto con un trozo de papel toalla para recolectar las posturas de la plaga; diariamente fueron retiradas las posturas y renovado el papel. Se planteó un análisis con una muestra de 50 individuos. Las variables que se midieron fueron la cantidad de huevos puestos por hembra y la cantidad de huevos eclosionados.

•Efecto del número de cópulas que cada sexo puede sostener y su relación con la fecundidad y fertilidad de la hembra

Para determinar el efecto del número de contactos hembra-macho de *T. solanivora* y su relación con la fecundidad y fertilidad, las hembras se pusieron individualmente en recipientes tipo compota que contenían un trozo de algodón impregnado con una solución agua-miel. La tapa del frasco consistió en un trozo de muselina velo suizo, el cual fue asegurado con una banda elástica.

Una vez ubicada la hembra en el recipiente, se introdujeron machos vírgenes recién emergidos, por un período de 24h, para asegurar al menos una cópula. Después de este tiempo, los machos fueron retirados de los frascos y se realizó el seguimiento de las hembras. Para facilitar las posibles posturas por parte de la hembra de *T. solanivora*, los frascos se ubicaron en posición invertida, de tal manera que la tapa del recipiente se dejó en contacto con un trozo de papel toalla. Allí la hembra de polilla ubicó sus posturas, las cuales fueron retiradas diariamente y marcadas con el día de oviposición. Estas posturas se ubicaron en cajas de Petri marcadas según la proveniencia de la hembra, hasta la emergencia de las larvas.

A diario se retiraron los cuadros de papel toalla y se registró el número de huevos puestos. Luego se colocaron los cuadros de papel en cajas de Petri, ubicando máximo 8 por caja hasta la eclosión de los huevos. Transcurrido este tiempo se registraron los huevos eclosionados.

Se utilizó un diseño completamente aleatorio con 7 tratamientos y 15 réplicas por tratamiento. Los tratamientos consistieron en los contactos hembra - macho en los días 1; 1 y 3; 1 y 5; 1, 3 y 5; 1, 5 y 10; 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, y 15, y contacto continuo durante 15 días después de que la hembra hubiera emergido. Para el análisis de los datos se empleo el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey.

•Determinación de la capacidad reproductiva del macho

Para determinar el comportamiento reproductivo del macho de *T. Solanivora*, se tomaron 30 machos vírgenes recién emergidos de la colonia, los cuales fueron ubicados individualmente en frascos tipo compota que contenían un trozo de algodón impregnado con una solución agua-miel; la tapa del frasco, al igual que en las pruebas anteriores, consistió en un trozo de muselina velo suizo asegurado con una banda elástica. Cada 24h, por un período de diez días, se introdujo una hembra de la plaga en los frascos que contenían los machos. Las hembras retiradas del macho fueron ubicadas en un frasco individual y tapadas con muselina para facilitar la oviposición; la boca del recipiente se ubicó boca abajo y se puso en contacto con un trozo de papel toalla. Las posturas fueron retiradas diariamente, contadas y ubicadas en cajas de Petri hasta la eclosión; el parámetro medido en este ensayo fue el número de huevos eclosionados, por cada hembra puesta en contacto con el macho.

Resultados

•Determinación del comportamiento reproductivo de hembras vírgenes de *T. solanivora*

Los resultados mostraron que hembras vírgenes de la polilla pueden empezar a ovipositar desde el segundo día de vida. Durante los 33 días de duración del experimento se presentaron cuatro picos de oviposición, el primero en el día siete de vida de la hembra con 2,04 huevos puestos/hembra por día, el segundo hacia el día 15 con un promedio de 1,96 huevos puestos/hembra por día, el tercero hacia el día 22 con 2,24 huevos puestos/hembra por día, y el cuarto en el día 25 con un promedio de 2,18 huevos puestos/hembra por día. El acumulado de huevos puestos por hembra virgen fue de 21,28 huevos puestos/hembra por día.

Para la variable huevos eclosionados, las hembras evaluadas no mostraron ningún resultado, lo que confirma la dependencia de la cópula para la fertilización de los huevos. Por otra parte, el empleo de trampas con feromona para captura de machos puede limitar o eliminar el contacto hembra-macho, y en consecuencia, reducir el tamaño de la población resultante, lo que a su vez deriva en un menor daño en los cultivos.

•Efecto del número de cópulas que cada sexo puede sostener y su relación con la fecundidad y fertilidad de la hembra

La prueba F de análisis de varianza para la variable cantidad de huevos puestos por hembras de *T. solanivora* presentó diferencias altamente significativas entre los tratamientos (F=4,94, gl=126, Pr<0,001).

La prueba de comparación de medias de Tukey detectó, a su vez, diferencias significativas entre el tratamiento donde hubo contacto permanente hembra-macho con los tratamientos donde hembra y macho tuvieron un contacto al día uno; dos contactos en los días uno y cinco, y ocho contactos. Así mismo, se observaron diferencias entre el tratamiento donde hembra y macho tuvieron dos contactos en los días uno y tres después de emergidos, con los tratamientos donde hembra-macho tuvieron uno y dos contactos en los días uno y uno y cinco después de emergidos.

Los mayores niveles de oviposición se observaron en el tratamiento en el cual hembra y macho tuvieron la posibilidad de estar en contacto continuo, con un promedio de 22,3 huevos puestos/hembra por día. En segundo nivel se observaron las hembras que tuvieron contacto con machos los días uno y tres, con 21,3 huevos puestos/hembra por día. Los menores niveles de oviposición se observaron en el tratamiento donde hembra y macho tuvieron contactos en los días uno y cinco con 12,8 huevos puestos/hembra por día.

En los tratamientos de dos contactos, se observaron altos niveles de oviposición en el tratamiento de contacto en los días uno y tres, con 21,3 huevos puestos/hembra por día, en contraste con el tratamiento de contacto en los días uno y cinco, con 12,8 huevos puestos/hembra por día. Para la hembra de *T. solanivora* es de gran importancia el contacto al día tres, puesto que la fecundidad se incrementa significativamente cuando esta tiene la posibilidad de copular con el macho.

La prueba F de análisis de varianza para la variable fertilidad presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos (F=3,00, gl=126, Pr<0,0001). La prueba de comparación de medias de Tukey detectó diferencias significativas entre el tratamiento donde hembra y macho tuvieron contacto permanente con los tratamientos donde hembra y macho tuvieron uno y dos contactos, en los días uno, y uno y cinco, respectivamente.

Los promedios más altos de fertilidad de huevos de *T. solanivora* se observaron en el tratamiento de contacto continuo con 10,8 huevos eclosionados/hembra por día. En segundo nivel se observaron las hembras que tuvieron contacto con los machos en los días uno-tres y uno-tres-cinco de vida del adulto con 10,1 y 10,0 huevos eclosionados/hembra por día, respectivamente. Los menores niveles de fertilidad de huevos se observaron en los tratamientos de uno y dos contactos, en los días uno, y uno-cinco respectivamente, con 6,0 huevos eclosionados/hembra por día.

En conclusión, con los datos de fertilidad obtenidos se confirma que el tercer día de vida de la hembra es de gran importancia para incrementar su fertilidad. Así mismo, se demuestra que un solo contacto hembra-macho genera en las hembras copuladas producción y fertilización de huevos, pero estos niveles son menores comparados con los tratamientos donde hembra y macho están en contacto más de una vez.

•Determinación de la capacidad reproductiva del macho

Los resultados mostraron que los machos de *T. solanivora* puestos en contacto con diferentes hembras, tuvieron la capacidad de copular con las diez hembras y de transmitir esperma a todas ellas generando una descendencia viable. Las hembras que estuvieron en contacto con machos de polilla una sola vez presentaron su mayor pico de huevos fertilizados en su segundo día de vida, con 11,0 huevos eclosionados/hembra por día. A partir de este día, la fertilidad de la hembra disminuyó aceleradamente, siendo de 5,6 huevos eclosionados/hembra por día para el día tres, y de 1,5 huevos eclosionados/hembra por día para el día ocho de vida de la hembra. Después de este día, la disminución en la fertilidad de la hembra fue más leve hasta alcanzar 0,3 huevos eclosionados al día 15 de vida de la hembra. Los resultados, por otra parte, muestran la disminución en la fertilidad de la hembra como consecuencia de la descarga espermática del macho, después de lo cual se presenta un pico de máxima oviposición en los primeros días de vida de la hembra.

De acuerdo a los resultados del experimento de partenogénesis, se concluye que la hembra de la plaga requiere copular con el macho para que haya transferencia de esperma y así, poder producir huevos fértiles. En este experimento se demostró que es suficiente un solo contacto hembramacho para que se produzca descendencia.

No obstante, debe resaltarse que la existencia de contacto continuo hembra-macho deriva en una mayor descendencia, en comparación a la producida cuando el contacto es ocasional. Este hallazgo es de gran importancia para promover el uso de trampas con feromonas en el muestreo de la plaga, que conlleven a la reducción de la población que potencialmente se podría generar cuando se encuentran constantemente hembras y machos.

Conclusiones

La producción de descendencia por parte de la hembra requiere indispensablemente del contacto y la eficaz transferencia de esperma por parte del macho al momento de la cópula.

El contacto continuo hembra-macho permite obtener la mayor producción de huevos y a la vez mayor fertilidad, respecto a contactos hembra-macho con menor frecuencia.

Es de gran importancia para la hembra de *T. solanivora* tener contacto con el macho como mínimo hasta el día tres de vida como adulto, pues de esta manera se incrementa notoriamente su fecundidad.

Recomendación

Realizar estudios para determinar las horas exactas de la noche en las que hembra y macho de la plaga tienen contacto.

Propuesta de un modelo de manejo integrado para *Tecia solanivora* en papa

Edison Valencia[1]

Resumen

La polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny 1973) es una seria limitante para la producción comercial de este cultivo, toda vez que puede ocasionar pérdidas superiores a un 80% si no es controlada adecuadamente. Dada la biología y hábitos de este insecto como plaga exótica y plaga del suelo, se presenta en este documento una estrategia de manejo de este insecto fundamentada en un concepto de Manejo Integrado de Plagas (MIP), la participación de prácticas culturales, Agentes de Control Biológico (ACB), Control Químico y Control Legal, entre otros.

Palabras clave: Métodos de control, lucha integrada

A proposal of a model of *Tecia solanivora* Integrated Pest Management for potato crops

Summary

Guatemalan potato moth, *Tecia solanivora* (Povolny 1973), is a serious obstacle to the commercial production of potato because if it is not suitably controled it can be cause of losses as high as 80% of the crop. Given this insect biology and habits, as exotic and soil pest as it is, this document contributes with a strategy to control it based on a concept of Integrated Pest Management (IPM), the participation of cultural practices, Biological Control Agents (BCA), Chemical and Legal Controls, among several technical practices.

Key words: Control methods. Integrated control.

La polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny 1973) es una seria limitante para la producción comercial de este cultivo, toda vez que puede ocasionar pérdidas superiores a un 80% si no es controlada adecuadamente. Dada la biología y hábitos de este insecto como plaga exótica y plaga del suelo, su control eficiente debe fundamentarse en un concepto de Manejo Integrado de Plagas (MIP), con participación de prácticas culturales, Agentes de Control Biológico (ACB), Control Químico y Control Legal, entre otros.

Dada la complejidad existente en el manejo de esta plaga, es necesario que la estrategia de manejo sea iniciada con anterioridad al momento de la siembra del cultivo, con base en medidas como la eliminación de los residuos de cosecha (toyas) antes de la siembra, uso de semilla certificada y, en lo posible, tratada para control de la polilla (con productos químicos o biológicos), registro de los datos históricos del lote con respecto a infestaciones previas de la plaga, así como las correspondientes a lotes aledaños y el histórico de datos metereológicos de la zona, que permitan estimar y hasta donde sea posible, predecir el comportamiento de las infestaciones de *T. solanivora*.

Teniendo en cuenta que *T. solanivora* es una plaga exótica, reviste especial importancia considerar

[1] Biólogo, Universidad del Valle, M.Sc., Ph.D. en Entomología, Microbiología y MIP. Bayer CropScience.

la estrategia de Control Biológico Clásico (CBC), es decir, la introducción o importación de enemigos naturales (EN) de la polilla, nativos del país de origen de la plaga y preferentemente, de zonas agroecológicamente similares a las zonas productoras de papa en Colombia. Entre los EN con potencial para el Control Biológico de *T. solanivora* se destacan los siguientes: parasitoides altamente específicos, insectos depredadores generalistas y microorganismos entomopatógenos como el *Bacillus thuringiensis*, cepas específicas de *Baculovirus* y aislamientos de hongos entomopatógenos como el *Metarhizium anisopliae* y *Neumorea rileyi*. Hay tres escenarios en los cuales pueden ser incorporados los agentes de control biológico a un MIP que corresponden a:

1. Aplicación durante las fases iniciales del cultivo con niveles bajos de infestación de la polilla (por debajo del Umbral de Acción), con miras a obtener un efecto de Regulación Biológica y retardar la primera aplicación generalizada de insecticida químico.

