

LIBRO DE RESÚMENES
IV TALLER INTERNACIONAL DE
**LA POLILLA GUATEMALTECA
DE LA PAPA, *Tecia solanivora***



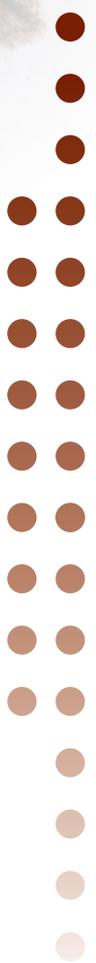
13 y 14 de junio 2019

La Orotava. SANTA CRUZ DE TENERIFE- ISLAS CANARIAS. ESPAÑA

Organizan:



Colabora:





COMITÉ ORGANIZADOR Y CIENTÍFICO

PRESIDENTE: Domingo Ríos Mesa. Cabildo Insular de Tenerife.

SECRETARIA: Carmen Pilar Martín González. Cabildo Insular de Tenerife.

VOCALES:

Santiago Perera González. Cabildo Insular de Tenerife.

Eugenia Trujillo García. Cabildo Insular de Tenerife.

Carmen Calzadilla Hernández. Cabildo Insular de Tenerife

Antonio González Hernández. Gobierno de Canarias.

André Devaux. Centro Internacional de la Papa.

María del Rosario Fresno Baquero. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias.

Gloria Lobo Rodrigo. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias.

Ana Piedra-Buena Díaz. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias.

Cristina Giménez Mariño. Universidad de La Laguna.

Dirigido a: estudiantes, técnicos, científicos y responsables del sector.

Organizan:

Centro Internacional de la Papa (CIP).

Dirección General de Agricultura del Gobierno de Canarias.

Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA).

Cabildo Insular de Tenerife.

Colabora:

Centro de Visitantes Telesforo Bravo del Parque Nacional del Teide.

Depósito Legal: TF 400-2020.





INDICE

Ríos Mesa, D.; Trujillo García, M.E.; Perera González, S. La polilla Guatemalteca de la papa en Canarias. Cabildo Insular de Tenerife, España.....	4
Castillo Carrillo, C.; Fu, Z.; Asaquibay, C.; Aucancela, R.; Camacho, J.; López, V.; Quimbiamba, V.; Yumisaca, F.; Panchi, N.; Velasco, C. Caracterización molecular de tres especies de polillas de la papa presentes en Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Ecuador.....	15
Castillo Carrillo, C.; Rebaudo, F.; Asaquibay, C.; Aucancela, R.; Camacho, J.; López, V.; Quimbiamba, V.; Yumisaca, F.; Panchi, N.; Velasco, C. Monitoreo de tres especies de polilla de la papa en cuatro provincias de Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Ecuador.....	21
Cely-Pardo, L.; Sánchez, G.; Barreto-Triana, N.; Pérez, O. Resistencia varietal y mejoramiento genético en papa para controlar la Polilla Guatemalteca en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Colombia.....	28
Cely-Pardo, L.; Santa, J.D.; Salinas, A.; Barreto-Triana, N.; Pérez, O. La apuesta de Agrosavia en la búsqueda de fuentes de resistencia a la polilla guatemalteca en la Colección Central Colombiana de Papa. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Colombia.....	33
Barreto-Triana, N.; Bacca, T.; Espitia, E.; Espinel, C. Cely-Pardo, L. Aportes al desarrollo de componentes para Manejo Integrado de la Polilla Guatemalteca en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Colombia.....	46
Espitia, E.; Wilches, W.; Barreto-Triana, N.; Cely-Pardo, L.; Fuentes, J.C; Herrera, C.; Sánchez, G; Díaz, M.C. Implementación del Manejo Integrado de la Polilla Guatemalteca en Parcelas demostrativas en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Colombia.....	52
Carhuapoma-Ramos, P.; Schaub, B. Modelo fenológico como herramienta para la predicción y evaluación del riesgo de plagas: Caso <i>Tecia solanivora</i> (Lepidoptera: Gelechiidae). Centro Internacional de la Papa (CIP). Perú.....	56
Gamarra, H.; Kreuze, J. Propuesta: atracticida: aplicación de una nueva tecnología para el manejo de <i>Tecia solanivora</i> “polilla guatemalteca de la papa”. Perú.....	66
Trujillo García, M. E. Seguimiento de las poblaciones de la polilla Guatemalteca <i>Tecia solanivora</i> en Tenerife. Cabildo Insular de Tenerife. España.....	72
Perera González, S. Trabajos sobre biología y control de la polilla Guatemalteca <i>Tecia solanivora</i> en Tenerife. Cabildo Insular de Tenerife. España.....	77





Piedra-Buena Díaz, A.; Gavara Vidal, J.; Bastin, S.; Martín Toledo, T.; Jiménez Rodríguez, T.; Hernández-Suárez, E.; Cabello, T. Resultados de las prospecciones para la búsqueda de nuevos enemigos naturales de las polillas de la papa en Canarias. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. (ICIA). España.....	81
Giménez, C.; Rodríguez, S.; Martín, T.; Cabrera, R. Ensayo de extractos vegetales como alternativa al control químico de las polillas de la papa. Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal. Universidad de La Laguna. España.....	90
Martín Toledo, T.; Jiménez Rodríguez, T. Estrategia de control integrado de la polilla de la papa con enemigos naturales autóctonos. Empresa bioagrológica SL. España.....	99
Novo Vázquez, V. Plan de control y erradicación de <i>Tecia solanivora</i> en Galicia. Consellería do Media Rural de la Xunta de Galicia. España.....	102





LA POLILLA GUATEMALTECA DE LA PAPA (*Tecia solanivora*) (Lepidoptera: *Gelichiidae*) EN CANARIAS

Ríos Mesa, D., Trujillo García, M. E. y Perera González, S.
Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo de Tenerife.
domingor@tenerife.es

RESUMEN

En las Islas Canarias y especialmente en Tenerife, el cultivo de la papa tiene una gran importancia paisajística, gastronómica y cultural, formando parte de un conjunto de agrosistemas de lo más característicos de la Isla. Actualmente en la Isla se cultivan 2869 ha de papa, siendo el tercer cultivo en superficie por detrás de la platanera y de la viña, Desde su detección en 1999 la polilla guatemalteca de la papa (*Tecia solanivora* Povolny) se ha convertido en la plaga más importante de este cultivo llegando a producir pérdidas superiores al 50% principalmente en la zona norte de la isla y en cultivos en secano. Desde su introducción, se han realizado numerosos trabajos de experimentación e investigación a nivel de control químico y biológico, dinámica de las poblaciones, comportamiento postcosecha, recogida de residuos de papas afectadas, etc. En esta ponencia se presenta una relación de los mismos, así como una descripción de la incidencia de la plaga desde su introducción en las Islas Canarias en 1999.

ANTECEDENTES

La polilla guatemalteca de la papa, *Tecia solanivora* Povolny, es un lepidóptero de la familia *Gelechiidae*, detectada por primera vez en Tenerife en el año 1999 en el municipio de Icod de los Vinos. En un primer momento se identificó como *Scrobipalopsis* sp. Tras el envío de las muestras del insecto a los laboratorios de referencia se concluyó que se trataba de la especie *Tecia solanivora* P., constituyendo ésta la primera referencia que se tiene de este insecto en Europa (Ríos, 2012).

La especie, originaria de Guatemala, se distribuye actualmente en Guatemala (1956), Costa Rica (1970), Panamá (1973), Honduras (1973), El Salvador (1973), Venezuela (1983), Colombia (1985), Ecuador (1986), Nicaragua (1973) y México (2011). En 2015 se declaró su presencia en Galicia, España.

Desde el año 2001 la plaga ha venido causando daños muy severos en los cultivos de papa situados en la vertiente norte de la isla de Tenerife. Las dificultades para el control de la plaga, su facilidad de dispersión y la adaptabilidad que ha presentado a las condiciones ambientales de las islas han hecho que las pérdidas en determinadas zonas lleguen a superar el 50 % de la cosecha. En los casos en que el agricultor decide no cosechar las pérdidas alcanzan el 100 %. Desde el año 2000 la plaga ha sido incluida en la lista de alerta de plagas y enfermedades de la EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). Actualmente la plaga se encuentra presente también en la Isla de La Palma y Lanzarote, habiéndose detectado su presencia en Gran Canaria, La Gomera y El Hierro.





Las consecuencias que ha tenido la introducción de *T. solanivora* en Tenerife en los años posteriores a su introducción han sido:

- Disminución de la superficie cultivada
- Abandono del cultivo de la papa en zonas tradicionales de cultivo
- Riesgo de desaparición de las variedades locales de papas
- Incremento abusivo del uso de productos fitosanitarios
- Incremento de costes en el cultivo
- Disminución del rendimiento del cultivo

ACTUACIONES REALIZADAS

Desde el Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife se han llevado a cabo múltiples acciones encaminadas al control de *T. solanivora*, desde la detección de la misma, destacando la divulgación de las medidas de control entre los agricultores y las actividades de investigación en el control de la plaga realizadas en colaboración con otras instituciones, como Universidad de La Laguna, Instituto Canario de Investigaciones Agraria y Servicio de Sanidad vegetal de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca del Gobierno de Canarias.

RED DE SEGUIMIENTO

Una de las primeras medidas tomadas por el Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife fue establecer una red de trampas para el seguimiento de las poblaciones de *T. solanivora* con el objetivo de determinar el alcance de la plaga en la isla y por otro lado prevenir la aparición de este lepidóptero en zonas no infestadas hasta ese momento. Inicialmente se instalaron 75 trampas. El seguimiento se inició en el año 2001, abarcando 24 municipios y se mantiene hasta la actualidad con modificaciones en la extensión del mismo (Ríos, 2012).

El muestreo se lleva a cabo empleando trampas de agua y utilizando como atrayente dispensadores de feromona sexual específica para *T. solanivora*. Los datos del muestreo nos permiten aproximarnos al ciclo de vida de la polilla en condiciones de campo, mediante la realización de curvas de vuelo por año y paraje. A su vez este seguimiento permite detectar focos en zonas no afectadas y actuar preventivamente para evitar la dispersión del insecto. Las curvas de vuelo se publican en la página web <http://www.agrocabildo.org>.

CAMPAÑA INSULAR DE CONTROL

Desde la introducción de *T. solanivora* en la isla la lucha contra la polilla ha constituido uno de los principales ejes de trabajo del Servicio de Agricultura del Cabildo de Tenerife a través de las Agencias de Extensión Agraria. Se han realizado campañas de divulgación dirigidas a agricultores informando sobre las medidas de control de la plaga, habiéndose impartido hasta el momento más de 180 charlas, además de intensificar las visitas a campo por parte de los técnicos, dando recomendaciones concretas a los agricultores. La formación de los agricultores se acompaña con abundante material divulgativo como carteles, video, folletos e informaciones técnicas que se actualizan frecuentemente (Ríos, 2012).





La prevención de la dispersión de la plaga a zonas no afectadas es un objetivo fundamental para la vertiente sur de la isla, ya que hasta el año 2019 los daños por *T. solanivora* en el sur de la isla únicamente se producían en focos puntuales. El cultivo de papa temprana ocupa el 50% de la superficie anual cultivada en esta vertiente, sin embargo existen determinados municipios como Vilaflor, Granadilla de Abona, Arona y San Miguel donde la superficie de papa tardía, llega a ser más importantes o igual que la temprana y cuyas plantaciones se realizan durante el mes de julio con semilla de papa procedente de la propia Isla denominada *de segunda multiplicación*. Por ello y por el alto riesgo de extensión de la plaga desde el norte a través del material de plantación se elaboró un plan específico de actuación para la vertiente sur, que incluía las siguientes medidas:

- a) Una campaña informativa a los agricultores del alto riesgo de plantar tubérculos procedentes del norte de la Isla.
- b) La colocación de trampas con feromonas en los almacenes de los agricultores, para comprobar la no contaminación de su propio material vegetal.
- c) La prohibición a los almacenistas de papa de consumo, de vender tubérculos procedente de las zonas contaminadas para ser destinados a siembra.

CAMPAÑA DE RECOGIDA DE TUBÉRCULOS AFECTADOS

Habida cuenta de la importancia de no dejar en el terreno focos que actúen como difusores de la plaga, el Cabildo de Tenerife y la Consejería de Agricultura del Gobierno de Canarias, en colaboración con los Ayuntamientos, Cooperativas y Almacenistas, vienen realizando campañas de recogida rápida y controlada de tubérculos afectados para su destrucción en vertedero autorizado.

Para ello se colocan contenedores de vertido en distintas cooperativas y puntos municipales, para que los agricultores y comercializadores, depositen en ellos los tubérculos afectados.

Los contenedores de recogida se recogen como mínimo una vez por semana durante el período de cosecha, para ser enterrados a profundidades adecuadas en el Vertedero Insular de Tenerife. Durante la época de cosecha se refuerza la divulgación de las medidas de control (retirar todos los tubérculos del campo, depositarlos en puntos habilitados para ello y almacenar únicamente tubérculos sanos) (Ríos, 2012).

Durante el año 2019, se declaró la emergencia administrativa, ya que los daños llegaron a superar en el norte de la Isla, el 35 % de media, alcanzando en algunas zonas el 80 %.

EXPERIMENTACIÓN

ENSAYOS DE EFICACIA DE PRODUCTOS

Desde el año 2002 se han ejecutado diversas experiencias de control químico de *T. solanivora* que se resumen a continuación:

- a) Valoración de distintas alternativas de tratamiento granulados al suelo, combinados con distintos tratamientos periódicos en pulverización (2 ensayos a 900 y 400 msnm en San Juan de La Rambla). En total se probaron más de 20 combinaciones de productos fitosanitarios sin que se encontraran resultados significativos (Ríos, 2012).
- b) Valoración de la eficacia de los fumigantes de suelo previos a la plantación (1 ensayo a 450 msnm en Los Realejos). No se encontraron resultados concluyentes, además de tratarse de productos de uso más restringido.





c) Valoración de la eficacia de los tratamientos por riego localizado: goteo y cinta de riego (1 ensayo a 450 msnm en Los Realejos).

Durante el año 2006 y 2007 se realizaron ensayos de eficacia de productos fitosanitarios que no pudieron ser evaluados ya que la infestación natural de la plaga no fue lo suficiente para poder evaluar la eficacia de la aplicación de los productos fitosanitarios frente al tratamiento control. En 2008 se evaluaron tres insecticidas para el control de la polilla de la papa (*clorpirifos*, *tiacloprid* y *lambda-cihalotrina*) sin obtener diferencias significativas entre las parcelas tratadas con insecticidas y las parcelas sin tratar (testigo). En este ensayo se obtuvo el mayor porcentaje en peso de tubérculos con daños provocados por polilla en las parcelas tratadas con *clorpirifos* y *tiacloprid* con un 51,3% en ambos casos, seguidas de las parcelas que no han recibido ningún tratamiento (testigo) con un 48,0% y por las parcelas tratadas con *lambda-cihalotrina* con un 45,7%.

En el año 2014 y posteriormente en el año 2016 (Perera y Trujillo, 2016) se realizaron dos ensayos con el objetivo de evaluar la eficacia de *clorantraniliprol* al 20% (Coragen 20 SC) en el control de *T. solanivora* realizando 2 aplicaciones a partir del inicio de tuberización dirigidas al interior y a la base de la planta y a la parte aérea. En la actualidad, este producto está autorizado en España en el cultivo de la papa sobre polilla y posee efecto ovicida y larvicida. Los datos suministrados por la empresa del producto y por las páginas web de las empresas de comercialización de enemigos naturales indican que este producto es respetuoso con los principales himenópteros parásitos de huevos de lepidópteros. Se evaluó el peso y número de tubérculos sanos y afectados por *T. solanivora* y la intensidad del daño con el número de galerías por tubérculo afectado. En la campaña 2014 la infestación natural de la plaga no permitió evaluar los resultados. Sin embargo en el ensayo realizado en 2016 los porcentajes de eficacia con la aplicación de *clorantraniliprol* dirigida al interior y a la base de la planta fueron de alrededor del 40%, obteniéndose valores ligeramente menores a esta cifra en el caso de las aplicaciones dirigidas a la parte aérea de la planta. A pesar de las escasas diferencias entre el tratamiento con *clorantraniliprol* dirigido al interior y la base de la planta y el dirigido a la parte aérea se considera que de acuerdo a la biología y hábitos de la plaga, al modo de acción del producto y a las recomendaciones de los principales centros de investigación que estudian el control de esta plaga, las aplicaciones deben ser dirigidas al interior y a la base de la planta. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, la aplicación de Coragen 20 SC debe ir acompañada del resto de medidas culturales y biotécnicas para alcanzar un control adecuado de la polilla guatemalteca de la papa (*Tecia solanivora*).

Estos resultados coinciden con las recomendaciones emitidas por los centros de investigación que estudian el control de esta plaga y que destacan que el uso de insecticidas químicos es sólo una medida complementaria dentro del manejo integrado de plagas de la papa y que su sola utilización no asegura que la producción obtenida esté libre de los daños de esta plaga.

CONTROL BIOLÓGICO

La aparición de resistencia a insecticidas, la cada vez más restrictiva lista de sustancias activas permitidas y la importancia de los residuos químicos en las hortalizas, hace que el uso de agentes de control biológico, se tenga en cuenta cada vez más en la agricultura actual. En el caso de *T. solanivora*, dada las dificultades existentes en el control convencional de la plaga se ha optado desde un principio por trabajar varias líneas de control biológico.





Así, en el año 2001 se firmó un convenio con la Universidad de La Laguna para la cría de poblaciones autóctonas del himenóptero parásito de *Phthorimaea operculella* Zeller y de *T. solanivora*, *Copidosoma koehleri* Blanchard, en laboratorio, suelta y estudio de su efecto sobre la polilla, como método de control biológico de la plaga, efectuándose una experiencia en cultivo en invernaderos experimentales (San Juan de la Rambla) y a mayor escala en La Juncia (Los Silos). Los resultados fueron positivos, con reducción del daño el primer año y daño prácticamente inexistente en los años posteriores del estudio. Se estableció un área de manejo integrado de la plaga, en Icod el Alto (Los Realejos), en la que participan 56 agricultores, que aplican medidas de control culturales, etológicas y biológicas, mediante sueltas de *Copidosoma koehleri* y aplicación de productos ecológicos (aceite de neem y *Bacillus thuringiensis*). Estas actuaciones han sido poco a poco ampliadas a diferentes zonas de la Isla y a productores ecológicos certificados en el CRAE.

Tecia solanivora es atacada por una serie de parasitoides, destacando especies como: *Apanteles* sp., *Copidosoma koehleri*, *Diadegma mollipla* Holmgren, *Pimpla spuria* Gravenhorst, *Trichogramma* sp. pero la efectividad de los mismos en el control de polilla es muy baja, y sus crianzas masivas complicadas, y por tanto, no justificables. Durante el período 2014-2015y dentro de un proyecto de colaboración con la Universidad de La Laguna se realizaron búsquedas de enemigos naturales, no habiéndose detectado parasitoides de interés diferentes a *Copidosoma koehleri* en los muestreos realizados, lo que confirma los resultados previos de estudios sobre este mismo tema realizados en Tenerife (Martín. 2015).

Durante el año 2009 se realizó un ensayo cuyo objetivo fue evaluar la eficacia de dos especies de nematodos entomopatógenos (*Steinernema carpocapsae* y *Steinernema feltiae*) en el control de *T. solanivora*. No se obtuvieron resultados concluyentes debido a los bajos niveles de daños producidos por *T. solanivora* en todos los tratamientos, atribuibles a las frecuentes lluvias así como a las bajas temperaturas registradas en dicho periodo, siendo bajo también el nivel de parasitismo de los nematodos, posiblemente por encontrarse éstos por debajo del rango de temperatura de suelo óptimo para su actividad. A pesar de estas conclusiones, la aplicación de estos organismos de control biológico podría ser una medida de control en condiciones óptimas de temperatura (siembras tardías),siempre teniendo en cuenta otros factores limitantes para la acción de estos organismos como el pH, temperatura, humedad del suelo y textura que junto con el resto de parámetros y el manejo del cultivo en general determinan la complejidad del hábitat suelo y limitan la persistencia y viabilidad de los organismos entomopatógenos en el cultivo (Perera *et al.*, 2009).

Otros acciones realizadas han sido el estudio del ciclo biológico de *T. solanivora* a tres altitudes diferentes, el efecto del laboreo sobre la supervivencia en el suelo de pupas de la polilla guatemalteca de la papa, y el estudio comparativo de dos feromonas sexuales y de dos tipos de trampas para la captura de adultos de *T. solanivora*.

En el año 2019, se ha empezado a evaluar en campo el parasitismo de *Copidosoma koehleri* Blanchard y diversas especies de *Trichogramma* sp. Para ello se han preparado en una finca experimental del Cabildo Insular de Tenerife 16 túneles para la suelta de los parásitos en distintos estados fenológicos del cultivo.





CONTROL EN POSTCOSECHA

En el año 2007 se realizó un ensayo de eficacia de productos fitosanitarios de postcosecha en el control de la polilla guatemalteca de la papa a consecuencia de que los agricultores comunicaban a los agentes de extensión agraria la escasa eficacia que observaban en la aplicación de estos productos. Los resultados de este ensayo indicaron que la eficacia de los dos productos fitosanitarios evaluados, a base de piretrinas, era del 100% y que la falta de eficacia de dichos productos manifestada por los agricultores podría ser debida a la incorrecta aplicación provocada por empleo de dosis incorrecta o mala aplicación del producto.

En cuanto a experiencias en postcosecha con atmósfera controlada, desde el año 2006 hasta la actualidad se han realizado múltiples ensayos con el fin de obtener un tratamiento de cuarentena que permita la exportación de papas y/o la conservación de la papa de semilla. Para ser considerado método cuarentenario el tratamiento debe cumplir los siguientes requisitos:

- Obtener mortalidad del 99,9% en todos los estados del insecto.
- No tener efectos perjudiciales en la calidad, almacenamiento o composición de las papas tratadas.
- No dejar residuos.
- No ser peligroso para el personal que lo aplique y ser viable en términos de aplicabilidad y costes.

Inicialmente se testaron distintas combinaciones de gases (del 10 al 50% de CO₂, con 20 % de O₂ y el resto N₂ durante 48 horas) sobre papas infestadas por polilla guatemalteca en campo y sobre tubérculos inoculados en laboratorio. Las aplicaciones de gases fueron realizadas por el Laboratorio de Postcosecha y Tecnología de los Alimentos (Dpto. Fruticultura Tropical) del Instituto Canario de Investigaciones agrarias. En esta experiencia se concluyó que la aplicación de atmósfera controlada a partir de un porcentaje de CO₂ del 20% puede ser un método adecuado para garantizar el saneamiento de los tubérculos, siempre y cuando el insecto no llegue en fase de pupa a las cámaras de atmósfera controlada, lo que se podría conseguir con una selección previa en el momento de la recogida y el mantenimiento a bajas temperaturas de dichos tubérculos seleccionados. En el 2011 se aprobó un proyecto INIA cuyo título fue “Desinfestación de papas utilizando dióxido de carbono: Optimización como tratamiento de cuarentena de la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*)” y en el que participaron el Cabildo Insular de Tenerife, la Universidad de La Laguna y el Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. A lo largo del proyecto se determinaron los parámetros óptimos para el control de *T. solanivora* en postcosecha mediante atmósfera controlada, logrando un tratamiento gaseoso que puede ser considerado y validado como tratamiento cuarentenario. Se ha preparado un protocolo de exportación con todos los ensayos realizados en el presente proyecto de investigación para que el tratamiento cuarentenario desarrollado (Lobo *et al.*, 2015). Se está a la espera de que dicho protocolo sea validado por el Ministerio de Agricultura y por la Unión Europea.

TRABAJOS QUE SE ESTÁN DESARROLLANDO

En la actualidad se está trabajando en colaboración con la Universidad de La Laguna, el Instituto Canario de Investigaciones Agraria, el Servicio de Sanidad vegetal de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca del Gobierno de Canarias, y el Centro Internacional de la Papa en:

- Búsqueda de virus entomopatógenos y otros enemigos naturales
- Confusión sexual
- Colección de datos de los ciclos de vida con temperaturas constantes y fluctuantes.





- Desarrollo de modelos fenológicos/poblacionales para las plagas de insectos
- Desarrollo tecnológico de Attract and Kill
- Evaluación de *Copidosoma Koehleri* y *Trichogramma* sp.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Lobo G. et al. 2015. Informe final de proyecto de investigación INIA: Desinsectación de papas utilizando dióxido de carbono: Optimización como tratamiento de cuarentena de la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*). 2015. Sin publicar.

Martín Toledo, T. 2015. Memoria final del proyecto de búsqueda de enemigos naturales de las Polillas de la Papa presentes en Tenerife. Sin publicar.

Estadística agraria de Canarias. ISTAC.

Perera, S., Trujillo, E. 2016. Ensayo de eficacia de Coragen 20 SC en el control de la polilla guatemalteca de la papa. En línea:

http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/papa_600_Coragen.pdf

Perera, S., Cubas F. Padilla, A., Carnero, A., Hernández, J., Asencio, M. 2009. Ensayo de eficacia en el control de la polilla guatemalteca de la papa (*Tecia solanivora*) mediante la aplicación en campo de nematodos entomopatógenos. En línea:

http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/papa_248_L_con_polilla_nema_entomo.pdf

Ríos Mesa, D.J. 2012. La polilla guatemalteca de la papa (*Tecia solanivora*) en Tenerife (2012). En línea: http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/papa_482_polilla_guatemalteca_red.pdf

AGRADECIMIENTOS

Estos trabajos están englobados dentro de los Proyectos Papa del Plan Anual de Trabajo del 2000-2019 del Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife, dentro del proyecto INIA RTA 2011-00125 y del trabajo anual planificado por el Servicio de Sanidad Vegetal de la Consejería de Agricultura Ganadería y Pesca del Gobierno de Canarias.





FIGURAS



Figura 1: Sucesivas introducciones de la Polilla Guatemalteca (*Tecia solanivora* Povolny (*Lepidoptera: Gelechiidae*)) en diferentes países.

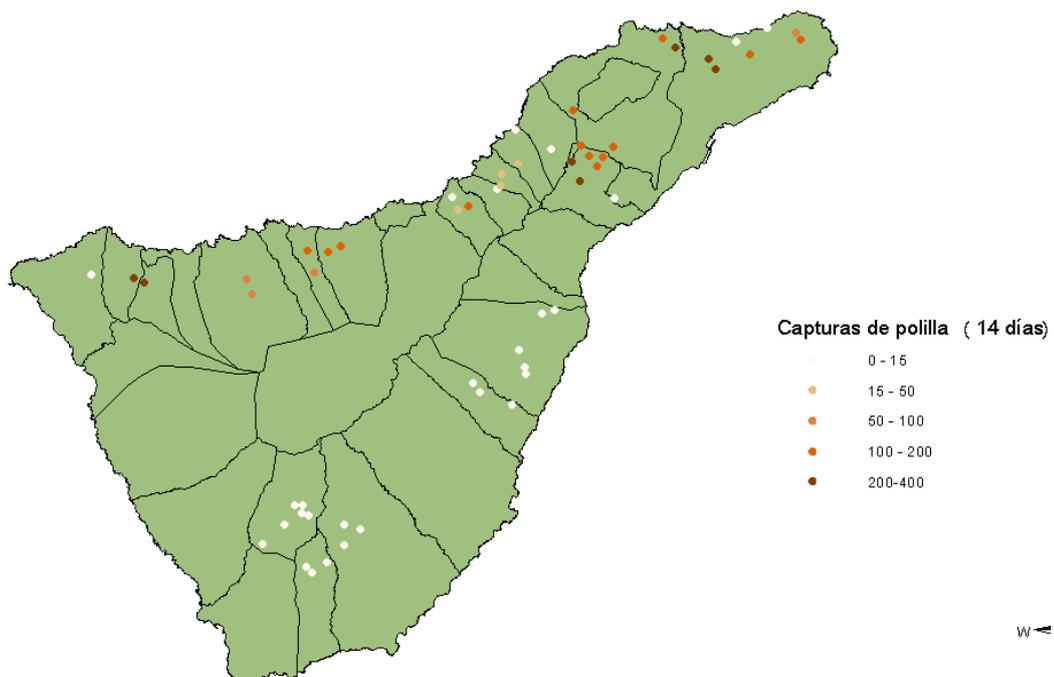


Figura 2: Zonas afectadas en Tenerife



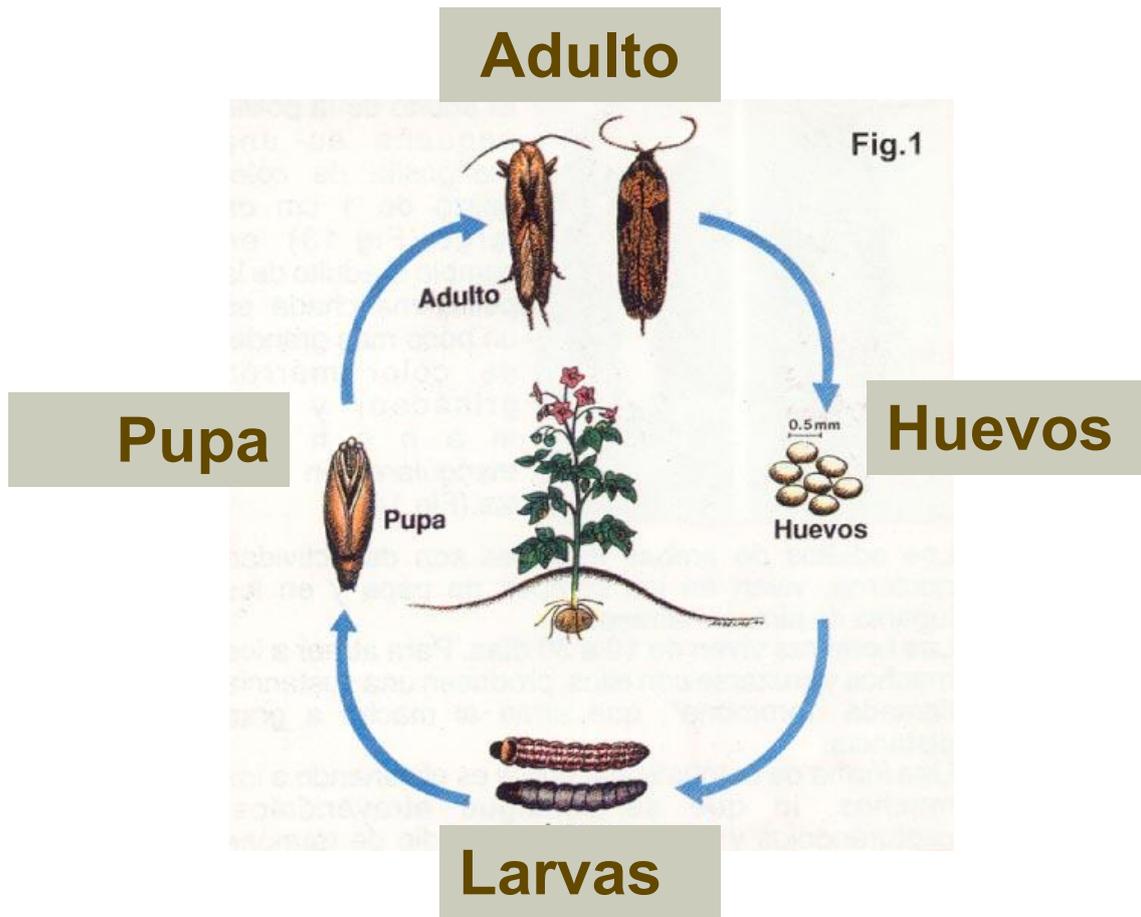


Figura3: Ciclo de la Polilla Guatemalteca (*Tecia solanivora* Povolny (*Lepidoptera: Gelechiidae*)).