2. Aplicación del ACB después del Control Químico, dentro de un esquema de rotación y con miras a mantener bajas las poblaciones que ya fueron reducidas por el insecticida sintético. De esta manera, se logra prolongar el período de protección y ampliar el tiempo entre una y otra aplicación química.

3. En el caso de microorganismos entomopatógenos formulados (Bt, hongos entomopatógenos), es factible considerar la mezcla de insecticidas biológicos y químicos realizando pruebas previas de compatibilidad, buscando complementar la rápida acción del producto químico con el efecto más prolongado que ofrece normalmente un agente biológico. En este escenario, se reducen los costos de aplicación y es más factible convencer al agricultor de utilizar un agente microbial por el margen de seguridad ofrecido por el producto químico ya conocido. Adicionalmente, le confiere al agricultor la oportunidad de conocer de primera mano la eficacia y actividad del biológico, ya que en algunos casos, es fácil identificar la mortalidad producida por los microorganismos, particularmente con respecto a hongos entomopatógenos y bacterias.

De manera paralela al análisis fenológico en el momento de la siembra del cultivo de papa, es conveniente tener instaladas las respectivas trampas de feromona con el propósito básico de realizar un monitoreo semanal de las poblaciones de la polilla. Con base en este monitoreo, es factible determinar un Umbral de Acción que justificaría un control químico (estimado en 50 polillas por trampa por semana, con base en datos extrapolados de otros países, especialmente de Centro América), dependiendo de los niveles de infestación del insecto y del estado fenológico del cultivo. El control es más crítico hacia el momento del inicio de tuberización; sin embargo, el manejo de altas infestaciones antes del momento de tuberización podría ser recomendable, para evitar la posibilidad de oviposiciones acumuladas o presión de un remanente de hembras adultas durante la formación de tubérculos, previniendo el daño viejo acumulado. Es indudable que prácticas culturales como el aporque alto permiten reducir la presión de infestación de la plaga y la severidad del daño al cultivo.

Cuando las infestaciones de la plaga alcanzan los niveles del Umbral de Acción con una rápida dinámica de poblaciones, se hace necesaria la aplicación del Control Químico. Para efectos de reducir rápidamente las primeras infestaciones de la polilla guatemalteca, es recomendable la aplicación de un insecticida tipo piretroide, debido a su acción adulticida y por su efecto de derribe de los insectos ("*knock down*"), que permite suprimir las poblaciones de la plaga en corto tiempo. Una vez lograda una disminución significativa de la población de adultos de la polilla, la

cual se puede confirmar con la trampas, se hace necesario realizar un manejo adecuado del daño potencial que podría presentarse debido a la incidencia de las oviposiciones realizadas en el lote (suponiendo que la población de hembras es comparable a la de machos), así como por causa de la emergencia de larvas y de su capacidad de ejercer un daño acumulado a los tubérculos, a medida que progresa la eclosión de las posturas.

En el caso anterior, es técnicamente recomendable la utilización de un insecticida tipo carbamato, preferentemente de segunda generación, que contiene azufre en su molécula, puesto que este grupo de productos presenta efecto ovicida-larvicida de contacto e ingestión, con buena residualidad en el suelo, al actuar por contacto sobre las posturas y por contacto-ingestión sobre las larvas. Por otra parte, los carbamatos de segunda generación tienen efecto colateral adulticida y presentan características de selectividad a algunos insectos benéficos, como depredadores y parasitioides, siendo por lo tanto compatibles con esquemas de Manejo Integrado. Esta compatibilidad podría ser mayor, si las aplicaciones contra los estados inmaduros de la polilla son dirigidas a la base de la planta de papa y a la pequeña área del suelo circundante (plateo o chuntaqueo), ya que de esta forma, no se efectuarían aplicaciones foliares generalizadas y por lo tanto, no habría un impacto directo sobre la fauna benéfica nativa asociada con el follaje y a las flores de las plantas de papa. La utilización de un carbamato (inhibidor de la acetil colinesterasa) después de la aplicación de un piretroide (bloqueador de los canales de sodio y potasio de la neurona), se ajusta a los principios básicos de rotación de ingredientes activos con diferente mecanismo de acción, que resultan indispensables para preservar el estado de susceptibilidad de las poblaciones de la polilla guatemalteca, previniendo así el desarrollo de resistencia fisiológica. Esta segunda aplicación también podría hacerse con un insecticida organofosforado, especialmente si coexiste una presión significativa de polillas adultas con una incidencia inicial de daño a los tubérculos, ya que este tipo de productos de amplio espectro, ofrecería un control simultáneo de adultos y de las primeras larvas de la plaga. Similar al carbamato, las aplicaciones deben ir dirigidas al tercio inferior de la planta de papa y no al follaje superior, para favorecer la compatibilidad con esquemas MIP al proteger la sobrevivencia de la fauna benéfica.

Frente a la posibilidad de que se presente nuevamente un segundo pico poblacional de adultos de la polilla, lo cual es frecuente, se debería utilizar de nuevo un producto adulticida típico para disminuir rápidamente las poblaciones como un piretroide o un compuesto de otro grupo con mecanismo de acción similar. En el escenario de un segundo pico poblacional de *T. solanivora* y una vez utilizado el producto adulticida, tendría lugar la utilización nuevamente de un insecticida tipo carmabato o tipo organofosforado, para lograr un control efectivo del remanente de población de adultos todavía presentes, pero especialmente para el control de los estados inmaduros de la polilla (larvas) y en el caso del carbamato, el control simultáneo de huevos y larvas de la plaga, reduciendo así la incidencia del daño acumulado en los tubérculos. Teniendo en cuenta la fenología del cultivo y la dinámica de poblaciones de la polilla, existen posibilidades de que las aplicaciones de insecticidas químicos de los grupo ya mencionados (piretroides, organofosforados y carbamatos) coincidan con las etapas de mayor infestación, como podrían ocurrir en la deshierba, al inicio de la tuberización, durante la máxima floración del cultivo, y entre 1-1,5 meses antes de la cosecha. La rotación o alternancia de insecticidas bloqueadores de canales iónicos de la neurona, con insecticidas inhibidores de la colinesterasa, dentro del esquema de una aplicación individual por mecanismo de acción, evita que se ejerza Presión de Selección con el mismo tipo de producto durante más de dos generaciones de la polilla, previniendo muy eficazmente la aparición de resistencia.

Dado que no se ha establecido plenamente el nivel de correlación existente entre la presión de adultos de *T. solanivora* y el daño a los tubérculos de papa, es conveniente que además de monitorear la población de adultos de la polilla (monitoreo de trampas), se realice periódicamente un muestreo representativo de tubérculos, para evaluar la evolución del daño y verificar que dicho daño esté siendo controlado y prevenido eficientemente, dentro del esquema de MIP aplicado.

Finalmente, vale la pena destacar la gran importancia del Control Legal en el Manejo Integrado de *T. solanivora*. Es indudable la relevancia que tendría la definición de zonas de exclusión, de las épocas más apropiadas para la siembra del cultivo dependiendo de las características de cada zona y sobre todo, la reglamentación requerida para la eliminación adecuada de los residuos de cosecha de lotes comerciales de papa. Es fundamental considerar el esquema de cosechas oportunas y evitar el atraso innecesario de la cosecha debido a las fluctuaciones en el precio de la papa. No es menos importante hacer una última recomendación dirigida a la necesidad de desarrollar Programas de MIP zonales o regionales, que involucren áreas grandes y grupos grandes de agricultores vecinos, puesto que con seguridad esta orientación facilitaría y más aún, incrementaría significativamente el impacto positivo de un enfoque MIP para el manejo de la polilla guatemalteca en Colombia, beneficiando en forma apreciable a un gran número de productores de papa, ahora gravemente afectados por esta plaga exótica.

Análisis de la problemática en Colombia de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae)

Alvaro Camilo Arévalo[1]

Resumen

La polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora*, reportada en Colombia desde 1985, es considerada hoy la plaga más dañina de este cultivo, dado que está presente en más del 80% de las zonas productoras del país, genera una disminución de los rendimientos superiores al 30% y un deterioro total de los tubérculos. La escasez de lluvias, el manejo inadecuado del cultivo, el movimiento de la semilla y el de los tubérculos para consumo en fresco e industrial y su empaque, son los principales factores de dispersión e incremento de la plaga en el país.

Con el objeto de conocer los aspectos conceptuales y establecer las principales relaciones de causa consecuencia del problema de *T. solanivora* en Colombia, se realizó un diagnóstico participativo en el cual intervinieron treinta productores de papa de los Departamentos de Cundinamarca y Boyacá, además de diez profesionales conocedores de la problemática en el país. Como herramientas de planificación se aplicaron la Matriz de Vester y el árbol de problemas, mediante los cuales se analizaron dos subsistemas relacionados con el control químico y el manejo integrado de la plaga.

De acuerdo con los hallazgos del diagnóstico participativo, se identificaron 30 problemas relacionados con *T. solanivora*, de los cuales 25 resultaron prioritarios para la siguiente evaluación. Según los resultados de la Matriz de Vester y el análisis de causalidad, el problema central lo constituye las altas poblaciones de la Polilla Guatemalteca, las cuales han superado los umbrales de acción aceptados en el país de 50 polillas/trampa por semana, con capturas hasta de 900 polillas/trampa por semana. Como causas básicas, diferentes a los temas de investigación, se destacaron el desconocimiento de las prácticas de manejo integrado del cultivo y la falta de acciones conjuntas con los agricultores. Los efectos de este problema se manifiestan en la ineficacia de los insecticidas, el uso indiscriminado de productos químicos, los altos riesgo de contaminación de residuos de plaguicidas y el abandono del material afectado por la plaga.

Palabras clave: *Tecia solanivora*, Polilla Guatemalteca, Matriz de Vester, Árbol de Problemas.

Analysis of the Guatemalan potato tuber moth crisis in Colombia

Summary

In order to establish the main cause consequence relations of the *T. solanivora* crisis in Colombia, a participative diagnosis was carried out involving thirty potato farmers of Cunadinamarca and Boyacá and ten knowledgeable professionals in the field. As planning tools, Vester matrixes and problem trees were applied, with which two subsystems were analyzed regarding chemical control and integrated pest management. According with the findings of the participative diagnosis, thirty *T. solanivora* related problems were identified, from which 25 were of primary importance for the evaluation. According with the Vester matrixes' findings and the causality

[1] I.A. M.Sc. Instituto Colombiano Agropecuario - ICA -. Calle 37 No. 8 43, Oficina 404. Bogotá, Colombia.
Correo electrónico: orabbla@yahoo.com

analysis, the central problem were the large populations of Guatemalan potato tuber moth, which have surpassed the accepted action threshold in the country (50 moths/trap per week) with about 900 moths/trap per week. As basic causes, different from the research topics, it was recognized a lack of knowledge about the integrated pest management practices and a lack of joint actions from the producers. Consequences of this problem can be seen in the lack of efficiency of the insecticides, the indiscriminate use of chemical products, high risks of contamination with pesticide residues and the practice of leaving behind the pest-affected material.

Key words: *Tecia solanivora*, Guatemalan potato tuber moth, Vester matrix, problem tree.

Introducción

La polilla guatemalteca de la papa (*T. solanivora*), reportada en Colombia desde 1985, es considerada hoy la plaga más dañina del cultivo. El desconocimiento de la biología de la plaga, sumado a la "cultura química" del productor papero, las prácticas inadecuadas de manejo del cultivo y el incremento de las poblaciones del insecto, han originado preocupación por parte del gremio, en cuanto a la ineficacia de los insecticidas registrados para su control (Universidad Nacional de Colombia, 1998).

El análisis de la problemática constituye la etapa inicial en el proceso de planificación de un proyecto, con el cual el investigador precisa y obtiene conclusiones sobre el problema, permitiéndole responder sus diferentes cuestionamientos: ¿Qué es?, ¿Por qué?, ¿Desde cuándo?, ¿Dónde?, ¿Cuál es la relación con el sistema de producción con otros problemas?, entre otros. Analizar correctamente un problema es alcanzar la mitad de su solución y se convierte en el insumo fundamental para la proyección de las alternativas de un proyecto de desarrollo tecnológico (CORPOICA, 1995).

La Matriz de Vester, desarrollada por el científico alemán Frederic Vester, es un instrumento de planificación que facilita identificar la relación entre las causas y consecuencias de una situación problema (CORPOICA, 1995).

Análisis de la problemática

El análisis de la problemática de la polilla guatemalteca en Colombia, iniciado en el año 2000, tuvo como punto de partida los resultados de un diagnóstico participativo, realizado a treinta productores de papa de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, además de la intervención de diez ingenieros agrónomos conocedores del problema en el país, según las recomendaciones de Cisneros (1995) y Melo (1996).

Una vez precisados los problemas, mediante la Matriz de Vester se identificaron y relacionaron sus principales causas y consecuencias para luego ordenarlas de manera jerárquica en el árbol de problemas y con ello poder identificar el problema central. Finalmente se priorizaron las causas con respecto al impacto potencial relativo, las expectativas de los productores y profesionales, los criterios de sostenibilidad, competitividad, equidad e inocuidad, de acuerdo a los criterios definidos en la propuesta de CORPOICA (1995).