Figura 4. Larva de la Polilla Guatemalteca (*Tecia solanivora* Povolny (*Lepidoptera: Gelechiidae*)).





Figura 5: Pupa Polilla Guatemalteca (*Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae)).
Raimundo Cabrera.



Figura 6: Adulto Polilla Guatemalteca (*Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae)).
Raimundo Cabrera.





Figura 7: Galerías en tubérculo producidos por Polilla Guatemalteca (*Tecia solanivora* Povolny (*Lepidoptera: Gelechiidae*)).



Figura 8: Daños en tubérculo causados por Polilla Guatemalteca (*Tecia solanivora* Povolny (*Lepidoptera: Gelechiidae*)).





CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE TRES ESPECIES DE POLILLAS DE LA PAPA PRESENTES EN ECUADOR

Castillo Carrillo, C.*1; Fu, Z.*2; Asaquibay, C.*1; Aucancela, R.*1.; Camacho, J.*1; López, V.*1; Quimbiamba, V.*1; Yumisaca, F.*1; Panchi, N.*3; Velasco, C.*3

*1 Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador (INIAP).

*2 Washington State University, USA (WSU).

*3 Centro Internacional de la Papa (CIP).

PALABRAS CLAVE: *Tecia solanivora*, *Symmetrischema tangolias*, *Phthorimaea operculella*, PCR, secuenciación

RESUMEN

Las tres especies de polillas que atacan al cultivo de la papa en Ecuador tienen ciertas semejanzas, pero presentan diferencias genéticas, morfológicas, biológicas, ecológicas y de distribución. Para el desarrollo de estrategias de manejo más específicas, es necesario conocer de cerca sus diferencias, iniciando por su variación genética. En este estudio se presentan los resultados de análisis moleculares realizados para determinar haplotipos genéticamente diferentes de cada especie de polillas presentes en las provincias de Ecuador (Bolívar, Chimborazo, Cotopaxi y Tungurahua) donde se realizó la investigación.

INTRODUCCIÓN

Las tres especies de polillas de la papa (Gelechiidae, Lepidoptera): la polilla centroamericana o guatemalteca (*T. solanivora*), la polilla andina (*S. tangolias*) y la polilla común (*P. operculella*) causan daños que llegan al 100% de pérdida de los tubérculos cosechados y almacenados en Ecuador (Gallegos et al. 2004).

T. solanivora probablemente es originaria de centro américa ya que su mayor diversidad genética se ubica en Guatemala (Torres Leguizamón et al., 2011). Esta polilla se movilizó hacia el norte llegando a México y hacia el sur por otros países de América Central, Venezuela, Colombia y Ecuador, y posteriormente cruzó el Atlántico y llegó a las Islas Canarias, España (Cruz et al., 2011; Salasar y Escalante, 1984; Rincón y López-Ávila, 2004; Trujillo et al., 2004). En Ecuador se reportó por primera vez en 1996, en el norte, en la provincia del Carchi (Gallegos, 1997). En el 2001 se menciona que esta especie de polilla no sobrepasa los 3300m de altitud en los Andes ecuatorianos (Gallegos et al., 2004). Para el 2018 ya se reporta la presencia de *T. solanivora* a altitudes que llegan a 3645 m en la provincia de Chimborazo (Castillo et al., 2018). La larva de *T. solanivora* se alimenta exclusivamente de los tubérculos durante su desarrollo en el campo y durante el almacenamiento. Las larvas desarrollan galerías en los tubérculos cuando se alimentan en él, ocasionando una pérdida total en el mercado. En un monitoreo realizado en cuatro provincias del Ecuador en el 2018, se determinó que *T. solanivora* es menos común que la polilla andina (*S. tangolias*) en Chimborazo, Cotopaxi y





Tungurahua. En ciertas zonas de la provincia de Bolívar, *T. solanivora* es la más común (Castillo et al., 2018).

Se asume que *S. tangolias* es originaria de los Andes peruanos o bolivianos. Se encuentra bastante distribuida en las zonas andinas de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, y ha llegado a Australia, Tasmania, Nueva Zelanda e Indonesia (Osmelak, 1987; Terauds, et al., 1984; Martin, 1999; Kroschel y Schaub, 2013). Las larvas barrenan los tallos de las plantas de papa en el campo y los tubérculos durante su formación en el campo y también en el almacenamiento. Además, ha sido reportada atacando otras solanáceas como tomate, pepino (*Solanum muricatum*), *S. aviculare* y *S. laciniatum* en Australia y Nueva Zelanda (Osmelak, 1987). En Ecuador fue inicialmente reportada por primera vez entre los años 1990-1993 en la provincia del Carchi (P. Gallegos, comunicación personal). En un monitoreo realizado en cuatro provincias del Ecuador en el 2018, se determinó que *S. tangolias* es la polilla con mayor presencia en las zonas evaluadas (excepto en algunas localidades de la provincia de Bolívar). En la provincia de Tungurahua, *S. tangolias* alcanzó cifras de más 100 adultos machos colectados por trampa por día en Chagrapamba, cantón Píllaro (Castillo et al., 2018).

P. operculella es una plaga cosmopolita de cultivos solanáceos que incluye papa y tomate. La hembra oviposita en hojas, tallos y tubérculos, pero la etapa de larva la desarrolla minando las hojas y los tubérculos causando daños y pérdidas totales en la comercialización de la papa. *P. operculella* fue reportada afectando tubérculos en América del Sur a principios de 1900 (Graft, 1917). Es una plaga que se encuentra en más de 90 países de América, Asia, África y Australia (Rondon y Gao, 2018). En Ecuador fue observada por primera vez entre los años 1984-1985 en la provincia del sur del país, Cañar (P. Gallegos, comunicación personal). En la actualidad se encuentra en las provincias productoras de papa en menor proporción que las otras dos especies de polillas, excepto ciertas zonas de Tungurahua en donde está en similar proporción que *T. solanivora* (Castillo et al., 2018).

Estas especies de polillas aparentemente se parecen, pero existen marcadas diferencias genéticas, morfológicas, biológicas, ecológicas y de distribución tanto regional como mundial (Kroschel y Schaub, 2013; Torres-Leguizamón et al., 2011).

En la actualidad, el agricultor desconoce que se trata de tres especies diferentes y no está familiarizado con la biología de ella, por lo que el manejo de las polillas resulta ineficiente.

Por esta razón y porque son plagas de importancia económica se necesita conocer la distribución de las especies de polillas y su descripción genética molecular para generar estrategias de manejo integrado específicas. En esta investigación se realizó una colecta de especímenes con trampas/feromonas en cuatro provincias del Ecuador para su análisis molecular.

MATERIAL Y METODOS

Colecta de especímenes. Se seleccionó una submuestra de especímenes tratando de tener representatividad de la zona, en un total de 112 polillas de las tres especies. Se colectaron polillas vivas de las trampas con feromonas localizadas en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Cotopaxi y Tungurahua. Se preservaron en alcohol hasta la realización de los análisis moleculares.

Análisis moleculares. Se extrajo ADN de individuos de cada especie de polillas de la siguiente manera: se maceró el cuerpo de la polilla sin alas en un tubo de microcentrifugación con 180 µl del buffer ATL (Qiagen DNeasy Blood & Tissue Kit) con cinco bolas de cristal (3mm de diámetro). La muestra fue homogenizada en un agitador por 2 minutos. La lisis del insecto fue realizada en una incubadora a 56 °C por 12 horas. El resto de la extracción fue según las instrucciones del fabricante. La concentración fue medida en un espectrofotómetro NanoDrop. La reacción del PCR fue realizada con 2.5 µl 10x PCR buffer, 1.5 µl 25mM MgCl₂, 1.25 µl dNTPs, 0.5 µl del primer forward y reverse (10 µM), 0.25 µl Takara Ex Taq, 1 µl del DNA de cada polilla, y 17.5 µl de agua pura. El programa del PCR





fue de 94 °C por 2 minutos, de ahí 35 ciclos de 94 °C por 15 segundos, 55 °C por 60 segundos y 72 °C por 60 segundos, seguido de una extensión final a 72 °C por 5 minutos, en un termociclador. Las condiciones de PCR para *T. solanivora* fue la misma excepto por la temperatura del “annealing” que fue incrementada de 55 °C a 59 °C. Los productos PCR fueron visualizados en geles al 1.5% agarosa. Cinco µl del producto PCR fueron purificados usando ExoSAP-IT (ThermoFisher Scientific) siguiendo las instrucciones del fabricante. Dos µl de una dilución 10 veces del ADN purificado y 0.8 µl de cada primer F/R (10 µM) fue añadido a un tubo de 0.2 ml con 12.2 µl agua molecular (total 15 µl). Las muestras de ADN fueron secuenciadas. Fragmentos de los genes Cytochrome b (Cytb, 770 bp para Ts), de 431 bp para St y de 469 bp para Po, fueron amplificados con reacciones de PCR con los siguientes primers:

S. tangolias: Sym-tan-S369 GCTGAATTAGGTAACCCAGGC 431 0_1; Lep-gen-A309 GGTATTTGGTCAAATGAAAGTCC (Sint et al. 2016).

P. operculella: Pht-ope-S349 AGGAATAGTTGGAACCTCTCTTAGT 469 0_1, Lep-gen-A309 GGTATTTGGTCAAATGAAAGTCC (Sint el al. 2016).

T. solanivora: TsF1 (50-GCTAAYATTGARTTAGCTTTTTAT-30), TsR (50-AAAAATTAGRGATCTCAAAT-30) (Torres et al. 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

***Phthorimaea operculella*.** Se analizaron 27 muestras de *P. operculella*, de ellas 25 mostraron una banda clara y única como el tamaño esperado (469 pb) en la reacción de PCR. Los productos de PCR de estas 25 muestras se enviaron para secuenciación y se generó una secuencia de consenso (comparando las secuencias del “forward” y del “reverse”). Las secuencias de consenso se truncaron a la misma longitud, 444 pb. Las secuencias de 19 muestras fueron idénticas, por eso solo se seleccionó una (muestra 18) para representar este haplotipo. Hubo otros dos haplotipos presentes en el resto de las 6 muestras. Estos dos solo fueron diferentes de la muestra 18 por uno o dos nucleótidos (Fig. 1). La similitud entre los haplotipos varió de 99.55 al 99.78%. Dada la identidad de secuencia entre cualquier par de haplotipos únicos que fue más del 99%, se asegura que todas las muestras en este grupo fueron de la misma especie. Los haplotipos para esta especie fueron representados por letras, así, el haplotipo A de *P. operculella* se encuentra en las cuatro provincias en estudio. En Tungurahua se encuentra además el haplotipo B, mientras en Cotopaxi y Chimborazo se encuentra el haplotipo C.

***Symmetrischema tangolias*.** De un total de 37 muestras de *S. tangolias*, 35 mostraron una banda clara y única con el tamaño esperado (431 pb) en la reacción de PCR. Los productos de PCR de estas 35 muestras fueron enviados para secuenciación. Las secuencias de consenso se truncaron a la misma longitud, 396 pb. Se determinaron cinco haplotipos dentro de las muestras de *S. tangolias*. La alineación y similitud de estas 5 secuencias únicas de COI se pueden ver en la figura 2. Los haplotipos fueron representados por letras (A-E). El haplotipo E, está presente en todas las provincias, representado con la muestra 9, fue el haplotipo más abundante.

***Tecia solanivora*.** Para esta especie, las muestras analizadas, todas fueron idénticas a las publicadas por Torres-Leguizamón et al., 2011, correspondiendo al haplotipo seis.

CONCLUSIONES

Para *P. operculella* se determinaron tres haplotipos, siendo el haplotipo uno el que se encuentra en las cuatro provincias evaluadas: Bolívar, Chimborazo, Cotopaxi y Tungurahua. Para *S. tangolias* se determinaron cinco haplotipos distribuidos en las cuatro provincias, siendo el haplotipo E el de mayor





presencia en todas las provincias. En cuanto a diferencias genéticas interespecíficas de los individuos de *T. solanivora* colectados en el monitoreo anteriormente mencionado, se confirman los resultados de Torres-Liguizamón et al. (2011) al encontrar un solo haplotipo de esta especie, el seis, el mismo que se encuentra reportado en Costa Rica, Venezuela, Colombia y en las Islas Canarias (Torres-Liguizamón et al. 2011).

A futuro se podrían determinar si existen diferencias en la ecología y biología de los haplotipos para diseñar herramientas de manejo integrado más específicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTILLO, C., REBAUDO, F., ASAQUIBAY, C., AUCANCELA, R., CAMACHO, J., LOPEZ, V., QUIMBIAMBA, V., YUMISACA, F., PANCHI, N., VALASCO, C. 2018. Informe final del proyecto “Fortalecimiento de la innovación para mejorar los ingresos, la seguridad alimentaria y la resiliencia de productores de papa en Bolivia, Ecuador y Perú”. INIAP-CIP. Quito, Ecuador.

CRUZ, E., CASTILLO, A., MALO, E. 2011. First report of *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) attacking the potato *Solanum tuberosum* in Mexico. Fla. Entomol. 94, 1055-1056.

GALLEGOS, P. 1997. Informe anual DNPV y PNRT. EESC, INIAP. Quito, Ecuador.

GALLEGOS, P., SUQUILLO, J., CHAMORRO, F., ASAQUIBAY, C. 2004. Alternativas de manejo de *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) en Ecuador. Memorias del II Taller Internacional de Polilla Guatemalteca. PUCE. Quito, Ecuador.

GRAFT, J. E. 2017. The potato tuber moth. Technical Bulletin USDA. 1917;427: 58 pp.

KROSCHER, J., SCHAUB, B. 2013. Biology and ecology of potato tuber moths as major pests of potato. Insect pests of potato: global perspectives on biology and management. Academic Press, London, 165-192.

MARTIN, N. A. 1999. Arthropods and molluscs associated with poroporo (*Solanum aviculare* and *S. laciniatum*): an annotated species list. Journal of the Royal Society of New Zealand, 29(1), 65-76.

OSMELAK, J. 1987. The tomato stem borer *Symmetrischema tangolias* (Turner), and the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller), as stem borers of pepino: first Australian record. Plant Protection Quarterly 2, 44.

RINCON, D., LOPEZ-ÁVILA, A. 2004. Dimorfismo sexual en pupas de *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae). Revista Corpoica 5 (1), 41-42.

RONDON, S. I., GAO, Y. 2018. The Journey of the Potato Tuberworm Around the World. In Moths-Pests of Potato, Maize and Sugar Beet. IntechOpen.

SALASAR, J., ESCALANTE, W. 1984. La polilla guatemalteca de la papa, *Scrobipalopsis solanivora*, nueva plaga del cultivo de la papa en Venezuela. Sociedad Venezolana de Ingenieros Agrónomos 9, 24-28.





SINT, D., SPORLEDER, M., WALLINGER, C., ZEGARRA, O., OEHM, J., DANGI, N., TRAUGOTT, M. 2016. A two-dimensional pooling approach towards efficient detection of parasitoid and pathogen DNA at low infestation rates. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(12), 1548-1557.

TERAUDS, A., RAPLEY, P. E. L., WILLIAMS, M. A., IRESON, J. E., MILLER, L. A., BRIEZE-STEGEMAN, R., MCQUILLAN, P. B. 1984. Insect pest occurrences in Tasmania 1982/83. *Insect pest occurrences in Tasmania 1982/83.*, (16).

TORRES-LEGUIZAMON, M., DUPAS, S., DARDON, D., GOMEZ, Y., NINO, L., CARNERO, A., LERY, X. 2011. Inferring native range and invasion scenarios with mitochondrial DNA: the case of *T. solanivora* successive north-south step-wise introductions across Central and South America. *Biological Invasions*, 13(7), 1505-1519.

TRUJILLO, E., RIOS, D., CABRERA, R. 2004. Distribución de *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) en Tenerife, Islas Canarias, España. *Memorias del II Taller Internacional de Polilla Guatemalteca*. PUCE. Quito, Ecuador.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) al proyecto “Fortalecimiento de la innovación para mejorar los ingresos, la seguridad alimentaria y la resiliencia de productores de papa en Bolivia, Ecuador y Perú” del CIP, y ejecutado en colaboración con el INIAP.

FOTOGRAFÍAS



Fotografía 1. Colecta de especímenes vivos de las trampas con feromonas en Cacha, Chimborazo.





Fotografía 2. Colecta de especímenes vivos de las tres especies de polillas de las trampas con feromonas en la zona Tishinguiri y de Guapungoto, provincia de Bolívar. Las flechas rojas señalan las trampas de cada especie ubicadas en el lote.

FIGURAS



Figura 1. Alineación de las secuencias de tres códigos únicos de COI de las muestras de *Phthorimaea operculella*.

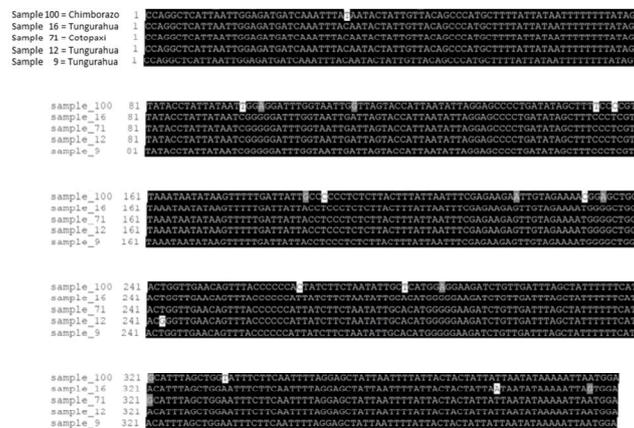


Figura 2. Alineación de las secuencias de seis códigos únicos de COI de las muestras de *Symmetrischema tangolias*.





MONITOREO DE TRES ESPECIES DE POLILLA DE LA PAPA EN CUATRO PROVINCIAS DEL ECUADOR

Castillo Carrillo, C.*1; Rebaudo, F.*2; Asaquibay, C.*1; Aucancela, R.*1.; Camacho, J.*1; López, V.*1;
Quimbiamba, V.*1; Yumisaca, F.*1; Panchi, N.*3; Velasco, C.*3

*1 Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador (INIAP).

*2 Instituto de Investigación para el Desarrollo, Francia (IRD, UMR EGCE).

*3 Centro Internacional de la Papa (CIP).

PALABRAS CLAVE: *Tecia solanivora*, *Symmetrischema tangolias*, *Phthorimaea operculella*, feromonas, trampas

RESUMEN

El cultivo de la papa en Ecuador es un rubro considerado dentro de los productos básicos de seguridad alimentaria. Además, constituye un rubro de ingreso económico para el agricultor y una fuente de trabajo. Uno de los principales problemas que enfrenta este cultivo es el ataque de plagas y enfermedades. En Ecuador, una de las plagas más perjudiciales es el llamado complejo de polillas de la papa que está compuesto por tres especies, *Tecia solanivora*, *Symmetrischema tangolias* y *Phthorimaea operculella*. Las tres especies están presentes en proporciones diferentes en tiempo y espacio. Esta investigación estudió la distribución y predominancia de las polillas en cuatro provincias productoras de papa Bolívar, Chimborazo, Cotopaxi y Tungurahua en la sierra centro del Ecuador en el 2018. Los resultados servirán para desarrollar estrategias de control más específicas y eficaces para estas plagas.

INTRODUCCIÓN

La papa es el rubro de mayor importancia en la seguridad alimentaria de la sierra del Ecuador. Provee de alimento e ingreso económico, como fuente de nutrientes y genera fuentes de trabajo. El cultivo de la papa genera mayor conversión de alimento por litro de agua y gastos de producción invertidos que el arroz, el maíz y el trigo y su huella de carbono es la de menor impacto (FAO, 2008; UOM, 2018).

La papa se destaca por su uso productivo del agua, produciendo más alimentos por unidad de agua que cualquier otro cultivo importante. Por cada metro cúbico de agua que se aplica en el cultivo, la papa produce 5600 calorías (kcal) de energía dietética, en comparación con 3860 en maíz y 2300 en trigo y 2000 en arroz. Para el mismo metro cúbico, la papa produce 150 g de proteína, el doble que el trigo y el maíz, y 540 mg de calcio, el doble que el trigo y cuatro veces la del arroz (FAO, 2008).

Actualmente, la producción de los alimentos, especialmente los productos animales, consumidos en la dieta promedio en el mundo desarrollado requiere extracciones de agua estimadas en 4000 litros per cápita por día (se requieren, por ejemplo, alrededor de 13000 a 15000 litros de agua para producir 1 kg de carne de vacuno). Pero un estudio reciente estimó que una dieta equilibrada basada en papa requeriría de solo 1 000 litros por día de agua per cápita (FAO, 2008).

La huella de carbono se calcula sumando las emisiones de gases de efecto invernadero (metano, óxido nitroso,) causadas por un producto a lo largo de su vida útil dando huellas de carbono en





unidades de dióxido de carbono equivalentes (CO₂e). La papa es el producto que menos impacto produce (UOM, 2018).

Los patógenos y plagas de los cultivos reducen el rendimiento y la calidad de la producción agrícola. Provocan pérdidas económicas sustanciales y reducen la seguridad alimentaria a nivel doméstico, nacional y mundial. A nivel mundial, las pérdidas asociadas con patógenos y plagas se estima para el trigo (22%), arroz (30%), maíz (23%) y para la papa (17%). Las mayores pérdidas están asociadas con las regiones con déficit de alimentos, con poblaciones de rápido crecimiento y con las plagas y enfermedades emergentes, como puntos críticos de seguridad alimentaria (Savary et al, 2019).

En el Ecuador, en la actualidad la principal papa es la recientemente identificada en el país, *Bactericera cockerelli* (Triozidae, Hemiptera), el psílido de la papa (Castillo et al. 2019). Sin embargo, las polillas de la papa han estado presentes ya por varios años en Ecuador causando daños económicos significativos permanentemente. Las tres especies de polillas de la papa (Gelechiidae, Lepidoptera): la polilla centroamericana o guatemalteca (*T. solanivora*), la polilla andina (*S. tangolias*) y la polilla común (*P. operculella*) causan daños que llegan al 100% de pérdida de los tubérculos cosechados y almacenados (Gallegos et al. 2004). Entre estas especies de polillas, aparentemente se parecen, pero existen marcadas diferencias genéticas, morfológicas, biológicas, ecológicas y de distribución tanto regional como mundial (Kroschel y Schaub, 2013; Torres-Leguizamón et al., 2011). En el austro ecuatoriano se realizó un monitoreo de las tres especies de polillas y se determinó que *S. tangolias* es la que más presencia tiene (53.4%) en relación con las otras dos, seguida por *P. operculella* (38.5%) y por *T. solanivora* (8.4%) (Lucero y Suquillo, 2017).

Existe mayor daño cuando las tres especies de polillas se encuentran en una misma zona atacando el cultivo de la papa ya que a mayor diversidad mejor aprovechamiento de los recursos en un ecosistema. En el caso de las larvas de estas tres especies, la más pequeña, la de *P. operculella*, se alimenta en la zona periférica de los tubérculos, mientras que las larvas de las otras dos especies excavan más profundo y se internan en los tubérculos. Esa diversidad de especies de plagas tiene un efecto significativo no solo en el nivel de daño del cultivo, sino también en la dinámica de la población de plagas. En países como Ecuador, por los sistemas de producción intensamente basados en el uso de insecticidas, se están incrementando las plagas agrícolas introducidas, y se disminuye la biodiversidad de los insectos que ofrecen servicios ecológicos; además, el clima generalmente cálido favorece el desarrollo de estas plagas introducidas (Dangles et al., 2009).

En esta investigación se realizó un monitoreo intensivo durante seis meses en el 2018 en 35 localidades ubicadas en cuatro provincias de la sierra centro del Ecuador (Bolívar, Chimborazo, Cotopaxi y Tungurahua) para generar un mayor conocimiento de la distribución y desarrollar estrategias de manejo diferenciadas por especie de polilla y por nivel de presencia y de severidad en distintas localidades.

MATERIAL Y METODOS

Se instalaron tres trampas con feromonas específicas para cada especie de polillas en campo y almacén, en 35 localidades de las zonas paperas en las cuatro provincias del estudio (Fig. 1) además se colocaron sensores de temperatura. Las trampas se colocaron desde el mes de mayo a octubre del 2018, en rangos de altitud de 2593 a 3645 m. Así, en la provincia de Bolívar en un rango de 2764 a 3184 m, en Chimborazo de 2593 a 3645 m, en Cotopaxi de 2938 a 3537 y en Tungurahua de 2848 a 3564 m. Se tomaron los datos de número de polillas por trampa cada 15 días. Para los análisis estadísticos se realizaron ajustes de datos para determinar el número de polillas por trampa por día. Se realizaron análisis de series temporales para caracterizar la abundancia de polillas en las zonas





muestreadas. Se realizaron análisis de correlación temporal y espacial en las series, así como el análisis de la abundancia relativa de cada una de las tres especies en cada sitio (Hanski y Woiwod 1993, Li et al. 2015, Buonaccorsi et al. 2001). Para complementar, se analizaron las distribuciones al nivel de provincias de las tres especies de polillas con modelos de correlación tomando en cuenta las abundancias relativas en cada sitio y los datos de temperatura (Fick y Hijmans 2017). Para estos cálculos se utilizó el programa R (<https://www.r-project.org/>).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La especie predominante en la mayoría de las localidades fue *S. tangolias*, seguida por *T. solanivora* y en tercer lugar *P. operculella*; las polillas están presentes en mayor cantidad en el campo que en el almacenamiento, con excepción de la provincia de Bolívar debido a que se almacena la papa en espacios abiertos. La provincia que presenta mayores poblaciones es la de Tungurahua, mientras que en Cotopaxi las menores. Sin embargo, en esta última provincia mencionada, se llega a obtener un promedio de más de 40 polillas de la especie *S. tangolias* por trampa en 15 días, con lo que se ratifica la necesidad de generar estrategias de manejo para esta plaga. Se obtuvieron datos de todas las localidades muestreadas que nos permitieron analizar la distribución de las polillas en el tiempo en las cuatro provincias donde se realizó el monitoreo. Un ejemplo se presenta en la Figura 1 con gráficos del número de polillas de las tres especies colectadas por trampa por día en la localidad de Chagrapamba, parroquia Píllaro en la provincia de Tungurahua. En mayo y junio se presentan los picos más altos de la población de *S. tangolias* en esta localidad, con un número de polillas que llega a más de 1400 individuos capturados en una trampa durante 15 días (Foto 1), dando un promedio de captura por día que sobrepasa los 100 individuos.

Se analizó la sincronía entre especies de polillas. Existe correlación positiva entre las series de tiempo de monitoreo para todas las ubicaciones y para cada región entre las especies. Este resultado sugiere que la dinámica poblacional de las tres especies está sincronizada, lo que es coherente con la biología de las especies que tienen un desarrollo predominantemente dependiente de la temperatura y comparten nichos ecológicos similares (Crespo-Pérez et al. 2015). No se observa una sincronía en función de la distancia entre sitios, probablemente porque hay poca diferencia en término de temperatura entre las distintas zonas de estudio a lo largo de un rango latitudinal. Se realizaron gráficos de la abundancia relativa entre las tres especies de polillas donde se presentan las capturas relativas para visualizar la presencia y la proporción de cada especie en cada localidad de las cuatro provincias y ver como esas proporciones van cambiando con el tiempo. En la figura 3 se observa un ejemplo de los gráficos realizados donde se puede observar que en la localidad de San Francisco (Salcedo, Cotopaxi) predomina *P. operculella*, seguida por *S. tangolias* y *T. solanivora*. En la localidad de Pusniag (Guano, Chimborazo) predomina *S. tangolias*, seguida por *P. operculella* y *T. solanivora*, mientras que en Guapungoto (Guaranda, Bolívar) predomina *T. solanivora*, seguida por *S. tangolias* y *P. operculella*, y en Chabrapamba (Píllaro, Tungurahua) predomina *S. tangolias*, seguida por *T. solanivora* y *P. operculella*. Pudimos observar la presencia de las tres especies en cada sitio, lo que tiende a confirmar la hipótesis de facilitación entre especies de polilla de la papa (Dangles et al 2009), a diferencia de la competencia más tradicional entre especies.