La Matriz de Vester, como formato de doble entrada, permite ubicar tanto en las filas como en las columnas los problemas identificados y luego colocar el nivel de causalidad directa o indirecta de cada problema, sobre cada uno de los demás según la siguiente escala: 0 = no es causa, 1 = es causa indirecta, 2 = es causa medianamente directa y 3= es causa muy directa (CORPOICA, 1995).

Resultados

De acuerdo con los resultados del diagnóstico participativo de la problemática de la polilla guatemalteca en Colombia, se identificaron 30 aspectos, de los cuales se priorizaron 25, para luego dividirse en dos subsistemas relacionados con el control químico y el con el manejo integrado de la plaga. En cada uno de ellos intervinieron 14 factores; según las recomendaciones de CORPOICA, 1995 (Cuadro 1).

Subsistema Control Químico: De acuerdo con los resultados de la Matriz de Vester y del análisis de causalidad desarrollado, el problema central corresponde a las altas poblaciones de la plaga superiores a los umbrales de acción aceptados en el país de 50 polillas/trampa por semana (ICA, 2001), aunque se reportan capturas semanales de hasta 900 polillas/trampa. Como causas básicas se identificaron: el desconocimiento del manejo integrado del cultivo, la cosecha tardía, la incertidumbre durante el período de carencia de los productos, el desconocimiento de la biología de la plaga y la incertidumbre en los umbrales de aplicación. Como principales consecuencias se citan la posible resistencia e ineficacia de los insecticidas, la mala calidad del producto de consumo, los riesgos de contaminación de la semilla para la próxima siembra, el abandono de material afectado, el uso indiscriminado de productos químicos y los altos riesgos de contaminación de los tubérculos por la presencia de residuos de plaguicidas, por aquellos productos utilizados en forma indiscriminada (figura 1).

•Subsistema Manejo Integrado: De acuerdo con los resultados, el problema central lo constituye las altas poblaciones de la plaga cuyas causas básicas se identificaron en el desconocimiento del manejo integrado del cultivo, la falta de acciones conjuntas con los agricultores, la incertidumbre del control etológico, la cosecha tardía, la ausencia de riego, la falta de rotación de cultivos, el desconocimiento de la biología de la plaga, el desconocimiento de la fenología del cultivo, el uso de semilla contaminada por la plaga y la falta de regulación de las siembras. Como principales consecuencias se detectaron la mala calidad del producto de consumo y el abandono del material afectado por *T. solanivora* (Figura 2).

El desconocimiento del manejo integrado del cultivo, como una de las principales causas de las altas poblaciones de la plaga, está de acuerdo con el concepto emitido en el taller de planeación estratégica para el manejo de *T. solanivora* realizado en 1998, según el cual "como factor limitante se identificó el proceso de transferencia de tecnología" (Universidad Nacional de Colombia, 1998).

De otra parte, según lo expresado por Arias (1998), en Antioquia con la aplicación del MIP se logró una disminución del daño en el cultivo, el cual pasó de 15% en 1994 a 3,1% en 1996, lográndose un buen grado de adopción por parte de los agricultores. De acuerdo con Benavides (1998), en Cundinamarca con el uso del MIP se presentaron pérdidas inferiores al 5%, comparadas con el 37% de las fincas testigo (Universidad Nacional de Colombia, 1998). Estos hechos positivos corroboran lo reportado en el análisis de la problemática, según el cual otra de las causas fundamentales del problema central es la ausencia de acciones conjuntas con los agricultores.

Cuadro 1. Resultados del diagnóstico participativo de los principales problemas relacionados con *T. solanivora* en Colombia. 2000.

Problemas identificados	Subsistema control químico	Subsistema manejo integrado
1. Mala calidad del producto de consumo	1. Mala calidad del producto de consumo	1. Mala calidad del producto de consumo
2. Ineficacia de los insecticidas	2. Ineficacia de los insecticidas	2. Ausencia de riegos
3. Altas poblaciones de la polilla	3. Altas poblaciones de la polilla	3. Altas poblaciones de la polilla
4. Desconocimiento manejo integrado del cultivo	4. Desconocimiento manejo integrado del cultivo	4. Desconocimiento manejo integrado del cultivo
5. Inadecuado manejo del cultivo	5. Incertidumbre de la biología de la plaga	5. Cosecha tardía
6. Incertidumbre del control etológico	6. Cosecha tardía	6. Desconocimiento aspectos fenológicos del cultivo
7. Incertidumbre de la biología de la plaga	7. Riesgos por residuos de plaguicidas	7. Desconocimiento de aspectos biológicos, epidemiológicos y de dinámica poblacional
8. Cosecha tardía	8. Incertidumbre de los umbrales de aplicación	8. Semilla afectada por *T. solanivora*
9. Riesgos por residuos de plaguicidas	9. Abandono de material afectado	9. Faltan acciones conjuntas con agricultores
10. Incertidumbre de los umbrales de aplicación	10. Indiscriminado uso de plaguicidas	10. Incertidumbre del control etológico
11. Abandono de material afectado	11. Incertidumbre después del periodo de carencia	11. Abandono de material afectado
12. Indiscriminado uso de plaguicidas	12. Riesgos de contaminación de la semilla	12. Desconocimiento de las medidas de control biológico
13. Incertidumbre después del periodo de carencia	13. Resistencia a insecticidas	13. Falta rotación de cultivos – monocultivo
14. Riesgos de contaminación de la semilla	14. Inadecuada asistencia técnica (expendedores de plaguicidas)	14. Falta regulación de siembras y cosechas
15. Resistencia a insecticidas		
16. No hay destrucción de residuos de cosecha		
17. Inadecuada asistencia técnica (expendedores de plaguicidas)		
18. Disminución de los rendimientos por hectárea		
19. Temor al uso de trampas		
20. Semilla afectada por *T. solanivora*		
21. Desconocimiento aspectos fenológicos del cultivo		
22. Desconocimiento aspectos epidemiológicos y de dinámica poblacional		
23. Desconocimiento aspectos biológicos de la plaga		
24. Faltan acciones conjuntas con agricultores		
25. Falta regulación de siembras y cosechas		
26. Ausencia de riegos		
27. No hay destrucción de residuos de cosecha		
28. Falta rotación de cultivos – monocultivo		
29. Desconocimiento de las medidas de control biológico		
30. Precios bajos		

De acuerdo con Hernández y León, los residuos de cosecha y la papa afectada y abandonada en los predios son las causas que ocasionan los altos niveles poblacionales (Universidad Nacional de Colombia, 1998). Confrontado este concepto con el árbol de problemas de los subsistemas del control químico y manejo integrado, el abandono de material afectado se convierte en un factor importante de retroalimentación en el círculo vicioso del problema, ya que, por una parte, es la causa y por otra, la consecuencia. Si estos factores se conjugan con los puntos anteriores, la asistencia técnica y las acciones conjuntas con los agricultores son dos herramientas fundamentales para hacer frente al problema de *T. solanivora* en Colombia.

•Problemas indiferentes: La inadecuada asistencia dada por los expendedores de insumos de plaguicidas y el desconocimiento de las medidas de control biológico presentaron un total de activo y pasivo bajos en la Matriz de Vester, por lo cual no tuvieron ningún efecto significativo de causalidad. Este tipo de problemas son considerados de baja prioridad en el contexto global del sistema analizado, en el sentido de que cualquier intervención sobre ellos no generará ningún efecto sobre los demás y por lo tanto, una solución al problema (CORPOICA, 1995).

Conclusiones

El análisis de la problemática de *T. solanivora* es la etapa fundamental para el diseño de las alternativas del desarrollo tecnológico. La Matriz de Vester y el árbol de problemas son herramientas de planificación que facilitan establecer con claridad técnica la relación de causalidad de un problema.

El problema central de la polilla guatemalteca en Colombia corresponde a las altas poblaciones de la plaga, superiores a los umbrales de acción aceptados en el país de 50 polillas/trampa por semana (ICA, 2001), aunque se reportan capturas semanales de hasta 900 polillas /trampa.

Como principales causas de las altas poblaciones de la plaga en campo, diferentes a los temas de investigación, se identificaron el desconocimiento del manejo integrado del cultivo y la falta de acciones conjuntas con los agricultores.

Otras causas importantes de las altas poblaciones de la plaga y de difícil respuesta fueron la incertidumbre del control etológico, el desconocimiento de la biología de la plaga, la ausencia de riego, el monocultivo, la ausencia en la regulación de siembras, el desconocimiento de la fenología, la incertidumbre de los umbrales de aplicación y la incertidumbre en los periodos de carencia de los insecticidas.

Las principales consecuencias del problema central de *T. solanivora* son la ineficacia de los insecticidas, el uso indiscriminado de productos químicos, los altos riesgo de contaminación de residuos de plaguicidas y el abandono de material afectado por la plaga.

La inadecuada asistencia dada por los expendedores de insumos de plaguicidas y el desconocimiento de las medidas de control biológico fueron consideradas problemas indiferentes, según la Matriz de Vester.

Recomendación

Se deben tener en cuenta las conclusiones anteriores en la elaboración de las estrategias de

investigación y transferencia de tecnología relacionadas con el manejo y control de *T. solanivora* en Colombia.

Referencias

CISNEROS, F. 1995. Control de plagas agrícolas. Full Print s.r.l., Lima Perú. 313 p.

CORPOICA, 1995. Manual para la gestión de proyectos de desarrollo tecnológico. Bernardo Rivera (Ed.). Bogotá Colombia. 100 p.

MELO, M. 1996. Identificación de la tecnología local de producción y la técnica del diagnóstico participativo. Pasto, Colombia. Mimeografiado 15 p.

ICA, 2001. Plagas y enfermedades de la papa. Boletín de Sanidad Vegetal 32. Alarcón J., Galindo J. (ed.), Bogotá, Colombia.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, MINISTERIO DE AGRICULTURA, COLCIENCIAS, FEDEPAPA, IICA, 1998. Conclusiones y memorias del taller "Planeación estratégica para el manejo de *Tecia solanivora* en Colombia". Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