CONCLUSIONES

Los resultados del monitoreo de las tres especies de polillas de la papa realizado en cuatro provincias del Ecuador permite confirmar que las tres especies se encuentren en conjunto en todas las zonas muestreadas, y conocer en qué proporción se encuentran lo que permitirá diseñar a futuro estrategias de manejo integrado más específicas y efectivas para cada especie, como la tecnología del “atrack and kill” (Kroschel y Zegarra, 2010).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CRESPO-PEREZ, V., REGNIERE, J., CHUINE, I., REBAUDO, F., DANGLES, O. 2015. Changes in the distribution of multispecies pest assemblages affect levels of crop damage in warming tropical Andes. *Global Change Biology*, 21, 82-96.
- BUONACCORSI, J. P., ELKINTON, J. S., EVANS, S. R., LIEBHOLD, A. M. 2001. Measuring and testing for spatial synchrony. *Ecology*, 82(6), 1668-1679.
- DANGLES, O., MESIAS, V., CRESPO-PEREZ, V., SILVAIN, J. F. 2009. Crop damage increases with pest species diversity: evidence from potato tuber moths in the tropical Andes. *Journal of Applied Ecology*, 46(5), 1115-1121.
- FICK, S. E., HIJMANS, R. J. 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas: new climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37:4302–4315.
- GALLEGOS, P., SUQUILLO, J., CHAMORRO, F., ASQUIBAY, C. 2004. Alternativas de manejo de *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) en Ecuador. Memorias del II Taller Internacional de Polilla Guatemalteca. Pollet, A., Onore, G., Chamorro, F., Barragán, A. Editores. Publicación Especial 7. PUCE, Quito, Ecuador.
- HANSK, I., WOIWOD, I. P. 1993. Spatial synchrony in the dynamics of moth and aphid populations. *Journal of Animal Ecology*, 656-668.
- KROSCHER, J., ZEGARRA, O. 2010. Attract-and-kill: a new strategy for the management of the potato tuber moths *Phthorimaea operculella* (Zeller) and *Symmetrischema tangolias* (Gyen) in potato: laboratory experiments towards optimising pheromone and insecticide concentration. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 66(5), 490-496.
- LI, S., DAUDIN, J.J., PIOU, D., ROBINET, C., JACTEL, H. 2015. Periodicity and synchrony of pine processionary moth outbreaks in France. *Forest Ecology and Management*, 354, 309-317.
- LUCERO, H., SUQUILLO, J. 2017. Evaluación de Bacu-Turin en sistemas de almacenamiento de semilla de papa en Paute, Azuay. Memorias del VII Congreso Ecuatoriano de la Papa. Junio, 29 y 30. Tulcán, Carchi, Ecuador.





R CORE TEAM. 2018. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en: <http://www.r-project.org/>

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) al proyecto “Fortalecimiento de la innovación para mejorar los ingresos, la seguridad alimentaria y la resiliencia de productores de papa en Bolivia, Ecuador y Perú” del CIP, y ejecutado en colaboración con el INIAP.

FOTOGRAFIAS



Fotografía 1. Detalle de la trampa con un alto número de polillas en Chagrapamba, Píllaro, Cotopaxi.



Fotografía 2. Evaluación de las trampas en San Antonio, Chimborazo. Detalle de la trampa de *P. operculella*.





FIGURAS

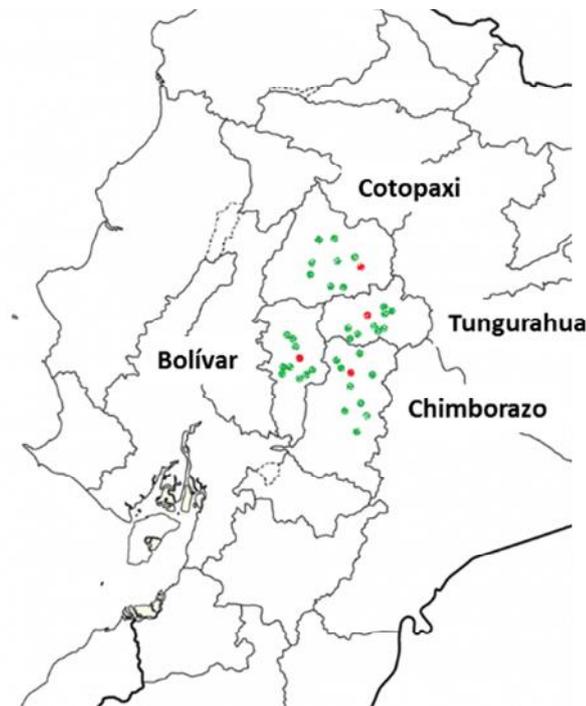


Figura 1. Mapa del Ecuador donde se señala en rojo la ubicación de las capitales de provincias y en verde los lugares de muestreo de tres especies de polillas de la papa.

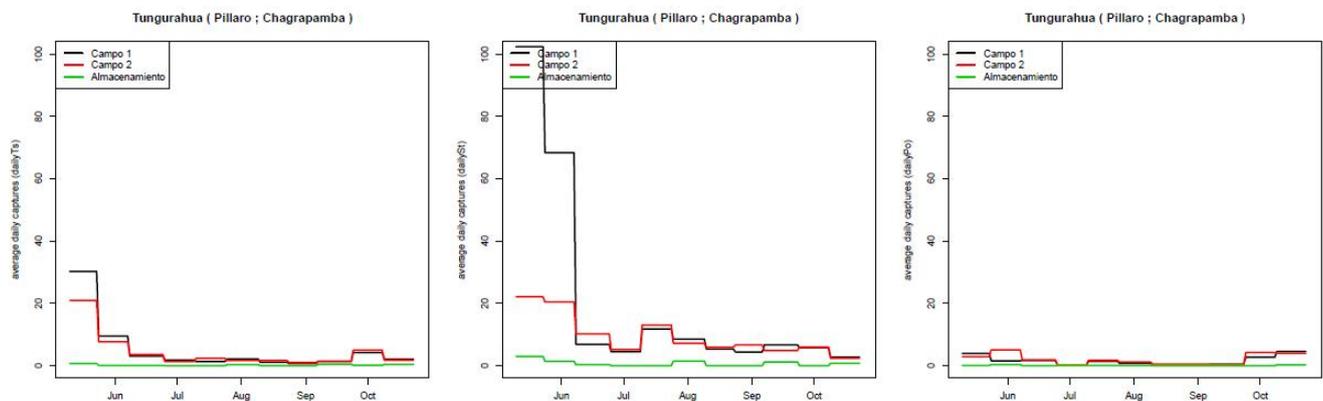


Figura 2. Número de polillas de cada especie (izquierda *T. solanivora*, centro *S. tangolias*, derecha *P. operculella*) por trampa por día colectadas en campo en la localidad de Chagrapamba en la provincia de Tungurahua, Ecuador, 2018.



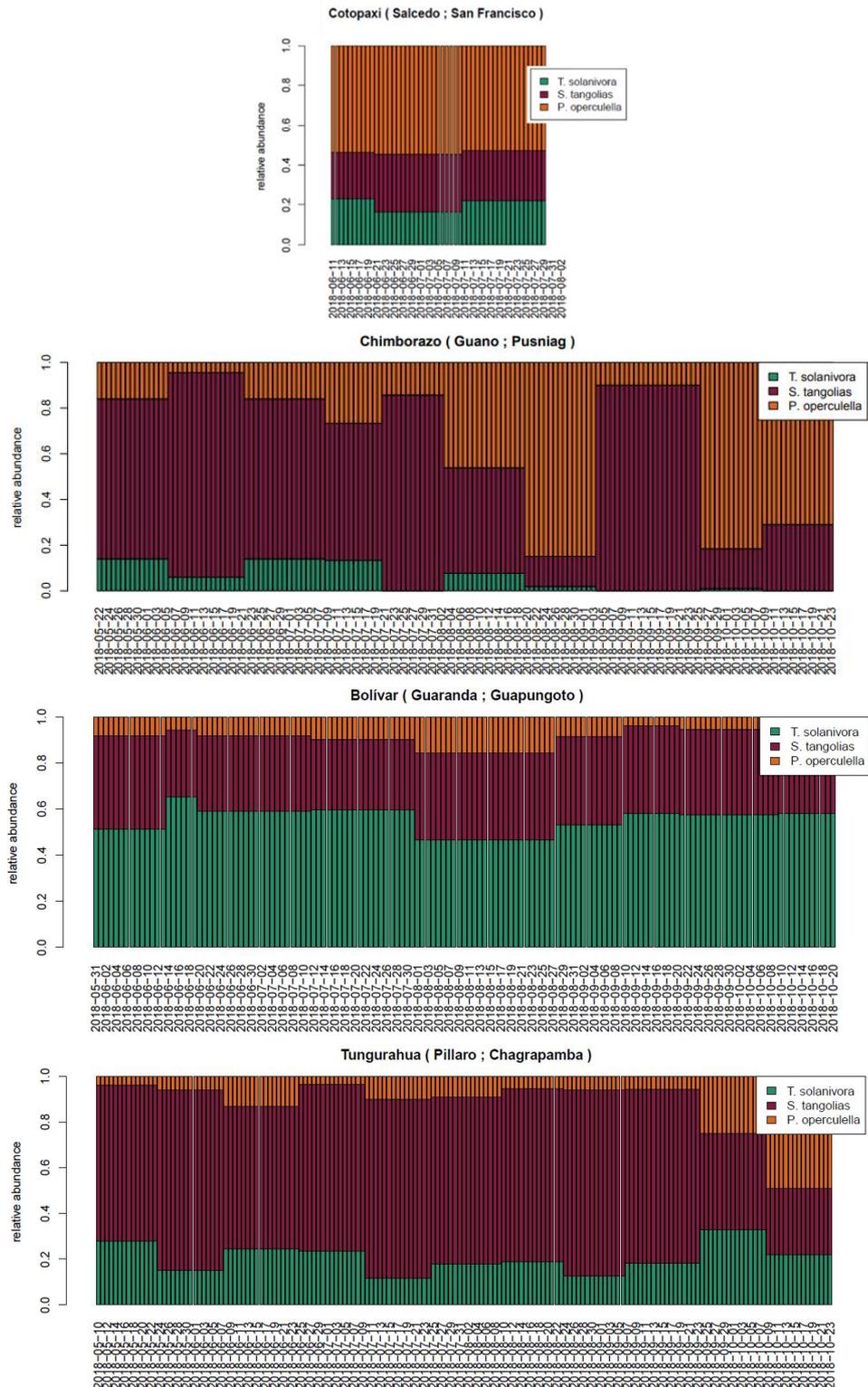


Figura 3. Abundancia relativa entre las tres especies de polillas en función del tiempo. Se presenta una localidad por provincia como ejemplo.





RESISTENCIA VARIETAL Y MEJORAMIENTO GENÉTICO EN PAPA PARA CONTROLAR POLILLA GUATEMALTECA (*Tecia solanivora*) EN COLOMBIA

Cely-Pardo, L.*; Sánchez, G.*; Barreto-Triana, N.; Pérez, O.*

*Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA. Centro de Investigación
Tibaitatá, Kilómetro 14 vía Mosquera, Cundinamarca.

ncely@agrosavia.co; gsanchez@agrosavia.co; nbarreto@agrosavia.co; oyperez@agrosavia.co

Las investigaciones en Manejo integrado de plagas -MIP-, combinan componentes basados en el conocimiento de las plagas y el cultivo, su objetivo principal es mantener las poblaciones de insectos por debajo de umbrales de acción para minimizar pérdidas económicas, mientras se logra una mayor protección de los cultivos. Un componente de MIP que está ganando cada vez más atención para reducir el daño por insectos, es el uso de la resistencia de la planta hospedera (Pelletier et al., 2013). La resistencia varietal debería ser la base fundamental de cualquier estrategia MIP, debido a su bajo impacto ambiental, acción duradera, relativo bajo costo y fácil implementación por parte de los productores; además no necesita conocimientos adicionales sobre la plaga o sobre la planta; además del valor agregado de la semilla al tener incorporado un componente de manejo de la plaga (Cardona & Mesa, 2011, Gallo et al., 2002; Sharma & Ortiz, 2002).

Cuando una variedad vegetal resistente reduce la población de la plaga hasta en un 50% en cada generación, es suficiente para reducir drásticamente en unas cuantas generaciones al insecto de importancia económica, este efecto rápidamente acumulativo y persistente de una variedad resistente contrasta con el efecto inmediato y declinante de la mayoría de los insecticidas (NAS, 1978). Es por esto, que cobra importancia el mejoramiento genético aprovechando las fuentes de resistencia encontradas en materiales de papa silvestres o nativas.

En general, los híbridos que se obtienen de cruzamientos entre nativas o silvestres y mejoradas son vigorosos y presentan un alto porcentaje de apareamiento cromosómico. Por esto, es posible incorporar pequeños segmentos cromosómicos a las formas cultivadas, tanto para introducir resistencias heredables, como para ampliar la base genética e incrementar la heterocigosis, positivamente relacionada con el rendimiento (Camadro 2011).

Desde el año de 1959, año en el que aparecen los primeros reportes de daños causados en cultivares de papa por *Tecia solanivora* (Povolný, 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) en Guatemala, y su posterior dispersión y adaptación en Centroamérica, Sur América, México, y más recientemente España (Acevedo-Reyes, Carrillo & Torrado, 2013; EPPO, 2017; Puillandre et al., 2007; Roblero, Vera & Malo, 2011; Vega-Ortiz, Blanco-Rodríguez & García-Ávila, 2017), el manejo de la polilla guatemalteca se ha basado en el uso de insecticidas de síntesis química. Adicionalmente, las condiciones favorables de clima como la sequía incrementan las pérdidas ocasionadas por la plaga, incluso cuando se implementan recomendaciones para su manejo integrado (Corral et al., 2017). Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario establecer sistemas sostenibles en el cultivo de papa, donde la prioridad sea la disminución de los daños causados al ambiente y a la producción (Barreto et al., 2003).

Los programas de mejoramiento genético de papa en el mundo, como los del Centro Internacional de la Papa-CIP, Universidades, Instituciones o empresas privadas, y en Colombia, la Universidad Nacional de Colombia, el Instituto Colombiano Agropecuario-ICA en su momento y Corpoica ahora AGROSAVIA entre otras, han estado enfocados a la obtención de variedades de alto rendimiento y con resistencia o tolerancia a enfermedades, principalmente tizón tardío (*Phytophthora infestans*), atributo que poseen ocho variedades que actualmente están en el mercado colombiano (Barrientos & Núñez, 2014; ICA, 2016).





Aunque en los últimos años se ha avanzado en la investigación relacionada con resistencia genética de la papa frente al ataque de insectos plaga, se considera que aún son pocos los esfuerzos en el mundo en general y en Colombia en particular. En el ámbito mundial se destacan los estudios de resistencia al cucarrón colorado de la papa (CPB), *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera, Chrysomelidae), principal plaga del cultivo en Estados Unidos, Canadá y varios países europeos y asiáticos (Maharijaya & Vosman, 2015). En Bolivia, se ha comprobado que la especie nativa *Solanum chacoense* posee resistencia a plagas como *M. persicae*, *Leptinotarsa decemlineata*, *Phthorimaea operculella* y *Lyriomiza huidobrensis* (Ochoa, 2001). Para el caso de Colombia, hay reportes de estudios de resistencia a *Myzus persicae* (Ávila 1983; Ramírez 1977) y a *Premnotrypes vorax* (Hernández y Pineda, 1992; Trillos, Valencia, Pineda y Martínez, 1993).

Respecto a *T. solanivora*, los grupos de investigación extranjeros y nacionales que trabajan en esta plaga, han orientado sus estudios hacia el conocimiento de la biología del insecto y componentes de manejo como control etológico, biológico y cultural. Sin embargo, hasta el momento el control químico prevalece como la principal alternativa de control y por parte de los productores hay baja adopción y poco impacto de nuevas estrategias de manejo de la polilla en las zonas productoras de papa en Colombia (Carrillo & Torrado, 2013). Un estudio desarrollado en el departamento de Boyacá por Feola y Binder (2010), establece que el componente químico es el método más común para el control de la plaga, identificaron 30 productos comerciales y 17 ingredientes activos, de los cuales, nueve pertenecen a las categorías toxicológica más altas IA y IB. Actualmente en Colombia hay 19 insecticidas químicos registrados ante el ICA para control de *T. solanivora*, correspondientes a 12 ingredientes activos (ICA, 2018).

Colombia ha sido pionero en realizar estudios en busca de resistencia genética de la papa a *T. solanivora*, en los cuales se han evaluado algunos materiales de papas nativas, clones avanzados y transformados. Bejarano, Núñez y Luque (1997), evaluaron 10 variedades de papa y tres híbridos inter-específicos en laboratorio y seleccionaron las variedades nativas Salentina, Tuquerreña, Argentina y los híbridos 88-21-1 y 88-35-7 por presentar menor porcentaje de pupas obtenidas (28%) con respecto a las variedades mejoradas Chitagá, Monserrate, Puracé, Capiro, Tequendama, Nariño y Parda Pastusa, que se comportaron como susceptibles (65-83% de pupas formadas). Álvarez et al. (2000), citados por Cadena, Naranjo y Núñez (2005) evaluaron, en condiciones de laboratorio, 31 genotipos experimentales y tres variedades de papa, seleccionaron los tres genotipos que presentaron menor porcentaje de daño (23.4%) frente a las variedades comerciales Diacol Capiro, Parda Pastusa e ICA Única (42,2-58,9%).

En otra investigación, Cadena et al. (2005) evaluaron 60 genotipos de *S. phureja* en condiciones de laboratorio, valorando el daño en el tubérculo, porcentaje de larvas y formación de pupas, seleccionaron 11 genotipos por su resistencia a *T. solanivora* al presentar niveles inferiores a 25% de daño y porcentaje de formación de pupas inferior a 23%.

Ordóñez et al. (2012), evaluaron en casa de malla cinco variedades comerciales del departamento de Nariño y seleccionaron las variedades Tuquerreña, Mamberra y Tornilla por el efecto antibiótico y de no preferencia sobre *T. solanivora*. En estas variedades el ciclo de desarrollo de la polilla fue más largo (70-75 días) que en las variedades susceptibles Criolla amarilla y Diacol Capiro (65 días), también se presentó mayor mortalidad de larvas, menor porcentaje de formación de pupas y de adultos, respecto a las variedades susceptibles. Rivera (2015) evaluó en laboratorio y almacenamiento, tres accesiones de la CCC y las variedades comerciales Parda Pastusa y Tuquerreña, por resistencia a *T. solanivora* y seleccionó la variedad Tuquerreña y las accesiones 15062398 y 15060303 como resistentes, por su efecto negativo sobre los estados inmaduros de *T. solanivora*.





Paralelamente a las anteriores investigaciones, AGROSAVIA ha hecho una apuesta en la búsqueda de resistencia a *T. solanivora* en la CCC de papa con el fin de encontrar materiales que puedan ser insumo de un programa de mejoramiento genético enfocado en la resistencia del cultivo a la plaga.

Otra estrategia empleada para control de insectos es la transformación genética, herramienta que genera alta controversia por efectos que pueda causar sobre la diversidad y el equilibrio de los sistemas asociados a los cultivos. En este sentido, el microorganismo *Bacillus thuringiensis* (Bt) ha sido ampliamente usado para el desarrollo de bioplaguicidas y cultivos biotecnológicos para el control de plagas como *T. solanivora* (Iriarte y Caballero, 2001).

Villanueva et al., (2009), identificaron cepas nativas de Bt activas frente a larvas de *T. solanivora*, seleccionaron la más activa y caracterizaron sus genes cry. Posteriormente, obtuvieron 43 líneas transgénicas a partir de las variedades comerciales de papa Diacol Capiro, Parda Pastusa y Pan de azúcar, transformadas por el gen sintético cry1AC de *Bacillus thuringiensis*. Los estudios en laboratorio mostraron una mortalidad superior al 83,7% de las larvas de *T. solanivora*, en los tubérculos de papa transgénica, con respecto, a las líneas no transgénicas cuya mortalidad fue inferior a 2,67% (Valderrama et al., 2007). Rivera y López-Ávila (2010) evaluaron ocho de esas líneas transformadas, en condiciones confinadas de almacenamiento y casa de malla. Los resultados mostraron incidencia de daño inferior a 4% y severidad menor a 0.5% y permitieron catalogar estos materiales como resistentes al ataque de la plaga. Villanueva et al. (2014) evaluaron ocho líneas transformadas en condiciones de bioseguridad en laboratorio, invernadero y campo experimental, encontraron dos líneas transgénicas con resistencia a *T. solanivora*.

Si bien es cierto que se han realizado avances importantes en la obtención de líneas transgénicas resistentes a *T. solanivora*, aún hay mucha discusión en torno a su uso comercial y no se ha autorizado su liberación. Algo similar ocurrió con la variedad de papa New Leaf de Monsanto (transformada con un gen que produce una toxina que repele al CPB), fue el primer alimento modificado genéticamente aprobado para consumo humano en 1995 y producido comercialmente en los Estados Unidos, pero debido a las preocupaciones de los consumidores, fue retirado del mercado en el año 2000 (Vernon & Herk, 2013).

Colombia tiene una amplia diversidad genética de papas nativas, con las que diferentes instituciones de investigación han realizado estudios que han mostrado resultados promisorios con genotipos resistentes al ataque de *T. solanivora*, desafortunadamente no todas corresponden a un Programa de mejoramiento estructurado y planificado a largo plazo que permita llegar a una variedad resistente a la polilla. A la fecha, en AGROSAVIA hay importantes avances que permiten vislumbrar la obtención de variedades con algún grado de resistencia a la plaga, que además tengan atributos agronómicos y de calidad con características que respondan a las necesidades de los agricultores y a las demandas de los consumidores de papa en Colombia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO-REYES, N.; VEGA-ORTIZ, H.E.; BLANCO-RODRÍGUEZ, E.; GARCÍA-ÁVILA, C de J. 2017. Distribución de la palomilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* Povolný (Lepidoptera: Gelechiidae) en México. *Entomología mexicana*, 4,369-373.

BACCA, T.; HADDI, K.; PINEDA, M.; GUEDES, R.; OLIVEIRA, N. 2017. Pyrethroid resistance is associated with a *kdr*-type mutation (L1014F) in the potato tuber moth *Tecia solanivora*. *Pest Management Science*, 73(2), 397-403. Doi: 10.1002/ps.4414.





BARRETO T., N. 2004. Nuevos aportes al conocimiento y manejo integrado de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny) en Colombia. En: Memorias XXXI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN). Bogotá. Colombia. 28 a 30 de Julio de 2004. pp. 93-100.

BARRIENTOS, J.; ÑÚSTEZ, C. 2014. Difusión de seis nuevas variedades de papa en Boyacá y Cundinamarca (Colombia) entre 2003 y 2010. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 8(1),126-147.

CAMADRO, E. 2011. Hibridación y flujo génico en especies silvestres de papa de la Argentina. Journal of Basic & Applied Genetics. 22.

CARDONA, C.; MESA, N.C. 2011. Resistencia varietal a insectos. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.

CARRILLO, D.; TORRADO-LEÓN, E. 2013. *Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae), an invasive pest of potatoes *Solanum tuberosum* L. in the Northern Andes. En: Peña JE. (ed) Potential invasive pests of agricultural crops. Wallingford UK, Cabi Publishing, Colección: Cabi Invasives, pp. 126–136.

CORRAL, S.; ROMERO, M.; DE LARA D, PEREIRA, A.; CUENCA, E. 2017. Assessing the complexity of the spreading processes of agricultural pests: the case of the Guatemalan potato moth in Tenerife. <https://www.researchgate.net/publication/320729496>. [consultado el 24 de febrero de 2018]
EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION [EPPO]. 2017. EPPO Reporting service Bulletin 4(080), 8.

FEOLA, G.; BINDER, C.L. 2010. Identifying and investigating pesticide application types to promote a more sustainable pesticide use. The case of smallholders in Boyacá, Colombia. Crop Protection, 29(6), 612 - 622.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA N.; LIMA C. R. P.; BAPTISTA, G.; BERTI, E.;... OMOTO, C. 2002. Métodos de controle de pragas. En Entomología Agrícola. (pp. 243-359). Piracicaba, SP, Brasi: FEALQ.

HERNÁNDEZ, E.; PINEDA, R. 1992. Genética y mejoramiento de la papa. En: La papa, el descubrimiento que conquistó al mundo. Curso internacional de la papa. Pamplona, Colombia. 8 al 10 de octubre de 1992. 14-25 p.

HURTADO C, C.M.; Gutiérrez, M. 2005. Enfoque del paciente con intoxicación aguda por plaguicidas organofosforados. Revista de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia, 53(4), 244-258.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO [ICA]. 2016. Resolución No. 00005239 del 12 de mayo de 2016. Dirección Técnica de semillas. Bogotá, Colombia. 8 p.

MAHARIJAYA, A.; VOSMAN, B. 2015. Managing the Colorado potato beetle; the need for resistance breeding. Euphytica 204(3), 487-501. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1467-3>





NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES [NAS]. 1978. Resistencia de las plantas y animales. En: Noriega Editores. Manejo y control de plagas de insectos, Control de plagas de plantas y animales (pp. 91-125) México D.F.: Limusa.

OCHOA, C.M. 2001. Las papas de sudamérica: Bolivia. IFEA, COSUDE, CID, CIP, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. 535 p.

PELLETIER, Y.; HORGAN, F.; POMPON, J. 2013. Potato resistance against insect herbivores: Resources and opportunities. In: F. Giordanengo, Ch. Vincent & A. Alyokhin (Eds) Insect Pests of Potato. Global perspectives on biology and management. (pp. 439–462). Waltham, Massachusetts, USA: Elsevier.

RAMÍREZ DE S, G.L. 1977. Evaluación de variedades de papa *Solanum phureja* Juz. et Buk por su resistencia al *Myzus persicae* (Sulzer). Trabajo de tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia e Instituto Colombiano Agropecuario, Mosquera, (Colombia).

RIVERA, H.; LÓPEZ-ÁVILA, A. 2010. Evaluación de líneas de papa transgénica para el control de *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae). Resúmenes XXXVII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Bogotá, Colombia. pp. 100.

ROBLERO E.; N.C.; VERA, A.C.; MALO, E.A. 2011. First report of *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) attacking the potato *Solanum tuberosum* in Mexico. Florida Entomologist, 94(4),1055–1056.

SHARMA, H.C.; ORTIZ R. 2002. Host plant resistance to insects: An eco-friendly approach for pest management and environment conservation. Journal of Environmental Biology, 23(2), 111-135.

TRILLOS, O.; VALENCIA, L.; PINEDA, R.; MARTÍNEZ, R. 1993. Evaluación de híbridos de *Solanum polyadenium* Greenm. para resistencia al gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax* Hustache). Agronomía Colombiana, 10(2), 128-131.

VALDERRAMA, A. M.; VELÁSQUEZ, N.; RODRÍGUEZ, E.; ZAPATA, A.; ZAIDI, M. A.; ALTOSAAR, I.; ARANGO, R. 2007. Resistance to *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) in three transgenic andean varieties of potato expressing *Bacillus thuringiensis* Cry1Acv protein. Journal of Economic Entomology, 100(1), 172-179.

VERNON, RS.; VAN HERK, W.G. 2013. Wireworms as pests of potato. In: F. Giordanengo, Ch. Vincent, A. Alyokhin (Eds) Insect Pests of Potato. Global perspectives on biology and management. (pp. 103-164). Waltham, Massachusetts, USA: Elsevier.

VILLANUEVA, D.; TORRES, J.; RIVERA, H.; NÚÑEZ, V.; ARANGO, R.; ÁNGEL, F. 2014. Líneas colombianas de papa genéticamente modificadas resistentes a *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) bajo campo confinado. En Colombia: Revista Colombiana de Entomología, 40, 146-155.





LA APUESTA DE AGROSAVIA EN LA BÚSQUEDA DE FUENTES DE RESISTENCIA A LA POLILLA GUATEMALTECA EN LA COLECCIÓN CENTRAL COLOMBIANA DE PAPA

Cely-Pardo, L.; Santa, J.D.; Salinas, A.; Barreto-Triana, N.; Pérez, O.*

*Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA. Centro de Investigación Tibaitatá Kilometro 14 vía Mosquera
ncely@agrosavia.co; jsanta@agrosavia.co; dsalinas@agrosavia.co; nbarreto@agrosavia.co; oyperez@agrosavia.co

RESUMEN

Las pérdidas causadas por *Tecia solanivora* en los cultivos de papa en los países del área andina son muy significativas, ocasionando alto impacto en la economía de los productores. Sin embargo, aún no se tiene certeza de medidas de control económicas, eficientes, y de bajo impacto ambiental, que puedan ser ofrecidas como alternativas al uso excesivo de plaguicidas químicos. Desde el año 2002 AGROSAVIA generó proyectos de investigación, cuyo objetivo fue evaluar la resistencia genética en genotipos de la Colección Central Colombiana de papa -CCC-. Es así como se establecieron experimentos en condiciones de laboratorio, casa de malla y campo en parcelas experimentales; se seleccionaron genotipos que demostraron ser promisorios por afectar a la polilla mediante los mecanismos de antibiosis y antixenosis; se cuantificó la respuesta y el alcance de la resistencia natural de los materiales al daño, y la disminución de poblaciones de la plaga por efecto sobre los diferentes parámetros biológicos. Se hizo introgresión de la resistencia a la plaga en variedades comerciales, mediante cruzamientos entre los genotipos seleccionados con características de resistencia y materiales de papa comerciales con características de calidad deseables. Como resultado de estas investigaciones, se obtuvieron: Seis genotipos de la CCC de papa con mecanismos de resistencia identificados en condiciones controladas mediante tablas de vida, 11 genotipos de papa tetraploide avanzados con características de resistencia a *T. solanivora* y a *Phytophthora infestans* y alto rendimiento, dos de estos con posible mecanismo de antibiosis. También se realizó un mapa genético para la identificación de QTL's que codifican para resistencia a polilla y a tizón tardío. Adicionalmente, se obtuvieron cuatro familias provenientes de cruzamientos entre genotipos nativos seleccionados por sus atributos de resistencia a *T. solanivora*, de las que se identificaron 91 genotipos con respuestas de resistencia en almacenamiento. En términos generales, se evidencia que el genotipo BGVCOL 15062384 se comporta de manera favorable para el control de la polilla y además como donador genético de la característica de resistencia a la plaga. Se proyecta la confirmación de las características en campo en parcelas de pequeños productores, el empleo de selección genómica y el uso de los materiales seleccionados en programas de mejoramiento de la papa con énfasis en resistencia genética a *T. solanivora* y al patógeno *P. infestans* para uso futuro por agricultores.