FIGURA 1

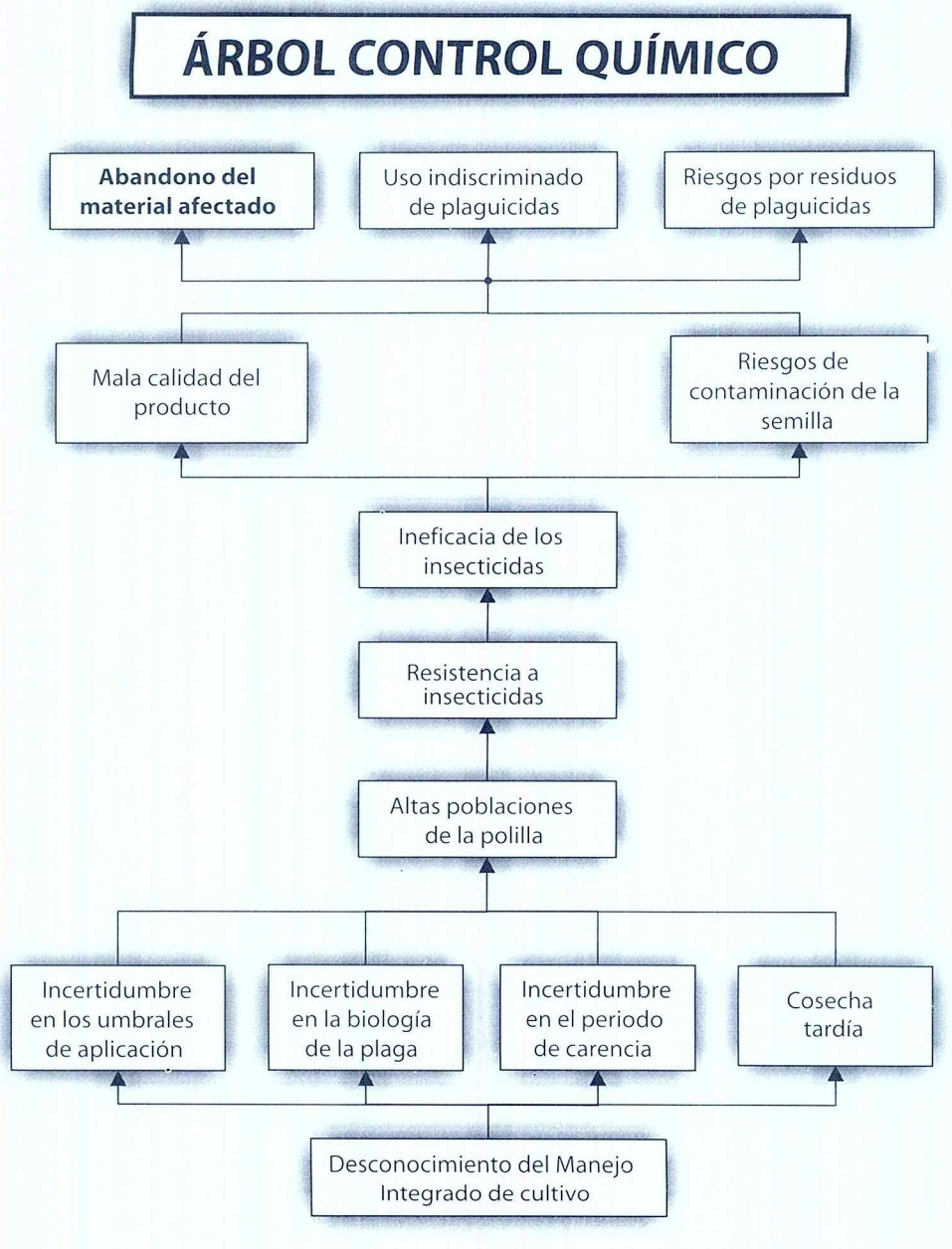
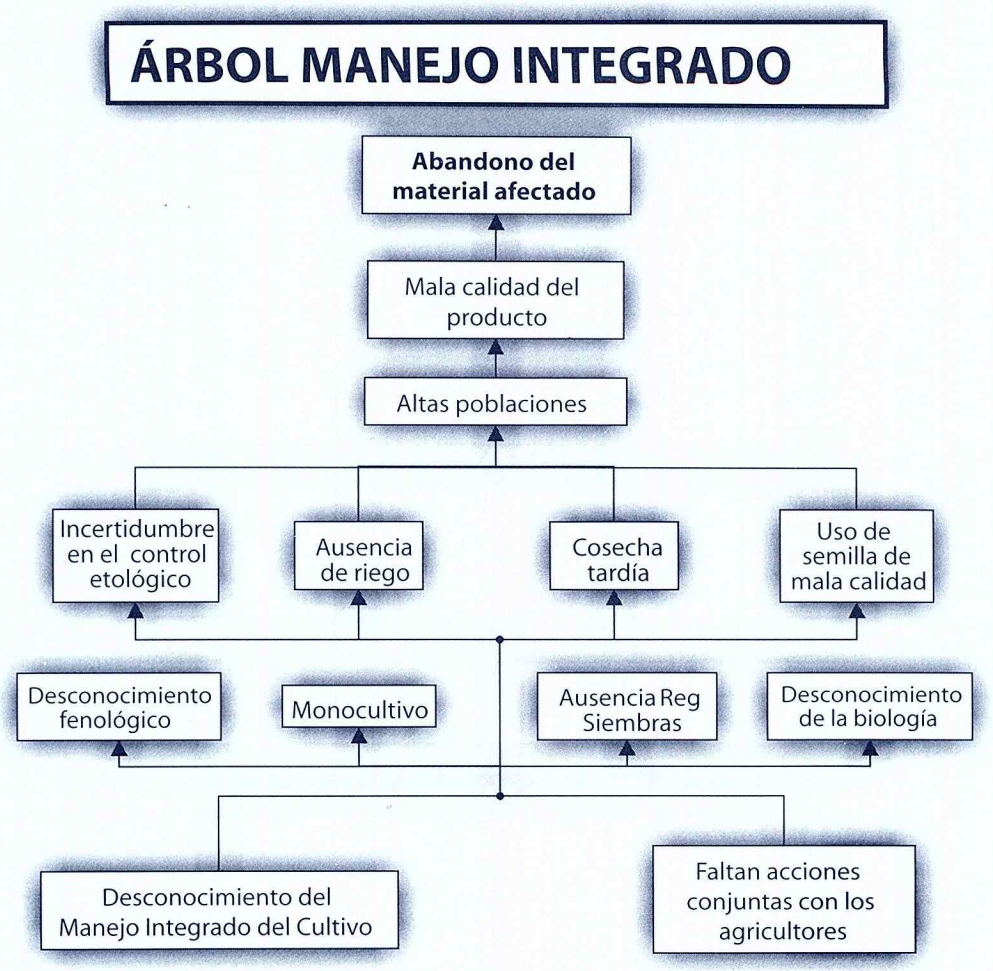

ÁRBOL CONTROL QUÍMICO
Abandono del material afectado
Uso indiscriminado de plaguicidas
Riesgos por residuos de plaguicidas
Mala calidad del producto
Riesgos de contaminación de la semilla
Ineficacia de los insecticidas
Resistencia a insecticidas
Altas poblaciones de la polilla
Incertidumbre en los umbrales de aplicación
Incertidumbre en la biología de la plaga
Incertidumbre en el periodo de carencia
Cosecha tardía
Desconocimiento del Manejo Integrado de cultivo

FIGURA 2


ÁRBOL MANEJO INTEGRADO
Abandono del material afectado
Mala calidad del producto
Altas poblaciones
Incertidumbre en el control etológico
Ausencia de riego
Cosecha tardía
Uso de semilla de mala calidad
Desconocimiento fenológico
Monocultivo
Ausencia Reg Siembras
Desconocimiento de la biología
Desconocimiento del Manejo Integrado del Cultivo
Faltan acciones conjuntas con los agricultores

Determinación del ataque de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny 1973) de acuerdo con los estados de desarrollo del tubérculo

Dario Corredor[1], *Elkin Flórez*[2]

Resumen

Para determinar si hay preferencia de la polilla de la papa por un estado de desarrollo en particular de la planta de papa, se desenterraron y se evaluaron semanalmente 15 plantas variedad Diacol Capiro, en un campo experimental de 12.000 m^2. Tubérculos de diferentes tamaños fueron expuestos a las hembras de la polilla para determinar el porcentaje de tubérculos atacados. No se presentó ataque a las plantas de papa en el campo experimental durante todo el experimento, a pesar de la muy alta presencia de la polilla en los lotes vecinos y de la alta captura de machos de la polilla en las trampas de feromona para machos. No se observó relación aparente entre la captura de machos en las trampas y el período de desarrollo de las plantas de papa. Tubérculos de menos de 5 mm se secaron rápidamente y no permitieron ningún ataque. Tubérculos de 5-10, 10-30 y más de 30 mm mostraron ataque de larvas de la polilla de 82,76% y 98% respectivamente.

Palabras clave: Plagas de la papa.

Potato tuber moth *Tecia solanivora* (Povolny 1973) attack on potatoes according to developmental periods of the potato plant

Summary

To determine if there is a preference of the potato moth for a given developmental stage of the potato plant, 15 potato plants, cv. Diacol Capiro, were weekly dug up out and evaluated in a 12.000 m^2 experimental field. Tubers of different sizes were exposed to females of the moth to determine the percentage of tubers attacked. There was no attack to the potato plants in the experimental field during the whole experiment, in spite of the very high presence of the moth in neighboring fields and the high capture of male moths in the pheromone male traps. There was no apparent relationship between capture of males in the pheromone trap and developmental period of the potato plants. Tubers less than 5 mm dried up quickly and did not allow any attack. Tubers from 5-10, 10-30 and more than 30 mm showed 82, 76% and 98 % attack respectively by the larvae of the moth.

Key words: Potato pests.

Introducción

Los estados de desarrollo del cultivo de la papa varían según los estímulos ambientales y la variedad en estudio. Valbuena (2000) recopiló los estados fenológicos para diferentes variedades de papa; fundamentalmente, se presentan las etapas de germinación, la cual incluye el brote de yemas de tubérculos y germinación; crecimiento vegetativo, tuberización, floración, llenado de frutos y maduración.

[1] I.A., Ph.D., Correo electrónico: dariocorredor@hotmail.com
[2] I.A., M.Sc., Centro de Excelencia Fitosanitaria. Correo electrónico: ehflorep@hotmail.com

La idea de que existe una relación entre determinados estados de desarrollo del cultivo de la papa y el ataque de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny 1973) es bastante generalizada entre productores e investigadores de la papa. Soriano y Pedraza (1998) afirman que el inicio de la formación de tubérculos constituye el estímulo que provoca el pico poblacional más alto y que la estabilización de la población está muy relacionada con la presencia continua de tubérculos en formación y llenado. Soriano (2000) elabora un planteamiento similar relacionando el incremento y la caída en la captura de machos de *T. solanivora* en trampas de feromonas con diferentes etapas del cultivo de la papa, la producción de kairomonas y atracción de hembras por el mismo. Hernández Fajardo y León Varela (1998), por el contrario, concluyeron que la plaga no presenta preferencias significativas hacia los diferentes estados fenológicos del cultivo de la papa. Con esta investigación se pretende tratar de determinar si existe alguna relación entre las etapas de desarrollo de la papa y la presencia de la polilla guatemalteca.

Materiales y métodos

Para estudiar el ataque sobre las diferentes estados de desarrollo del cultivo, se trabajó con plantas de un lote experimental comercial de aproximadamente 12.000m^2, en el municipio de Villapinzón, sembrado la última semana de Noviembre de 2001, con la variedad Diacol Capiro, con distancias de siembra de 0,4m entre plantas y 1m entre surcos. Este lote llevaba los tres últimos años en una rotación en la cual no se había sembrado papa y toda el área había permanecido cubierta en pastos. Se evaluaron semanalmente 15 plantas tomadas al azar, a las cuales se les midió la altura, el número de tubérculos en diferentes tamaños y la presencia del ataque de *T. solanivora*. Para medir el ataque de la polilla guatemalteca se pelaba el tubérculo y luego se partía en cuatro partes, considerando como el inicio del ataque la presencia de larvas de *T. solanivora* de cualquier instar o la observación de daños. El monitoreo de la polilla guatemalteca se realizó con cinco trampas de feromonas con agua jabonosa; los valores de capturas de la polilla obtenidos en cada una de las trampas se promediaron para elaborar las gráficas. Adicionalmente, se colocaron 50 tubérculos en diferentes etapas de formación en recipientes de cartón, y se expusieron durante 24 horas a una hembra adulta colectada en el campo y lista para ovipositar.

Los tratamientos aplicados en el lote comercial experimental, tanto para ataques de hongos como para los de insectos, fueron los mismos utilizados en cultivos comerciales en la región de Villapinzón, incluyendo tres o cuatro aplicaciones para la polilla guatemalteca en el momento de la siembra, la deshierba, el aporque y en el período correspondiente a la floración.

Resultados y discusión

El cultivo experimental sufrió un estrés hídrico muy grande debido a la intensa sequía que se presentó en la región durante los meses de Enero, Febrero y Marzo de 2002. Por esta razón, el ciclo normal de la planta se alteró de manera considerable; la etapa de floración no se presentó, las plantas no crecieron en altura y el número de tubérculos producidos fue bajo.

En la Figura 1 se muestra la captura de machos de polilla guatemalteca, altura de la planta y número promedio de tubérculos de diferente tamaño. Las capturas de machos de la polilla guatemalteca fueron altas desde finales de Febrero hasta mediados de Abril de 2002.

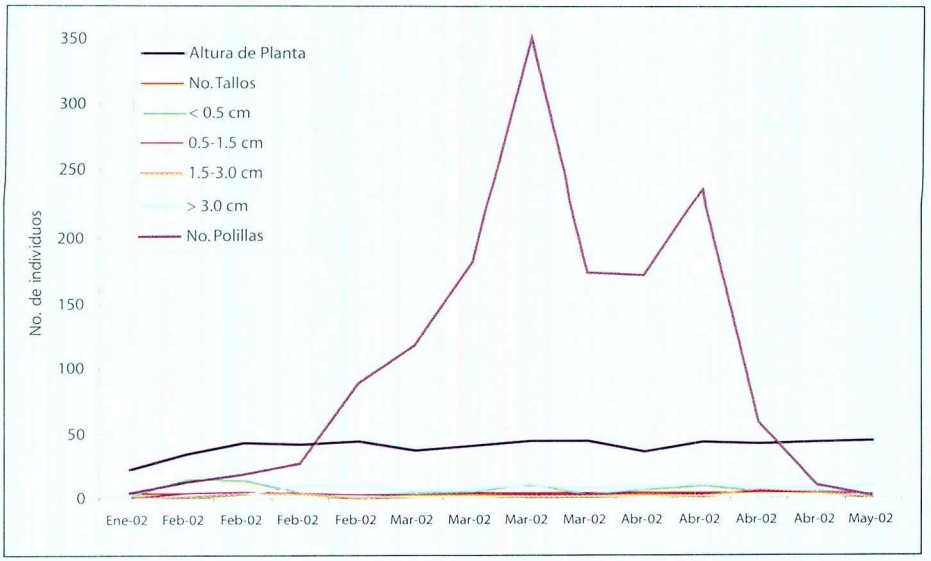


Figura 1. Captura de machos de *T. solanivora*, altura de planta, número de tallos y número de tubérculos de diferente tamaño en el cultivo comercial experimental de papa.

En ninguna de las evaluaciones semanales ni en la evaluación final, al momento de la cosecha, se encontró daño causado por *T. solanivora*, a pesar de tener en dos costados del lote comercial experimental, a distancias tan cortas como 10m, lotes comerciales de papa atacados por la polilla. Sobre uno de estos costados se determinó la presencia de un foco efectivo de *T. solanivora* a una distancia de 40m. A pesar de la cercanía a un área infestada con la polilla, no se produjo invasión del cultivo experimental comercial. Los machos, sin embargo, sí se desplazaron desde las áreas adyacentes infestadas y fueron capturados en forma abundante en las trampas de feromona con agua jabonosa utilizadas para el monitoreo de la polilla en el lote experimental comercial. Este hecho indica una muy baja movilidad de las hembras de *T. solanivora* y un alto desplazamiento de los machos de la especie.

Aparentemente no se observa ninguna tendencia que pueda relacionar alguno de los parámetros medidos en las plantas y las capturas de machos de polilla guatemalteca. Al individualizar algunos datos, se encuentra una tendencia un poco diferente, y aparentemente, podría existir alguna relación, en algunas fechas, entre las capturas de machos y la presencia de tubérculos en formación menores de 0,5cm (Figura 2). En otro estudio, cuyos datos aún no han sido publicados (Corredor y Flórez, 2002), se concluye mediante un análisis espacial y de determinación de tamaño de focos para *T. solanivora* que los machos se dispersan entre 47 y 120m de distancia. Esto implica, cuando se utilizan trampas de feromonas, que la captura de machos no necesariamente indica la presencia de polillas hembras en el lote, lo cual marca un desfase espacial que, para el caso de lotes experimentales y ensayos con parcelas cuya medición de tendencias de población se hace con trampas de feromonas, podría llevar equivocadamente a "mostrar" focos poblacionales no existentes. Este tipo de detalles, en el análisis de gráficas poblacionales, podría haber originado la interpretación equivocada de relaciones entre fases de desarrollo vegetativo de la planta de papa y atracción de hembras y colonización de áreas o establecimiento de focos de población (Soriano y Pedraza, 1998; Soriano, 2000). Aparentemente, según los datos colectados en esta investigación, no existe relación entre etapas de desarrollo y atracción de hembras de la polilla guatemalteca.

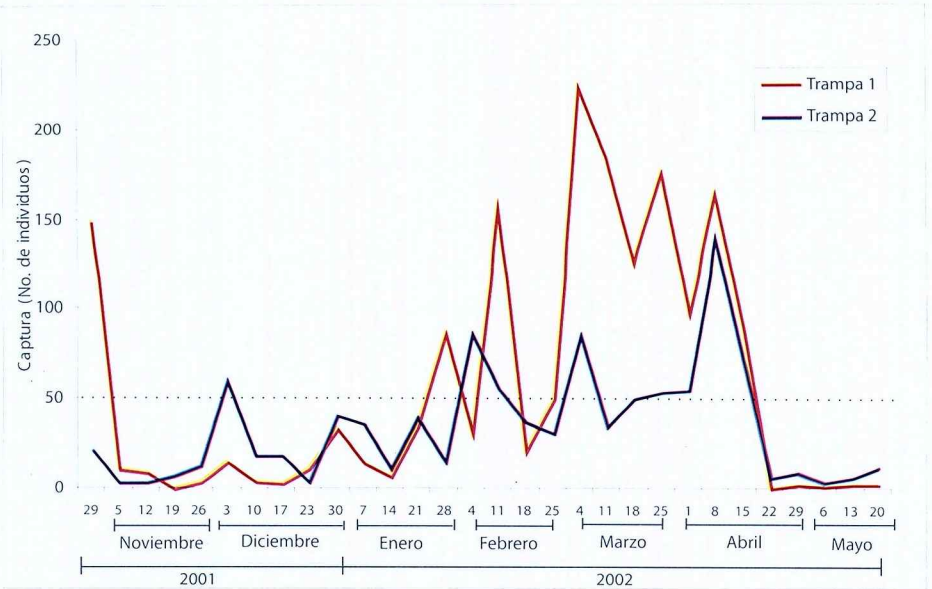


Figura 2. Captura de machos de *T. solanivora*, número de tallos y número de tubérculos de diferentes tamaños en el cultivo comercial experimental de papa.

En cuanto al montaje para determinar el ataque de *T. solanivora* sobre tubérculos de diferentes tamaños (Tabla 1), se encontró que las larvas de la polilla guatemalteca atacaron todos los estados de crecimiento de los tubérculos. El porcentaje de ataque más alto se presentó sobre los tubérculos de mayor tamaño (más de 30mm); a su vez, sobre los tubérculos de más de 5mm de tamaño se encontraron infestaciones con más de una larva, y en todos ellos se hallaron larvas maduras, las cuales pudieron completar su ciclo en los diferentes tamaños. Los tubérculos más pequeños, menores de 5mm en tamaño, que se forman en la primera etapa de tuberización, se deshidrataron rápidamente en dos o tres días y no permitieron la posibilidad de un ataque por parte de las larvas de la polilla. Sin embargo, sí se presentó oviposición sobre este tipo de tubérculo.

Tabla 1. Porcentaje de tubérculos de diferentes tamaños atacados por larvas de *T. solanivora*.

Tamaño de tubérculos	Menos de 5 mm	De 5-10 mm	De 10-30 mm	Mayor de 30 mm
Porcentaje de ataque	0	82	76	98
Número de tubérculos	50	50	50	50

En conclusión, según estos resultados, no existe una relación entre los estados de desarrollo del cultivo y la mayor captura de machos en trampas de feromonas. Las hembras de la polilla guatemalteca, a pesar de estar presentes en lotes comerciales de papa a distancias relativamente cortas, no se desplazaron hacia el cultivo aledaño. No obstante, la polilla guatemalteca tiene la capacidad de atacar tubérculos en todas las etapas de desarrollo de los mismos. Un lote en rotación de tres años con pastos mostró un cultivo experimental comercial de papa libre de ataques de *T. solanivora* a pesar de la presencia del insecto en áreas aledañas cercanas.

Referencias

CORREDOR, D.; E. FLÓREZ. 2002. Análisis espacial y determinación del tamaño del foco y análisis de dispersión para machos de *Tecia solanivora* (Povolny). Informe a CEVIPAPA, Proyecto No. CV-02-006-01.

HERNÁNDEZ FAJARDO, L. Y.; A. LEÓN VARELA. 1998. dinámica poblacional y comportamiento de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny) en el municipio de Ventaquemada, Boyacá. En: Conclusiones y memorias del taller "Planeación estratégica para el manejo de *Tecia solanivora* en Colombia". Universidad Nacional de Colombia. Julio 22, 23 y 24 de 1998. Bogotá. pp. 36-37.

SORIANO, J. E. 1999. Algunos aspectos para una mejor comprensión de *Tecia solanivora* (polilla guatemalteca). Memorias. XXVI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Bogotá. pp. 239-247.

SORIANO, J. E.; N. PEDRAZA. 1998. Relación entre el comportamiento poblacional de machos de *Tecia solanivora* y el desarrollo del cultivo de papa.. En: Conclusiones y memorias del taller "Planeación estratégica para el manejo de *Tecia solanivora* en Colombia". Universidad Nacional de Colombia. Julio 22, 23 y 24 de 1998. Bogotá. pp. 54-55.

VALBUENA, I. 2000. Aspectos ecofisiológicos básicos sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de la papa. En: Manejo Integrado del Cultivo de la Papa. Manual Técnico. Corpoica. Regional Uno. Bogotá. p. 39-50.

Construcciones génicas *cry1Ab* y *cry1Ac* de *Bacillus thuringiensis* para el desarrollo de líneas de papa con posible resistencia a *Tecia solanivora*

Ana Milena Valderrama[1], *Esperanza Rodríguez*[2], *Rafael Arango*[3]

Resumen

La polilla de la papa, *Tecia solanivora*, es una de las más importantes plagas y se encuentra distribuida en todas las áreas productoras de Colombia. Un eficiente manejo integrado de las polillas de la papa incluye la reducción y racionalización en la administración de los insecticidas y la utilización de técnicas alternativas dirigidas hacia la reducción del efecto de la plaga. La introducción de genes Cry de *Bacillus thuringiensis* en plantas de papa conduce a la expresión de proteínas en los tejidos internos de la planta. Como consecuencia, el control podría expandirse a toda la temporada de cultivo y las poblaciones de insectos expuestas serían únicamente aquellas que se alimentan de los tejidos internos de la planta. Adicionalmente, los costos de producción y el impacto ambiental serían reducidos.

El propósito de este trabajo es desarrollar varias líneas transgénicas de papa colombianas, potencialmente resistentes a *T. solanivora*, mediante la introducción de los genes *cry1Ab* y *cry1Ac* de *B. thuringiensis*. Estos genes fueron cedidos por el Dr. Illimar Altosaar de la Universidad de Ottawa mediante un convenio de transferencia de material para fines de experimentación. Se hicieron varias construcciones genéticas con los genes *cry1Ab* y *cry1Ac*, los promotores de la Ubiquitina y del 35S del Virus del Mosaico del Coliflor (CaMV35S), en el vector pCAMBIA 1305.1 portador del gen de resistencia a Higromicina fosfotransferasa (htp) y del gen reportero ß-glucoronidasa (GUS). Los constructos que se hicieron fueron los siguientes: Ubiquitina-*cry1Ab*-Nos terminador, Ubiquitina- *cry1Ac*-Nos terminador, CaMV35S-*cry1Ab*-Nos terminador y CaMV35S-*cry1Ac*-Nos terminador. Con estos constructos se transformó la cepa de Agrobacterium LBA4404. Las colonias de Agrobacterium transformadas están siendo usadas para la transformación de las variedades de papa Diacol capira y Parda pastusa a partir de hojas. Los estudios de expresión de genes serán realizados mediante el uso de las plántulas transformadas.

Palabras clave: Transformación. Papa. Biotecnología.

Cry 1Ab and *Cry 1Ac* genetic constructions from *Bacillus thuringiensis* for the development of potato lines with possible resistance to *Tecia solanivora*

Summary

Potato moth *Tecia solanivora* is one of the most important pests and is distributed in all productive areas of the country. An efficient integrated management of potato moths includes the reduction and rationalization of insecticide administration and the utilization of alternative techniques aimed at reducing the insect effect. The introduction of Cry genes from *Bacillus thuringiensis* in potato plants leads the expression of the protein to internal plant tissues. As a consequence,

[1] Microbióloga. Unidad de Biotecnología Vegetal. UNALMED-CIB. Corporación para Investigaciones Biológicas - CIB - Carrera 2ª No. 78b 141 Medellín.

[2] Bióloga, M.Sc., Facultad de Ciencias, Escuela de Biociencias, Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín).

[3] Biólogo, Ph.D., Departamento de Biología, Universidad del Tolima. Correo electrónico: rafaelarango@epm.net.co

control could expand to the whole season and the exposed insect populations would be those fed only from plants. Additionally, production costs as well as the environmental impact would be reduced.

The purpose of this work is to develop several Colombian potato transgenic lines potentially resistant to *T. solanivora* by introducing *cry1Ab* and *cry1Ac* genes from *B. thuringiensis*. These genes were obtained from Dr. Illimar Altosaar at Ottawa University by a material transfer agreement for experimental puposes. Several genetic constructs containing *cry1Ab* and *cry1Ac* genes with Ubiquitin or CaMV35S promoters were made in pCAMBIA 1305.1 which harvors a Phosphotransferase hygromycin resistance gene (htp) and a reporter gene ß- glucoronidase (GUS) gene. The constructs that were made were the following: Ubiquitin-*cry1Ab*-Nos terminator, Ubiquitin-*cry1Ac*-Nos terminator, CaMV35S-*cry1Ab*-Nos terminator and CaMV35S-*cry1Ac*-Nos terminator. Agrobacterium LBA 4404 strain was transformed with these constructs. Transformed Agrobacterium colonies are being used for leaf transformation of Diacol capira and Parda pastusa potato varieties. Gene expression studies will be carried out using the transformed plantles.

Key words: Transformation. Potato. Biotechnology.

En Colombia, el cultivo de papa ocupa el tercer lugar en área sembrada, con alrededor de 168.000 hectáreas cultivadas y con 90.000 familias vinculadas a su explotación directa. De las variedades de papa (*Solanum tuberosum* subespecie *andigena*) únicamente se ha generalizado el uso de cuatro de ellas (Pastusa, Diacol Capiro, ICA-Puracé e ICA-Nariño) susceptibles a insectos plaga y enfermedades, siendo, por tanto, el producto agrícola que demanda mayor cantidad de fungicidas e insecticidas. La polilla guatemalteca *Tecia solanivora* se ha constituido en una de las plagas más importantes del cultivo de papa, que se distribuye en todas las zonas de cultivo del país y reduce un 40%-80% la producción. El manejo de los problemas sanitarios se manifiestan en altos costos de producción y en la disminución del rendimiento. El Manejo Integrado de las polillas de la papa contempla la reducción y racionalización del uso de plaguicidas, así como la utilización de técnicas alternativas que sin deteriorar el medio ambiente contribuyan a reducir la población a niveles no perjudiciales. *T. solanivora* es susceptible a preparaciones comerciales de *Bacillus thuringiensis* (Bt); sin embargo, su utilidad contra insectos que se alimentan de tejidos internos de la planta, es poca por el difícil acceso hasta ellos. En este aspecto, la ingeniería genética de plantas ofrece la posibilidad de introducir genes de resistencia de especies foráneas dentro de los cultivos de plantas, como las endotoxinas insecticidas de Bt. La introducción de genes Bt en especies agrícolas permite la expresión de proteínas en los tejidos internos de las plantas, con lo que el control de insectos podría extenderse a toda la temporada de cultivo y la población de insectos expuesta sería únicamente aquella que se alimenta de las plantas. Adicionalmente, se disminuiría en forma significativa el uso intensivo de insecticidas químicos y con ello se disminuirían los costos de producción y el impacto ambiental generado por la acumulación de compuestos químicos.