PALABRAS CLAVE: *Tecia solanivora*, mejoramiento de papa, mecanismos de resistencia, antibiosis, antixenosis, QTL de resistencia a insectos.





INTRODUCCIÓN

Las pérdidas generadas por la “polilla guatemalteca de la papa”, *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) y por el patógeno *Phytophthora infestans* (tizón tardío o “gota de la papa”), son considerables y significativas en la producción de papa en Colombia (Cárdenas et al, 2012). Sin embargo, a nivel comercial aún no se tiene un cultivar con características de resistencia conjunta (Ñústez, 2011), pues son pocos los esfuerzos que se han realizado en el país en búsqueda de resistencia genética en papa frente al ataque de insectos plaga.

Una alternativa productiva, explotada ancestralmente por los agricultores de la zona andina colombiana, es el cultivo de papas nativas (Moreno et al. 2009). El uso de materiales nativos para mejorar las variedades comerciales le confiere sus atributos, en cuanto a resistencia a factores bióticos y abióticos, entre otras características favorables, lo que se verá reflejado en la puesta en el mercado de variedades con mayores propiedades nutricionales, más rentables para el productor al disminuir número de aplicaciones de fungicidas e insecticidas y más sano para el consumidor y para el ambiente.

En esta investigación se aprovecharon los recursos genéticos existentes en la Colección Central Colombiana (CCC) de papa y se evaluaron materiales preseleccionados por características agronómicas, de calidad y por su resistencia a polilla y al tizón tardío, usando mediciones cuantitativas de los dos problemas en campo y laboratorio, paso importante para obtener variedades mejoradas, que recombinen los mejores atributos agronómicos de genotipos avanzados de mejoramiento (variedades comerciales), con las excelentes propiedades de calidad, resistencia y adaptación presente en las variedades nativas de la CCC.

Teniendo en cuenta que son numerosas las interacciones planta-insecto, diferentes autores han identificado tres mecanismos o categorías básicas para calificar una planta como resistente a un insecto: antibiosis, tolerancia y antixenosis o no-preferencia (Badii & Garza-Almanza, 2007; Painter, 1951).

Así, el presente estudio se realizó en respuesta a la necesidad de desarrollar nuevos cultivares de papa, con mejores contenidos nutricionales y resistencia a los problemas fitosanitarios más limitantes en el país. Este esfuerzo tuvo su origen a comienzos de los años 80, en el programa de entomología del Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, con la búsqueda y selección de materiales con fuentes de resistencia al gusano blanco de la papa; después de cuatro años de investigación se seleccionaron 15 materiales considerados como promisorios (Hernández & Pineda, 1992).

En el 2003 se dio inicio a la evaluación de 846 genotipos de la CCC por resistencia a *T. solanivora*, de los cuales se seleccionaron 60 en los diferentes grupos de *Solanum tuberosum* (Cifuentes y López-Ávila, 2004). A partir de estos estudios, se siguieron evaluando genotipos de papa preseleccionados mediante experimentos de libre elección (Antixenosis) y no elección (Antibiosis) en condiciones controladas en laboratorio, casa de malla y parcelas experimentales en el C.I. AGROSAVIA – Tibaitatá. De esta manera, se lograron identificar y confirmar los mecanismos de resistencia a *T. solanivora* en la CCC de papa y en nuevos genotipos obtenidos a partir de cruzamientos dialélicos recíprocos entre variedades comerciales y los genotipos seleccionados de la CCC.

Teniendo en cuenta que es muy poco lo que se ha hecho en búsqueda de fuentes de resistencia genética para el control de *T. solanivora*, cualquier avance que se logre en este campo, será una innovación que tendrá gran impacto tecnológico en el manejo integrado de la plaga en el país. Con los resultados obtenidos en esta investigación, a futuro se podrán obtener variedades con resistencia a la plaga y con atributos de calidad sobresalientes que puedan ser incluidas en un plan de manejo integrado del cultivo de papa y/o se identificarán parentales que posean características de resistencia a la polilla, que se incluirían en un programa de mejoramiento genético del cultivo.





MATERIALES Y MÉTODOS

Material Biológico

Se estableció una cría de polilla guatemalteca en condiciones de laboratorio con material obtenido en campo. Los genotipos de papa de la CCC fueron suministrados por el departamento de Agrobiodiversidad de AGROSAVIA, provenientes de conservación en campo. Una vez se obtuvo la progenie F1 de los cruzamientos nativas x comerciales y nativas x nativas se conservan en campo.

Búsqueda y confirmación de atributos de resistencia

La investigación se desarrolló en el C.I. Tibaitatá de AGROSAVIA, localizado en el municipio de Mosquera (Cundinamarca – Colombia) a una altitud de 2550 msnm y con coordenadas 04°41'21.8"N 74°12'06.4" W. Todos los ensayos de confirmación de atributos de resistencia a polilla guatemalteca se realizaron con los genotipos seleccionados (tratamientos) en cada experimento, que habían mostrado respuestas de resistencia. Como testigos se usaron las variedades comerciales Parda Pastusa registrada como altamente susceptible a la plaga y Tuquerreña con algún grado de resistencia (Álvarez et al. 2000; Bejarano et al. 1997; Ordóñez et al. 2012).

Durante todo el estudio se realizaron experimentos de No elección (para identificar antibiosis) en condiciones de laboratorio y casa de malla, y experimentos de libre elección (para identificar antixenosis) en condiciones de almacenamiento, casa de malla y parcela experimental. En dónde fue necesario, la densidad de la población de *T. solanivora* se estimó mediante trampas de feromona sexual.

Las variables evaluadas en todos los experimentos fueron porcentaje de daño y porcentaje de incidencia. Adicionalmente, en los ensayos de libre elección en almacenamiento y no elección en laboratorio, se evaluó el desarrollo biológico del insecto, estimado como número de orificios de salida en los tubérculos (un orificio de salida corresponde a un nuevo individuo). Para estimar un índice de resistencia, se estableció un nivel para cada variable según se indica en la escala de la Tabla 1, metodologías adaptadas de Arias et al., (1996) y Araque & García, (1999).

- **Parte I. Selección de genotipos de la CCC de papa**

Experimentos de no elección:

- Laboratorio: En recipientes de plástico, se pusieron de forma individual un tubérculo de cada genotipo (unidad experimental), con una infestación de 10 larvas neonatas de *T. solanivora* sobre cada tubérculo. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con el número de tratamientos a evaluar y diez repeticiones por tratamiento. La evaluación se realizó al cabo de 40 días.

- Casa de malla: Se realizaron experimentos de no elección, con un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones, aislando cada planta mediante jaulas de muselina. Se hicieron tres infestaciones con adultos de polilla guatemalteca con una densidad de dos parejas por jaula. Los adultos se liberaron en cada unidad experimental, a partir del inicio de floración y luego cada 22 días después de la siembra. A la cosecha se evaluó el total de tubérculos obtenidos por cada material.

Experimentos de libre elección

- Almacenamiento: Con condiciones ambientales de luz, temperatura y humedad relativa similares a los lugares de almacenamiento de los productores, bajo diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones en jaulas de muselina, se ubicaron de manera aleatoria los tratamientos, se hicieron





infestaciones inundativas con parejas de adultos de *T. solanivora*, liberados desde cinco puntos equidistantes dentro de cada jaula a razón de 20 parejas por sitio. La evaluación se realizó 60 días después del establecimiento del ensayo.

- Casa de malla: Se establecieron experimentos de libre elección con los materiales seleccionados por resistencia desde el año 2010 (inició con 36 genotipos). Estos materiales fueron sembrados bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y mínimo tres plantas por genotipo como unidad experimental. Se hicieron cuatro infestaciones con adultos de polilla, con una densidad de tres parejas por m² (198 parejas), los adultos se liberaron desde nueve puntos equidistantes dentro de cada módulo a razón de 22 parejas por sitio, a los 90, 110, 130 y 150 días después de la siembra.

Parcelas experimentales en campo: Los genotipos seleccionados se evaluaron bajo un diseño de bloques completos al azar a campo abierto. Se utilizaron cultivos “trampa”, de ciclo más corto (*Solanum phureja*) para garantizar atraer la plaga al lote y su permanencia en él (Argüelles et al., 2012).

Tablas de vida:

Para el año 2016, se seleccionaron seis accesiones que se evaluaron en condiciones de laboratorio junto con los testigos comerciales mediante tres tablas de vida, se evaluó el efecto de los genotipos sobre la biología de *T. solanivora*. Diariamente se registró la sobrevivencia (%), duración (días) de los diferentes estados biológicos del insecto, además de la fertilidad (%) y fecundidad (%) de hembras. Se estimaron los parámetros poblacionales tasa neta reproductiva (R_0), tasa intrínseca de crecimiento natural (r_m), tiempo generacional (T) y tiempo de duplicación (TD), mediante comparaciones pareadas específicas usando t-test basados en la estimación de la varianza obtenida del método Jackknife.

• Parte II. Cruzamientos dialélicos – Mejoramiento genético

Nativas x Comerciales

Se realizaron cruzamientos dialélicos recíprocos de ocho materiales comerciales x nueve genotipos nativos de la CCC de papa identificados con características de interés como calidad nutricional y resistencia a la polilla guatemalteca. Mediante semilla sexual se obtuvo semilla asexual. Durante el cultivo de la progenie de la F1 proveniente de cruzamientos nativos x comerciales (1741 genotipos), se evaluó severidad de tizón tardío con cinco lecturas y en la cosecha se evaluó incidencia de daño de la plaga y rendimiento de cada genotipo, teniendo en cuenta el número de tubérculos y el peso.

Año tras año, se realizó la selección de la descendencia en parcelas experimentales mediante diferentes diseños estadísticos según el tamaño del experimento. Adicionalmente se establecieron experimentos de libre elección en condiciones de almacenamiento con el fin de evaluar mecanismos de resistencia de la progenie F1.

De los ensayos anteriores se seleccionaron los materiales de mejor comportamiento con respecto a la polilla guatemalteca. Con estos materiales se construyeron dos tablas de vida en dos experimentos de no elección durante una generación de *T. solanivora*. Se valoraron parámetros poblacionales para determinar el efecto de los genotipos sobre el desarrollo biológico del insecto plaga. Paralelamente, con la familia RNX2384 y 15 genotipos testigo se identificaron loci ligados a resistencia a *T. solanivora* y *P. infestans*, se utilizó la metodología de mapeo y análisis de QTL's. El mapa genético se construyó con 1287 marcadores moleculares tipo SNP, la evaluación fenotípica para los dos rasgos de





resistencia se realizó en condiciones de campo durante dos años y en almacenamiento para *T. solanivora*.

Nativas x Nativas

Se realizaron cruzamientos dialélicos entre los seis genotipos seleccionados de la CCC de papa por resistencia a *T. solanivora*. Con el fin de identificar si la característica de resistencia al insecto plaga fue heredada, se estableció un ensayo de libre elección en jaulas entomológicas, bajo un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones y 229 tratamientos, unidad experimental de 12 tubérculos de cada genotipo con tamaño y peso homogéneo. Se realizó una única infestación con 300 parejas de polilla/repetición. Para evaluar el mecanismo de antixenosis y seleccionar las familias e individuos con mayor nivel de NO preferencia por la plaga.

Caracterización de composición nutricional

La CCC de igual manera está siendo evaluada por sus atributos de calidad con el fin de identificar los genotipos que presenten mayores niveles de micronutrientes y antioxidantes como aporte nutricional y que además tengan valores adecuados de macronutrientes que definen su aptitud para uso industrial. Tres genotipos de este estudio han sido evaluados por calidad. Para este fin se tomaron 150 g de muestra fresca de cada genotipo y se les realizó análisis proximal: proteína cruda (PC, AOAC 988.05), Almidón total (AT, AOAC 996.11) y Fibra Cruda (FC, AOAC 962.09). Igualmente fue analizado el contenido de minerales mediante la técnica de absorción atómica (Laboratorio Análisis Químico de Agrosavia), para la determinación de: Nitrógeno, Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro, Zinc, Cobre, Sodio, Azufre, Manganeso y Boro. Los metabolitos secundarios de las matrices de papa asociados a actividad antioxidante se determinaron por las técnicas de: fenoles totales (FT, Basado en Andre y colaboradores, 2007), antocianinas totales (ANT, modificado de Jansen y Flamme, 2006), ácido clorogénico (AC, basado en Ariza-Nieto y Colaboradores, 2008), ácido ascórbico (AA, basado en Ariza y Colaboradores, 2008), la actividad antioxidante se determinó como DPPH, ABTS, FRAP y ORAC.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parte I. Selección de genotipos de la CCC de papa

En el año 2011 se iniciaron evaluaciones de selección por resistencia a la polilla de la papa en condiciones controladas partiendo de 60 materiales preseleccionados desde 2002, mas 15 genotipos seleccionados en los años 80's por características de resistencia a *Premnotrypes vorax* el gusano blanco de la papa (Tabla 2). Como resultado de las evaluaciones de no elección (laboratorio y casa de malla) y libre elección (almacenamiento, casa de malla y parcelas experimentales), realizadas durante seis años consecutivos con 75 materiales preseleccionados de la CCC, se obtuvieron respuestas consistentes de resistencia a *T. solanivora* en seis genotipos nativos (Tabla 3).