El grupo de Biotecnología Vegetal UNALMED-CIB ha venido trabajando en el desarrollo de líneas con posible resistencia a *T. solanivora* utilizando genes de *B. thuringiensis*. Para la transformación genética de hojas de papa Diacol Capiro y Pardo Pastusa se estandarizó la metodología usando *Agrobacterium*; de igual forma, se estandarizó el sistema de regeneración de explantes de hoja con una eficiencia del 90%. Con los antecedentes de los trabajos realizados para la transformación y regeneración de hojas de papa colombiana en el laboratorio de Biotecnología

Vegetal UNALMED-CIB, se planteó como objetivo general del proyecto el desarrollo de líneas transgénicas de variedades colombianas de papa, potencialmente resistentes a la polilla de la papa *Tecia solanivora* mediante la introducción de genes *cry1Ab* y *cry1Ac* de *B. thuringiensis*; estos genes fueron proporcionados por la Universidad de Ottawa (Canadá) mediante un acuerdo de transferencia de materiales. Estos genes han sido sintetizados específicamente con codones apropiados para la expresión en plantas y han sido utilizados para la transformación de arroz. Sin embargo, los genes fueron enviados en una forma no útil para la transformación de papa y fue necesario transferirlos a vectores específicos para la transformación con *Agrobacterium* conocidos como plásmidos pCAMBIA.

Mediante la utilización de diferentes técnicas de ingeniería genética en *Escherichia coli* se elaboraron cuatro construcciones génicas que contienen los genes *cry1Ac* y *cry1Ab* bajo la expresión de los promotores constitutivos ubiquitina y CaMV35S. En primer lugar, se transformaron células de *E. coli* para amplificar los plásmidos que contienen los genes *cry* y el vector pCAMBIA 1305.1. El promotor ubiquitina fue aislado a partir del plásmido pUBC y el promotor CaMV35S a partir del plásmido pSH10, estos promotores se clonaron en pCAMBIA 1305.1. Como resultado de las diferentes clonaciones se tienen vectores pCAMBIA 1305.1 con cuatro construcciones genéticas compuestas por: Ubiquitina-cry1Ab-Nos terminador; Ubiquitina-cry1Ac-Nos terminador; CaMV35S-cry1Ab-Nos terminador y CaMV35S-cry1Ac-Nos terminador. Adicionalmente, el vector pCAMBIA contiene, en su DNA de transferencia como marcador de selección en plantas, el gen de resistencia a higromicina y el gen reportero de la b-glucoronidasa (*gus*).

Con los vectores construidos se transformó *Agrobacterium* LBA 4404 y se evidenció por medio de PCR la amplificación de los genes *gus* y *cry* de las colonias transformadas. Como producto de PCR del gen *gus* se obtiene un fragmento de un tamaño de aproximadamente 900 pares de bases, por otra parte, de la amplificación del gen *cry1Ac* se observa una banda con un tamaño de aproximadamente 700 pares de bases. Con las cuatro construcciones elaboradas se están transformando explantes de hojas de las variedades de papa Diacol Capiro y Parda Pastusa utilizando la metodología estandarizada en el laboratorio UNALMED-CIB mediada por *Agrobacterium*. El tiempo de regeneración de los explantes se encuentra entre 3 a 4 semanas. Con los explantes regenerados se va a determinar la integración y expresión de los genes *cry*. Como resultado de las transformaciones se esperan obtener líneas de variedades de papa colombiana que integren y expresen los genes *cry1Ab* y *cry1Ac*; los tubérculos de las líneas que expresen en niveles adecuados las proteínas CRY se utilizarán para realizar bioensayos a nivel de laboratorio para determinar su efectividad en el control de *T. solanivora*.

Generación y transferencia de tecnología para el control biológico del gusano blanco *Premnotrypes vorax* y la polilla guatemalteca *Tecia solanivora*, plaga de importancia económica en el cultivo de la papa en Colombia

Aristóbulo López-Ávila[1]

Resumen

Entre los insectos plaga de mayor importancia económica en el cultivo la papa sobresalen el gusano blanco y la polilla guatemalteca. Para su control los agricultores usan una gran cantidad de plaguicidas químicos, los cuales aplican mediante la modalidad "calendario", en la mayoría de los casos sin justificación técnica y sólo con el criterio de proteger la cosecha contra el eventual ataque de las plagas. Como alternativa a esta modalidad de control, existen otras estrategias como el control biológico, que desde un enfoque ecológico, natural y sostenible son promisorias para la implementación de un plan de Manejo Integrado de plagas. Se presentan los resultados de un estudio sobre reconocimiento, identificación y selección de enemigos naturales del gusano blanco y la polilla guatemalteca, adelantado por investigadores del programa nacional de manejo integrado de plagas de Corpoica. Como enemigos naturales del gusano blanco, se registran hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii* y *Metarhizium anisopliae*, con buen potencial para el control biológico de esta plaga. Y como enemigos naturales de la polilla guatemalteca sobresalen parasitoides de huevos del género Trichogramma y las chinches depredadoras *Lyctocoris campestris* y *Buchannaniella contigua* Se incluyen algunos parámetros biológicos de esos organismos, determinados bajo condiciones de laboratorio. Este estudio ha permitido sentar las bases para el desarrollo de una estrategia de manejo integrado de las dos plagas de mayor importancia económica en le cultivo de la papa en el país con énfasis en la utilización de los agentes benéficos más promisorios.

Palabras clave: Entomopatógenos. Parasitoides. Depredadores.

Development and transfer of technology to control the Andean weevil *Premnotrypes vorax* and the Guatemalan potato tuber moth *Tecia solanivora* pests of economic importance in potato crop in Colombia

Summary

Among insect pests of major economic importance in popato crops, the Andean weevil and the Guatemalan potato tuber moth stand out. To control them, farmers use a great deal of chemical pesticides, which are applied in a "calendario" modality, most of the time without any technical reason, but just aiming to protect the crop against eventual pest attacks. As a new control alternative, there are other strategies like biological control, which, from an ecological, natural and sustainable stand point, can be promising for Integrated Pest Management plan implementation. Results from a study on survey, identification and selection of natural enemies of the two pests are presented. This study was carried out by researchers of the National Program of Integrated Pest

[1] I.A., M.Sc., Ph.D. Investigador Principal del Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas - MIP- Corpoica. C.I Tibaitatá. Financiación Pronatta. Correo electrónico: alopez@corpoica.org.co

Management of Corpoica. Several entomopathogenic fungi, as *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii* and *Metarhizium anisopliae*, were identified as natural enemies of the weevil, with great biological control potential. As natural enemies of the Guatemalan potato tuber moth, egg parasitoids from the genus Trichogramma and predator bugs as *Lyctocoris campestris* and *Buchannaniella contigua* were identified. Some of the biological features of these organisms were determined in laboratory conditions. This study has established the basic principles to develop an integrated management strategy of the two most economically important pests in potato crop in this country, emphasising on the use of the most promising beneficial agents.

Key words: Entomopathogens. Parasitoids. Predators.

Objetivo general

Determinar los componentes para el desarrollo y transferencia de modelos de Manejo Integrado de Plagas de las papas a nivel nacional, mediante la generación y desarrollo de tecnologías para el control biológico de las dos plagas más importantes del cultivo de papa.

Región

Altiplano Cundiboyacence, Montaña Santandereana, Altiplano de Nariño, Altiplano Norte de Antioquia.

Descripción de resultados

Componentes del Manejo Integrado de Plagas para el control de la polilla guatemalteca y el gusano blanco en papa, que incluyen recolección en campo y conocimientos sobre la biología de algunos enemigos naturales, evaluación del control por parasitoides, depredadores y entomopatógenos, y desarrollo de biopreparados y de técnicas de cría y producción de los agentes de control seleccionados, según el caso.

Descripción del proceso metodológico

Se realizaron muestreos de campo en 25 municipios de las regiones productoras de papa para seleccionar enemigos naturales de los dos insectos, estudios básicos de la biología y epidemiología del gusano blanco (revisión de literatura), de la polilla (evaluación trampas de feromonas) y de sus enemigos naturales, incluyendo técnicas de cría, producción masiva y evaluaciones en campo. Se encontraron hongos entomopatógenos contra el gusano blanco (*Beauveria bassina*, *B. brongniartii* y *Metarhizium anisopliae*) y parasitoides (*Trichogramma sp.*, *Apanteles sp.* y *Tachinidae sp.*), depredadores (*Buchananiella contigua*, *Lyctocoris campestris* y *Orius tristicolor*) y hongos entomopatógenos (dos cepas nativas de *Bacillus thuringiensis*) contra la polilla guatemalteca. Contra este insecto también se evaluaron los parasitoides *Trichogramma lopezandinensis* y *Copidosoma koehleri* (introducidos de Perú y Bolivia) y se realizó una revisión de literatura sobre el *Baculovirus*. Posteriormente, se estandarizó un método semiartesanal de producción *B. bassiana* con arroz partido - salvado de trigo, y se diseñaron cámaras de cría masiva de los parasitoides y entomófagos seleccionados, ajustadas a las condiciones de la Sabana de Bogotá y a métodos artesanales. Para *T. lopezandinensis* se establecieron parámetros específicos como la tabla de vida y fertilidad. En campo se establecieron parámetros de aplicación de *B. bassiana* (presentación granular, en superficie, sin adición de gallinaza, entre completa

germinación y dos semanas antes del aporque) para el control del gusano blanco. En general, el proyecto se ajustó al diseño metodológico inicial, con un cambio para reemplazar los estudios biológicos del gusano blanco y de la eficiencia del *Baculovirus* por sendas revisiones de literatura.

Estado actual de la opción tecnológica

La opción tecnológica desarrollada en este estudio presenta un alto desarrollo en términos de conocimientos de parámetros básicos de la biología de los enemigos naturales de la polilla y del gusano blanco, así como de técnicas de cría y liberación de parasitoides y entomófagos, y de aplicación de biopreparados a base de hongos en campo. No obstante, en términos de los mismos investigadores, todavía se requieren estudios complementarios para establecer épocas y dosis óptimas de las liberaciones y estudios de análisis económico. A lo anterior, hay que agregar estudios de los biocontroladores bajo diversas condiciones agroecosistémicas (tipos de suelos, manejo de parcelas con agroquímicos), que pueden complementar la opción tecnológica en marcha. Las ventajas de esta opción se traducen en la sustitución paulatina de insecticidas y, por consiguiente, en la reducción de riesgos de envenenamiento de seres humanos y de contaminación de recursos naturales. Uno de los mayores obstáculos para la adopción puede ser el de la producción masiva y comercialización de estos controladores biológicos.

Publicaciones

Artículo: "Evaluación de una cepa nativa de *Beauveria bassiana* (Bals) Vull. para el control del gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax* (Hustache)) en Siachoque - Boyacá; Artículo: "Actividad biocontroladora de hongos entomopatógenos contra *Premnotrypes vorax* (Coleoptera: Curculionidae) mediante su utilización individual o combinada"; Articulo: "Estudios biológicos del parasitoide *Trichogramma lopezandinensis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) orientados al control de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae)"; Artículo: "Estudio básico para el control microbiológico del gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax*) con *Beauveria spp.* y *Metarhizium sp*"; Artículo: "Tabla de vida y fertilidad del parasitoide *Trichogramma lopezandinensis* Sarmiento (Hymenoptera: Trichogrammatidae) sobre el hospedero *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae)"; Artículo: "Descripción de enemigos naturales de *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) en localidades productoras de papa en Colombia"; Artículo: "Efecto de la trampa de feromona sexual en el monitoreo de poblaciones de *Tecia solanivora* (Povolny)"; Artículo: "Estudios biológicos del parasitoide *Trichogramma lopezandinensis* (Hym: Trichogrammatidae) Sarmiento orientados al control de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Lep: Gelechiidae)"; Artículo: "Control microbiológico del gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* (Coleoptera: Curculionidae) con *Beauveria sp.* y *Metarhizium sp.*"; Artículo: "Evaluación en campo de dos cepas de *Beauveria bassiana* para el control biológico del gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* (Col., Curculionidae)"; Artículo: "Influencia de la humedad en la viabilidad y patogenicidad de *B. bassiana* sobre el gusano blanco *Premnotrypes vorax* (Hustache) (Coleoptera: Curculionidae)"; Artículo: "Evaluación en laboratorio de la actividad biocontroladora de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* Hyphomycetes: Monilia sobre *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidóptera: Gelechiidae); Manual: Manejo Integrado de Plagas en papa. Informe Técnico Final, Resumen Ejecutivo.

Proyectos en curso

Sistema de vigilancia fitosanitaria para la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny 1973) en Colombia

Herberth Matheus[1]

Resumen

El Centro Internacional de la Papa - CIP - decidió organizar con Ecuador, Perú y Colombia el programa de "Monitoreo de la Red Trinacional contra *Tecia solanivora*" con sus instituciones SESA, SENASA e ICA.

En Colombia éste programa de vigilancia se adelanta en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Nariño, Norte de Santander, Tolima y Santander, en donde se realizan lecturas semanales de las trampas por parte de los técnicos del ICA, quienes las envían a la coordinación nacional del proyecto en Oficinas Nacionales del ICA, donde son consolidadas e incluidas en la base de datos de la página web del CIP para su procesamiento y presentación de resultados. Esta base de datos solicita información sobre localidad, ubicación, coordenadas, número de insectos capturados, variedad, etc. En Colombia, la información se recopiló durante el segundo semestre del 2002 y actualmente se está consolidando y enviando al CIP. Como ejemplo se presentan los resultados de Boyacá, donde se seleccionaron 17 municipios y en cada uno de ellos se tomaron 3 fincas y se instalaron 4 trampas por finca. Los promedios más altos de adultos capturados por trampa por semana se registraron en los municipios de Samacá (186) y Tutazá (142) y los más bajos en Ventaquemada (3) y Úmbita (4).

Palabras clave: Feromonas. Dinámica de población.

Fitosanitary monitoring system for *Tecia solanivora* (Povolny 1973) in Colombia

Summary

The International Potato Center - CIP- promoted the organization of The Trinational Network for *Tecia solanivora* monitoring program through institutions from Ecuador, Perú and Colombia (SESA, SENASA and ICA). In Colombia this activity is developed in Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Nariño, Norte de Santander, Tolima and Santander, where weekly readings of the traps done by ICA technicians are sent to the national coordination center of the project, where it is consolidated and entered to the data base of the CIP Web page to be processed to get results which are diffused lately. This data base asks for information like locality, location, coordinates, number of captured insects, variety, etc. The information in Colombia was compiled during the second semester of 2002 and at the moment it is being consolidated and sent to the CIP. As an example, the data base shows the Boyacá figures, where 17 municipalities with 3 farms per locality were selected and 4 traps per farm were settled. The average record of adults captured by trap per week were registered at Samacá (186) and Tutazá (142); the lowest, at Ventaquemada (3) and Úmbita (4).

Key words: Pheromones. Population dynamics.

[1] I.A., Líder Nacional del Proyecto Polilla Guatemalteca de la Papa, ICA, Oficinas Nacionales.

El cultivo de la papa en Colombia ocupa el tercer lugar en la producción agropecuaria nacional con 2,96 millones de toneladas registradas para el año 2000, corresponde al décimo cultivo en extensión con 170.719 hectáreas sembradas, de las cuales el 70% corresponden a parcelas menores de dos hectáreas, y al sexto lugar en valor de la producción. Este cultivo ocupa 120 jornales directos por hectárea y constituye la base económica de la cual dependen en forma directa 90.000 familias.

La polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny 1973) es actualmente una de las principales plagas que ataca este cultivo en Colombia; fue reportada por primera vez en el país en 1985, en el departamento de Norte de Santander. Las condiciones climáticas prevalecientes en nuestro país, el movimiento de semilla y tubérculo para consumo humano e industrial y su empaque, favorecen la dispersión de la plaga en la mayor parte del área de cultivo a nivel nacional.

La clasificación taxonómica de la polilla guatemalteca de la papa es:

Orden: Lepidoptera
Familia: Gelechiidae
Género: Tecia
Especie: *T. solanivora*

El adulto de este insecto es una mariposa o polilla de color pardo oscuro, su mayor actividad se presenta al atardecer mientras que en el día se oculta bajo los terrones de suelo; su ciclo de vida dura alrededor de 60 y 70 días en el campo. La hembra deposita los huevos sobre los tubérculos o en el suelo cerca de los que están en proceso de formación. La fase de larva, que se desarrolla dentro del tubérculo, origina los daños al formar galerías que producen la descomposición o podredumbre del tubérculo, lo cual conlleva a la pérdida de su valor comercial o su empleo como semilla. Una vez la larva completa su desarrollo, sale de la papa para iniciar el estado de prepupa y pupa, del cual emergen finalmente los adultos cuya duración en campo alcanza unos 20 días.

Con el fin de reducir las pérdidas causadas al cultivo por esta plaga se ha establecido un Programa de Manejo Integrado que incluye control cultural, biológico, legal, químico y etológico. El control cultural consiste en efectuar prácticas como la buena preparación del suelo, el empleo de semilla sana sembrada a 15cm de profundidad cubierta de inmediato, desyerbas oportunas, aporque alto (35cm), realización de riego, cosecha oportuna y eliminación de residuos de cosecha.

A nivel de almacén se ha comprobado la eficacia del control biológico con el uso del virus de la granulosis *Baculovirus phtorimaea*, además existe un gran potencial de parasitoides nativos. El control legal de la plaga incluye las diferentes medidas establecidas de acuerdo con la situación de la misma. Para la aplicación del control químico en campo deben tenerse en cuenta los criterios de población de la plaga, porcentaje de floración y porcentaje de tuberización; en almacenamiento puede hacerse manejo preventivo en la semilla. El control etológico consiste en utilizar métodos de represión que aprovechan las reacciones del comportamiento del insecto, entre los cuales se encuentra el uso de las trampas con feromonas; este tipo de control con feromonas sexuales ha sido utilizado en otros cultivos para el manejo de plagas como *Phthorimaea operculella* en tomate y papa, *Plutella xylostella* en repollo y *Trichoplusia* en diversos cultivos.

Para el manejo de *T. solanivora* se emplea una feromona sexual sintética, la cual no sólo es empleada en programas de detección y monitoreo, sino también en el control directo del insecto

macho mediante su atracción, captura y muerte. Las trampas empleadas consisten en recipientes preferiblemente de color amarillo, con dos aberturas a los lados; en la parte superior se coloca un dedal de caucho impregnado con la feromona para atraer y capturar los machos y en la parte inferior, se adiciona agua jabonosa en la cual quedan atrapados los insectos al caer y mueren.

Alrededor de cada lote a sembrar se ubican cuatro trampas, desde antes de la preparación del terreno. Si el promedio de machos capturados semanalmente es superior a cincuenta debe duplicarse el número de trampas y posteriormente si se repite el promedio, debe aumentarse el número a 16 trampas.

Aunque la feromona puede permanecer efectiva hasta un año, el agua jabonosa debe reemplazarse cada ocho días luego de realizar los conteos de las polillas capturadas; estos conteos indican la fluctuación de las poblaciones del insecto y permiten evaluar las medidas empleadas para su control. Para las evaluaciones de la población deben considerarse el estado fenológico del cultivo y las condiciones ambientales, principalmente la precipitación; ya que es muy importante realizar el conteo durante la tuberización y en épocas de sequía donde la condición es más crítica.

Este proyecto nace como una solicitud del Centro Internacional de la Papa - CIP para realizar el "Monitoreo de la Red Trinacional contra *Tecia solanivora*" conformada por los países de Ecuador, Perú y Colombia, como mecanismo de prevención en Perú, país libre de la polilla guatemalteca, y como monitoreo en Ecuador y Colombia. Las instituciones participantes en la investigación son SESA de Ecuador, SENASA de Perú y el Instituto Colombiano Agropecuario -ICA de Colombia.

En Colombia este monitoreo se está realizando en los Departamentos de Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Nariño, Norte de Santander, Tolima y Santander, en cada uno de los cuales se seleccionaron algunos municipios en los que se ubicaron las trampas en el campo, sitios de almacenamiento o en centros de acopio de semilla. En las fincas seleccionadas de cada municipio se colocaron cuatro trampas por hectárea alrededor del lote, valor recomendado para efectuar el monitoreo de la polilla.

Las lecturas de las trampas, realizadas por los técnicos del ICA en cada seccional, son enviadas a la Coordinación Nacional del Proyecto en Oficinas Nacionales (Bogotá) donde son consolidadas y posteriormente ingresadas al sitio web del Centro Internacional de la Papa CIP, donde la información es procesada y consignada en la página de resultados del mismo sitio. La información solicitada en la base de datos del CIP es:

• Datos de identificación: Localidad, colaborador, ubicación (campo, almacén o centro de acopio), coordenadas.

• Datos de trampa: Fecha, días de uso y estado de la trampa.

• Captura: número de insectos capturados.

• Datos adicionales: responsables y observaciones.

• Datos del campo: variedad, fenología, clima, temperatura, humedad, precipitación, altitud, nivel tecnológico del agricultor, restos, campo 1, campo 2 y nivel de daño.

• Datos del almacén: nivel tecnológico de almacenamiento, variedades, tratamiento de la papa almacenada, otros tratamientos, iluminación, rotación de las semillas y observaciones.

• Centro de acopio para semilla: origen del tubérculo, variedades (1-2-3), daño visual promedio en las semillas y observaciones.

En Colombia, se recopiló la información durante el segundo semestre del año 2002 y en este momento se está consolidando y enviando a la base de datos del CIP.

A manera de ejemplo, se presentarán los resultados del Departamento de Boyacá que constituye uno de los principales productores de papa en el país; en este Departamento se seleccionaron 17 municipios, cada uno de los cuales siembra aproximadamente 1.000 hectáreas de papa al año. En cada municipio se seleccionaron tres fincas, y en cada una se instalaron cuatro trampas para el monitoreo de *T. solanivora*.

Durante los meses de agosto y septiembre de 2002 se realizaron las lecturas de las trampas en

Municipio	No. de adultos
Belén	32
Cómbita	24
Chíquiza	26
Monguí	53
Motavita	10
Pesca	31
Saboyá	67
Samacá	186
Siachoque	43

Municipio	No. de adultos
Soracá	11
Sotaquirá	42
Toca	98
Tota	48
Tunja	10
Tutazá	142
Úmbita	4
Ventaquemada	3

Los promedios más altos obtenidos corresponden a los municipios de Samacá y Tutazá, mientras los más bajos se encontraron en Ventaquemada y Úmbita.

Las condiciones climáticas locales fueron evaluadas mediante un parámetro ya establecido en el cual se indicaba la presencia/ausencia de lluvias y su intensidad; con base en esta información se puede afirmar que en las zonas evaluadas existen pocas precipitaciones. Los municipios con los promedios más altos de captura de polilla, Samacá y Tutazá, presentan muy pocas lluvias que además son de poca intensidad; condición permite explicar los hallazgos.

Aunque de manera ideal se pretende georreferenciar la información pluviométrica y emplear datos de estaciones meteorológicas, en esta parte del proyecto, los datos climáticos fueron tomados de forma cualitativa por los técnicos. En consecuencia, se recomienda en fases posteriores contar con datos climatológicos cuantitativos, previo a la definición de los lugares de instalación de las trampas, que posibiliten cumplir con los requerimientos de información solicitada por el CIP y con ello, evitar diferencias en el análisis de la información.

Esta primera fase del proyecto fue adelantada por un Programa de Transferencia de Tecnología para el Manejo Integrado de la polilla guatemalteca, desarrollado por el ICA en las zonas productoras; debido a lo anterior, una vez el funcionario realizaba la lectura de las trampas, de acuerdo a los datos obtenidos, realizaba las recomendaciones de manejo adecuadas al productor.

Estudios básicos sobre el comportamiento de adultos de *Tecia solanivora* para el diseño de trampas para la captura de hembras

Edison Torrado[1], *Carlos Ñústez*[2], *Bibiana Romero*[3], *Daniel Quiroga*[3]

Resumen

Con el fin de buscar nuevas alternativas para el manejo de esta plaga se planteó como objetivo general evaluar estructuras de la planta de papa como potenciales atrayentes de hembras para diseñar trampas para su seguimiento y control. Los objetivos específicos fueron: realizar evaluaciones directas de las horas de actividad de machos y hembras bajo condiciones de laboratorio, producción de un documental sobre la biología y comportamiento de *T. solanivora*, evaluar, bajo condiciones de laboratorio a través de un olfatómetro, las estructuras más importantes de la planta de papa durante todo su desarrollo fenológico como posibles fuentes de atracción de hembras de *T. solanivora* y, finalmente, realizar una evaluación preliminar, con trampas ubicadas en un cultivo comercial de papa, de las estructuras de la planta de mayor atracción de hembras de *T. solanivora*, como resultado del objetivo anterior.

Los insectos utilizados serán recolectados en campo en estado de pupa. La atracción de hembras de *T. solanivora* con kairomonas o atrayentes naturales de alguna estructura o estructuras de la planta de papa en los diferentes estados fenológicos, serán evaluados a través de un olfatómetro de dos vías. Se registrarán los comportamientos con una cámara de video SVHS-C (GR-SZ7 JVC®) con lentes de acercamiento. Las actividades de los adultos serán registradas durante 24 horas, utilizando en la noche luz roja para evitar la perturbación del comportamiento. Se diseñará una trampa, como modelo preliminar, con las estructuras de la planta para la captura de hembras, para ser evaluadas en campo.

Palabras clave: Atrayentes, trampas.

Basic studies of adult's behavior from *Tecia solanivora* to design female capture trap

Summary

In order to find new alternatives to control Guatemalan potato tuber moth, this study aimed to evaluate potato plant structures as potential attracting agents to design traps for its control and follow-up. Specific objectives were: evaluate activity hours from male and female moths under laboratory conditions, produce a documental related with *Tecia solanivora*'s biology and behavior, evaluate with an olfactometer, under laboratory conditions, the most important potato plant structures along its phenological development as possible attracting sources for female moths and, finally, carry out a preliminary evaluation of the most female-attracting plant structures with several traps in a commercial potato crop, as a result from the previous objective.

Moth individuals to be used will be collected in their pupa state. *T. solanivora*'s female attraction to kairomones or other natural attracting agents from structures of the potato plant in all its

[1] Biólogo, M.Sc., Profesor Asociado de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia (sede Bogotá).
[2] I.A., M.Sc., Profesor Asociado de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. (sede Bogotá).
Correo electrónico: cnustez@bacata.usc.unal.edu.co
[3] Estudiantes de Ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia.

phenological states will be evaluated with a two way olfactometer. Moth's behavior will be recorded with a SVHS-C (GR-SZ7 JVC®) video camera, using special macro lenses. Adult activity will be recorded along a 24 h period, using red light at night hours to avoid behavior alterations. A female trap will be designed with plant structures, as a preliminary model to be evaluated in the field.

Key words: Attracting agents. Traps.

La polilla guatemalteca de la papa, *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae), tiene una relación muy estrecha con el tubérculo de la papa, siendo su único hospedero alimenticio conocido, lo cual permite suponer la existencia de una coevolución cultivo-polilla. En la actualidad, el manejo de la plaga se fundamenta en el uso de insecticidas de síntesis química y el empleo de trampas con feromonas para la atracción de machos. No obstante, este último no constituye un sistema confiable para su seguimiento, ya que el daño a los tubérculos es causado por las larvas, las cuales son el producto final de la oviposición exitosa de las hembras.

En la presente investigación, se planteó como objetivo general, evaluar las diferentes estructuras de la planta de papa como atrayentes de hembras de *T. solanivora* con el fin de diseñar trampas para su control. Para la consecución de este objetivo, se definieron los siguientes específicos:

• Realizar evaluaciones directas bajo condiciones de laboratorio de las horas de actividad de machos y hembras de *T. solanivora*.

• Corroborar los resultados obtenidos con las horas de atracción de machos con feromonas.

• Realizar observaciones para la producción de un documental sobre la biología y comportamiento de *T. solanivora*.

• Evaluar bajo condiciones de laboratorio diferentes estructuras de la planta de papa como posibles fuentes de atracción de hembras de *T. solanivora*.

• Evaluar preliminarmente varios diseños de trampas para la captura de hembras bajo condiciones de campo en cultivos comerciales.

El estudio se está llevando a cabo en el laboratorio de Comportamiento de Insectos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá y se espera terminarlo en el mes junio de 2003. Los insectos de *T. solanivora* empleados en las evaluaciones han sido colectados en campo, en los estados de pupas y adultos. Para observar el comportamiento de los adultos de *T. solanivora*, se diseñaron terrarios de cristal de 0,8cm de profundidad, 50cm lado y 70cm de alto, con una tapa de muselina y borde plástico, ubicada en la parte superior del terrario; se utiliza como sustrato una capa de 30cm de suelo, en el cual se han sembrado dos plantas de papa variedad parda pastusa.

El fotoperíodo es de 12 horas, 6:00 a.m. a 6:00 p.m., a partir de esta última hora se activan bombillos de luz roja de 40W (Zoo Med Laboratories Inc.), con el fin de poder realizar observaciones sin disturbar el comportamiento del insecto. Para determinar las horas de actividad de los adultos se realiza una observación cada hora durante 24 horas, registrando la ubicación de los adultos en el terrario; sin embargo, debe tenerse en cuenta que los adultos no fueron marcados.

Por otra parte, se está realizando un documental científico sobre la biología y aspectos generales del comportamiento de *T. Solanivora*, para lo cual se registran los comportamientos de los insectos con una cámara de video VHS-C (GR-SZ7 JVC®) con lentes de acercamiento (Canon® 0.32X), adaptador 404207 y lente panorámico de 77mm (Precision Quartz®). Las imágenes serán almacenadas en una cassettera de video Super-VHS-C GR-SZ7(JVC®) y observadas en un monitor de TV Sony® Vega de 21". El registro fotográfico se realizará con una cámara fotográfica de 35mm (Nikon Fm2).

La atracción de hembras de *T. solanivora* con kairomonas o atrayentes naturales de alguna estructura de la planta de papa, en los diferentes estados fenológicos, se está evaluando mediante el uso de un olfatómetro de dos vías, dispositivo experimental adaptado de Jaffe y Sánchez (1991) según Cerda *et al.* (1992). En el mismo, los aromas llegan a los laberintos mediante una corriente de aire forzada generada por un compresor de 1/8 HP (Puma®) con filtro de agua, que pasa a través de un filtro de carbón activado (Wilkerson®). Posteriormente, la presión es disminuida con un regulador de precisión (Wilkerson®) y una válvula reguladora de flujo (Camozzi®). En los experimentos se libera una hembra dentro del área de ambientación durante 1 minuto, tiempo en el cual se abre la compuerta para que ésta se oriente en una de las siguientes direcciones: laberinto A, laberinto B ó permanecer en el área de ambientación. Cada experimento se realizará durante 10 minutos de observación y se repetirá por lo menos 10 veces. La posición de los aromas (estructuras de la planta) se alternan cada vez que se inicia una sesión experimental. Las estructuras de la planta que tengan mayor preferencia por el insecto serán comparadas entre sí. Con los resultados obtenidos en el objetivo anterior, se evaluarán, de manera inicial, en cultivos comerciales, por lo menos dos diseños de trampas para capturar hembras.

Relación entre la ubicación de posturas de *Tecia solanivora* (Povolny 1973) y las etapas fenológicas de dos variedades de papa en condiciones de campo

Nancy Barreto[1], Liliana Cely[2], Angélica Suárez[3], Edison Torrado[4], Ricardo Galindo[5]

Resumen

Con el fin de establecer las bases para el manejo preventivo de la polilla guatemalteca según su comportamiento y hábitos reproductivos en condiciones de campo, el programa MIP de Corpoica desarrolla ésta investigación con la financiación del Ministerio de Agricultura y Fedepapa. Se adelanta un estudio para determinar la relación entre estados fenológicos de papa *Solanum phureja* y *Solanum tuberosum* y la presencia de los diferentes estados biológicos de la polilla, con énfasis en el inicio de la oviposición en campo. Se realizarán observaciones directas sobre el comportamiento y hábitos de los adultos de *T. solanivora*, para lo cual, a partir del 100% de emergencia de los cultivos y hasta la cosecha, cada 15 días se harán observaciones diurnas y nocturnas para establecer las horas de mayor actividad, cópula y oviposición. Se marcarán plantas con presencia de adultos y se harán muestreos destructivos de las mismas para corroborar la presencia de huevos y larvas. Se tomará una muestra al azar de 10 plantas por variedad y 20 muestras de suelo aledaño. Si no se observan posturas, se colocará el suelo en recipientes con un tubérculo y se evaluarán las larvas para deducir presencia de huevos. En la cosecha se tomarán 20 muestras de 5 plantas cada una por variedad de papa y se evaluará el número de tubérculos afectados por polilla. En cada lote se llevará registro de población de la polilla con una trampa de feromona sexual y de las variables climáticas.

Palabras clave: Hábitos. Fenología del cultivo. Niveles de daño.

Relation between phenologic stages of two potato varieties and ovoposition location of *Tecia solanivora* in field conditions

Summary

In order to establish basic principles of Guatemalan potato tuber moth preventive management, according with its behavior and reproductive habits in field conditions, the National Program of IPM of Corpoica, has developed the present research with the financial aid from the Agriculture Ministry and Fedepapa. A study to determine the relation between *Solanum phureja* and *Solanum tuberosum* phenologic stages and the presence of different biological stages of the Guatemalan potato tuber moth is being conducted, emphasizing on the field ovoposition initiation. Daytime and nighttime direct observation of adult Guatemalan potato tuber moth behavior and reproductive habits will be made every 15 days, since 100% emergence until harvest, in order to establish peak activity hours, copulation and ovoposition schedule. Plants with adult moth presence will be marked and destructive sampling will take place to prove egg and larvae

[1] I.A., M.Sc., Investigadora del Programa Nacional Manejo Integrado de Plagas. Corpoica. C.I. Tibaitatá. Km. 14 vía Mosquera. Correo electrónico: nbarreto@corpoica.org.co; eespitia@corpoica.org.co; alopez@corpoica.org.co
[2] Estudiante de pasantía en Biología. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. UPTC. Tunja.
[3] Estudiante Ingeniería Agronómica. Universidad de Cundinamarca. Fusagasugá.
[4] Biólogo, M.Sc., Profesor Asociado de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia (sede Bogotá).
[5] I.A., M.Sc., Investigador del Programa Nacional de Biometría. Corpoica. C.I. Tibaitatá. Km. 14 vía Mosquera. Correo electrónico: rgalindo@corpoica.org.co

presence. A random sample of 10 plants per variety and 20 samples of adjacent soil will be taken. If no eggs are found, soil will be poured in containers with a tuber to evaluate larvae and deduce egg presence. Twenty samples of 5 plants per potato variety will be taken during harvest to determine the number of tubers damaged by the pest. Records of moth population will be taken from each plot with a sexual pheromone trap. Climatic conditions will be recorded as well.

Key words: *Habits. Culture phenology. Damage levels.*

Introducción

Esta investigación, financiada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR y la Federación Colombiana de Productores de Papa Fedepapa y desarrollada por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica, busca establecer las bases para el manejo preventivo de la polilla guatemalteca de acuerdo con la presencia de posturas según la fenología del cultivo en condiciones de campo. Para desarrollar este objetivo, se adelanta la investigación en el lote 2 del C. I. Tibaitatá Corpoica y en el laboratorio de entomología del programa MIP, con los siguientes objetivos específicos: i) Determinar la presencia de huevos de polilla guatemalteca en los diferentes estados fenológicos del cultivo de papa; ii) Determinar la incidencia y severidad del daño ocasionado por larvas de polilla en los diferentes estados fenológicos del cultivo en campo; iii) Correlacionar la captura de machos en trampas de feromona y la presencia de los diferentes estados biológicos de la polilla en el tiempo, y iv) Determinar la relación entre algunos factores ambientales y la incidencia de la polilla guatemalteca.

Metodología

Para el desarrollo de la investigación se sembraron dos variedades de papa: Diacol Capiro *Solanum tuberosum* y criolla clon 1 *S. phureja*, en parcelas de 2.500m^2 cada variedad, a una distancia entre surcos de 1m, de 20cm entre plantas de la variedad criolla y 50cm de la Diacol Capiro; se fertilizó según los resultados del análisis de suelo. El lote fue sembrado la primera semana de marzo de 2003, a partir de esta fecha se toma información semanal correspondiente a variables climáticas como: precipitación, dirección y velocidad del viento, brillo solar, temperatura y humedad relativa. Dos veces por semana se toman muestras para determinar la humedad del suelo y se registra la temperatura del suelo a 10cm de profundidad.

Desde la siembra se colocó una trampa de feromona sexual para *T. solanivora* y una para *Phthorimaea operculella* con el propósito de hacer un seguimiento de la población de machos, que se registra semanalmente. Se realizarán observaciones nocturnas a partir de los 15 días de la emergencia del 100% del cultivo, cada 15 días para determinar el comportamiento y hábito de los adultos de la polilla guatemalteca - hora de mayor actividad, cópula, oviposición -; a partir del inicio de floración estas evaluaciones serán intensivas, es decir, se realizarán con una frecuencia semanal, para definir el patrón de comportamiento que poseen los adultos de *T. solanivora*.

Para registrar la presencia de huevos de la polilla guatemalteca, se tomarán al azar 10 plantas de cada variedad a partir de los 15 días de emergencia del cultivo y 20 muestras de suelo aledaño a plantas; estas muestras se llevarán al laboratorio donde se observarán minuciosamente para constatar la presencia de huevos. Si no es posible determinar el número de huevos, el suelo será

colocado en vasos a los que se les adicionará un tubérculo, en espera de la eclosión de larvas para tener un valor estimativo que pueda ser relacionado con la fecha de muestreo en campo.

A partir de la tuberización, además de evaluar la presencia de huevos, se determinará el número de tubérculos por planta, incidencia, severidad y el número de larvas e instar por tubérculo mediante un muestreo destructivo.

En la cosecha se evaluarán, según recomendaciones del CIP, las variables: rendimiento, tubérculos con daño y /o larvas de polilla, número de larvas e instar por tubérculo.

Los datos se analizarán estadísticamente mediante un análisis de varianza y de correlación entre la presencia de los diferentes estados de la plaga y la fenología del cultivo.

Resultados Esperados

Con el desarrollo de esta investigación se espera determinar los hábitos de los adultos de la polilla guatemalteca en condiciones naturales, para poder definir las épocas del cultivo que presentan mayor incidencia de la plaga y así, lograr definir épocas y horas oportunas para el control de la polilla, como alternativas preventivas para su manejo, minimizando así el daño y las pérdidas ocasionadas por su actividad.