Los genotipos que mostraron mejores respuestas de resistencia a la polilla guatemalteca fueron BGVCOL 15062581, 15062406, 15061604, 15062384, 15061815 y 15061629, estos materiales se evaluaron posteriormente mediante tablas de vida. Se evidenció que los genotipos 15062384, 15061604 y la variedad comercial "Perla Negra" manifiestan el mecanismo de antibiosis sobre el insecto ya que afectan de manera significativa su desarrollo biológico, medido en los parámetros poblacionales (Ro, rm, T y TD) en dos cohortes de la plaga (Figura 1). Estos genotipos no favorecen al insecto, limitan su expresión genética afectando sus tasas reproductivas y prolongando su tiempo de multiplicación, lo que en términos de manejo del cultivo significa menos generaciones en el tiempo.





Para todas las tablas de vida realizadas se presentó mayor mortalidad en el estado de larva, donde los genotipos Tuquerreña, 15062384 y 15061604 muestran los valores más altos de mortalidad, suceso que se atribuye al efecto de antibiosis. Junto con la prolongación del ciclo de vida de los insectos, la mortalidad de instares tempranos son los dos efectos más importantes de la antibiosis según Cardona y Mesa (2011). El testigo comercial Parda Pastusa, favorece la tasa reproductiva de *T. solanivora* y disminuye su tiempo de multiplicación, mientras que Tuquerreña afecta la supervivencia y la fecundidad de la plaga.

Parte II. Cruzamientos dialélicos – Mejoramiento genético

Nativas x Comerciales

Se evaluó una población de 1741 genotipos desarrollados en 2013, a partir de cruzamientos entre nueve variedades nativas (seleccionadas de la CCC) por ocho cultivares mejorados (variedades comerciales), agrupados en 34 familias. Para el año 2019, se identificaron 11 genotipos con repuesta de resistencia al insecto plaga, de los cuales dos presentaron altos rendimientos en cosecha. También se identificaron ocho genotipos con respuestas de moderada resistencia y rendimientos entre altos y medios (Tabla 4).

Se resalta que siete de los 11 materiales de papa seleccionados son progenie de cruzamientos donde uno de los parentales es el genotipo 15062384, seleccionado de la CCC de papa por resistencia a *T. solanivora*. Cuatro de estos materiales seleccionados mostraron moderada resistencia al tizón tardío de la papa (Tabla 4).

En cuanto a las tablas de vida realizadas con materiales seleccionados de los cruzamientos, la variedad Perla Negra (AGROSAVIA) y el cruzamiento 31-1 mostraron efecto de antibiosis sobre *T. solanivora* ya que causaron mayor mortalidad de larvas y un mayor TD, adicionalmente presentaron los valores más bajos para los parámetros R_o y r_m (Tabla 5). En este estudio los tratamientos testigo no tuvieron el comportamiento esperado según lo reportado en la literatura, ya que la variedad Tuquerreña mostró respuestas favorables para la multiplicación de la plaga y Parda Pastusa no fue consistente en su respuesta.

Se obtuvo el primer reporte de un mapa genético y análisis de QTL para la búsqueda de QTL ligados a *T. solanivora*. La variedad nativa BGVCOL 15062384, es la primera fuente de resistencia a *T. solanivora* reportada para un estudio genético. Se encontraron cinco nuevos QTL para *T. solanivora*, y seis asociados a *P. infestans*, algunos de ellos reportados anteriormente (Santa, et al., 2018).

Nativas x Nativas

De los cruzamientos realizados en 2015 de nativas x nativas, se obtuvieron 30 cruzamientos, que originaron 120 familias. De estas 120 familias, se seleccionaron las que provenían de cruzamientos recíprocos y en las que estuvieran involucrados por lo menos uno de los testigos comerciales. Así, se escogieron cuatro familias que para la investigación se denominaron 79, 80, 90 y 100.

Las dos familias provenientes de los cruzamientos recíprocos entre los genotipos 15062384 y 15062581, familias 90 y 80, mostraron en mayor proporción la característica de resistencia a *T.*





solanivora por antixenosis (no preferencia) y representan el 70% de participación en la selección final. La progenie del cruce dialélico 15062384 X Parda Pastusa (variedad susceptible) aportó 30% de los genotipos seleccionados, de lo que se deduce que esta característica fue heredada. Se evidencia que el genotipo 15062384 se comporta de manera favorable como donador, pues la progenie de las familias 90 y 100, fueron las que presentaron mejores respuestas de resistencia al insecto plaga, con respecto a sus pares dialélicos.

Caracterización de composición nutricional

Los contenidos de macro y micronutrientes se presentan en la Tabla 6. Los genotipos evaluados (Argentina, Colombiana y Guata Pamba) que han servido como parentales en este estudio, muestran niveles sobresalientes en contenidos de hierro, zinc y antocianinas, además de valores de macronutrientes similares a las variedades comerciales.

CONCLUSIONES

En la búsqueda de fuentes de resistencia a polilla de la papa en la CCC de papa, los genotipos 15062384 y 15061604, son candidatos promisorios para ser evaluados como nuevas variedades de papa resistentes a *T. solanivora* o como posibles parentales para mejoramiento.

Respecto a los cruzamientos de nativas x comerciales se identificaron 11 materiales con excelente respuesta de resistencia a la polilla guatemalteca y buen rendimiento, materiales que pueden ser considerados como candidatos a variedad.

De los cruzamientos nativas x nativas, se evidencia que el genotipo 15062384 se comporta de manera favorable como donador y se evidencia que la característica de resistencia pudo ser heredada a su progenie.

PROYECCIONES

Con el fin de obtener una variedad con atributos de resistencia a polilla guatemalteca o posibles parentales para ser incluidos en programas de mejoramiento, se continuó con la estrategia de selección para confirmar las características de resistencia en campo en fincas de pequeños productores y en ambientes favorables tanto para el cultivo como para la plaga, con el fin de seleccionar los materiales que realmente expresen respuestas de resistencia al insecto en condiciones naturales.

Los genotipos seleccionados de cruzamientos nativas x comerciales por sus atributos de resistencia y buen rendimiento serán evaluados en condiciones controladas y en fincas de pequeños productores mediante metodologías participativas con el fin de obtener una nueva variedad. Los resultados obtenidos de la identificación de QTL's de resistencia a polilla, serán la base de un programa de mejoramiento genético para la búsqueda de resistencia parcial a *T. solanivora*.

Usando la selección genómica como alternativa a la selección tradicional, que se basa únicamente en fenotipos observados para cultivos (Sverrisdóttir et al., 2018), se pretende avanzar en la evaluación de nuevos materiales con características de resistencia. Sin embargo, para especies con gran diversidad genética como la papa es importante seleccionar estratégicamente el conjunto de





entrenamiento (número de individuos y diversidad). Un conjunto entrenamiento promisorio es la CCC del Banco de Germoplasma Vegetal de la nación colombiana. Este conjunto se encuentra caracterizado genéticamente con el arreglo de 8K marcadores SNPs (Polimorfismo de un Solo Nucléido) y tiene una población de andígenas genéticamente diversas.

Para lograr realizar esta selección, se aprovechará la caracterización genómica junto con los datos de evaluación de resistencia a *T. Solanivora* de los genotipos de la CCC para entrenar un modelo de selección genómica que permita predecir resistencia a *T. solanivora* a partir de datos de genotipado. Este modelo será validado en un conjunto de materiales que han sido seleccionados y cuya resistencia al insecto será evaluada en detalle, de tal manera que se pueda confirmar la efectividad del modelo y cuantificar incertidumbre asociada al modelo computacional. Identificados los mecanismos de resistencia, se evaluarán los materiales seleccionados en campo, se realizarán pruebas de evaluación agronómica y se obtendrán los candidatos a variedades o a parentales con las características de resistencia. A largo plazo con estos materiales se podrán plantear estrategias de uso con el fin de afectar la biología y las futuras generaciones de la plaga en los municipios de alta incidencia del insecto, incluyendo estas variedades en programas MIP.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRE, CM, GHISLAIN, M.; BERTIN, P.; OUFIR, M.; HERRERA MODEL, R.; HOFFMAN, L. 2007 Andean potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) as a source of antioxidant and mineral micronutrients. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2007; 55 (2):366-378

AOAC INTERNATIONAL. Official Methods In *Journal of AOAC International*, Int.

ARAQUE, M.; GARCÍA, J. 1999. Manejo integrado de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny). *Creced* provincia de Pamplona. Corpoica – PRONATA. Pamplona. pp. 8, 23-33.

ARGÜELLES, J. H.; PÉREZ, M.; BARRETO-TRIANA, N.; ESPITÍA, E. 2012. La vigilancia de las poblaciones de gusano blanco *Premnotrypes vorax* y polilla guatemalteca *Tecia solanivora*: una herramienta útil para su manejo en el cultivo de la papa. Mosquera (Cundinamarca): CORPOICA, 2012. 23 p.

ARIAS, J.; JARAMILLO, J.; ARÉVALO, E.; ROCHA, N.; MUÑOZ, L. 1996. Evaluación de la incidencia y severidad del daño de la Polilla gigante de la papa *Tecia solanivora* en el departamento de Antioquia. *Boletín Divulgativo*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Instituto Colombiano Agropecuario ICA - CORPOICA. 24 p

ARIZA-NIETO, M.; BURGOS, G.; BONIERBALE, M., RUTZKE, M., WELCH, R.; GLAHN, R.; 2008. In vitro Fe bioavailability in Potato (*Solanum tuberosum*). *The FASEB Journal*. 2008;21:858.3.

BEJARANO, V.; ÑÚSTEZ, C.; LUQUE, E. 1997. Respuesta de 10 variedades de papa (*Solanum tuberosum*) y 3 híbridos interespecíficos al ataque de *Tecia solanivora* en condiciones de almacenamiento. *Agronomía Colombiana*, 15(2), 138-143.

CADENA, M.; NARANJO, A.; ÑÚSTEZ, C.E. 2005. Evaluación de la respuesta de 60 genotipos de *Solanum phureja* (Juz. et Buk.) al ataque de la Polilla guatemalteca (*Tecia solanivora* Povolny). *Agronomía Colombiana*. 23(1), 112-116





CÁRDENAS, M.; DANIES, G. TABIMA, J.; BERNAL, A.; RESTREPO, S. 2012. *Phytophthora infestans* population structure: a worldwide scale. Acta Biológica Colombiana. 17(2).

CARDONA, C.; MESA, N.C. 2011. Resistencia varietal a insectos. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.

CIFUENTES, A.; LÓPEZ-ÁVILA, A. 2004. Búsqueda de resistencia en la CCC a la polilla guatemalteca de la papa. En: Memorias XXXI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN). Bogotá. Colombia. pp. 87-92.

COTES, J.; ÑÚSTEZ, C. 2001. Propuesta para el Análisis de Diseños Aumentados en Fitomejoramiento: Un Caso en Papa. Revista Latinoamericana de la Papa. 12:15-34.

HERNÁNDEZ, E.; PINEDA, R. 1992. Genética y mejoramiento de la papa. En: La papa, el descubrimiento que conquistó al mundo. Curso internacional de la papa. Pamplona, Colombia. 8 al 10 de octubre de 1992. 14-25 p.

JANSEN, G.; FLAMME, W. 2006. Coloured potatoes (*Solanum tuberosum* L)-anthocyanin content and tuber quality. Genetic Resources and Crop Evolution, 53, 1321-1331

MORENO, J.D.; CERÓN, M.; VALBUENA, R. 2009. Papas nativas colombianas: catálogo de 60 variedades. Colombia. Corpoica 2009. Pp.3-6.

ÑÚSTEZ, C. 2011. Variedades Colombianas de papa. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de agronomía. 50 p.

ORDÓÑEZ, M.; ROSERO, J.; BACCA, T. 2012. Resistencia de cinco variedades de (*Solanum* spp., *solanaceae*) al ataque de *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae). Boletín Científico, Centro de Museos, Museo de Historia Natural, 16(1), 108 – 119.

RIVERA T., H.F. 2015. Evaluación de la resistencia varietal de accesiones de la Colección Central Colombiana de Papa al ataque de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae). Tesis de maestría. Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá Colombia.

SANTA, J.D.; BERDUGO-CELY, J.; CELY-PARDO, L.; SOTO-SUÁREZ, M.; MOSQUERA, T.; GALEANO, C.H. 2018. QTL analysis reveals quantitative resistant loci for *Phytophthora infestans* and *Tecia solanivora* in tetraploid potato (*Solanum tuberosum* L.) PLoS ONE 13(7): e0199716. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199716>

SVERRISDÓTTIR, E.; SUNDMARK, E.H.R.; JOHNSEN, H.O.; KIRK, H.G.; ASP, T.; JANSS, L.; NIELSEN, K. L. 2018. The Value of Expanding the Training Population to Improve Genomic Selection Models in Tetraploid Potato. Frontiers in Plant Science, 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01118>

VADUNCIEL PÉREZ, J. Métodos de valoración para las patatas. INIA (España) <http://wwwsp.inia.es/Investigacion/OtrasUni/DTEVPF/Unidades/CentrosEnsayo/EstacionEnsayos/Documentos/M%C3%A9todospatata.pdf>





AGRADECIMIENTOS

A los equipos de trabajo de Entomología y Mejoramiento Genético del Centro de investigación Tibaitatá - AGROSAVIA, en especial al personal de apoyo. A Gabriel Alvarado M.Sc. e Iván Valbuena M.Sc. por sus aportes y apoyo en las investigaciones realizadas en la etapa de mejoramiento genético. A Paola Sotelo Ph.D. y Germán Sánchez M. Sc. por sus aportes en el análisis de tablas de vida.

TABLAS

Tabla 1. Escalas de valoración para las variables empleadas en la evaluación de resistencia a *T. solanivora* en genotipos de la CCC de papa, con su respectivo nivel de resistencia.

Incidencia (%) Barreto-Triana <i>et al.</i> 2013	Severidad (%) Arias <i>et al.</i> 1996	Nº de orificios Araque y García 1999	Nivel de resistencia
0	0	0	Altamente resistente (AR)
< del 3%	25	3	Resistente (R)
3 a 5	50	6	Moderadamente resistente (MR)
5.1 a 10	75	10	Susceptible (S)
> de 10	100	Mayor a 10	Altamente susceptible (AS)

Tabla 2. Búsqueda de resistencia a *Tecia solanivora* en materiales genéticos de la Colección Central Colombiana de papa.

Grupo	Entradas evaluadas	Accesiones Preseleccionadas
Phureja	49	13
Chaucha	45	5
Tuberosum	120	21
Andigena	632	21
Total (FASE I)	846	60
Andigena	Seleccionadas por resistencia a Gusano Blanco en los años 80's	15
FASE II – Desde 2009		75
FASE III (2011)		49
FASE IV (2012)		36
FASE V (2013 y 2014)		11
FASE VI (2015)		6





Tabla 3. Genotipos de la CCC de papa seleccionados para caracterizar por resistencia a polilla guatemalteca.

Tabla de genotipos de la CCC de papa para caracterizar por resistencia a polilla guatemalteca			
	Registro	Especie	Índice de resistencia
1	15061604	Andigena	MR
2	15061629	Andigena	MR
3	15061815	Andigena	MR
4	15062384	Andigena	MR
5	15062406	Andigena	MR
6	15062581	Andigena	MR

Tabla 4. Consolidado evaluación resistencia a *Tecia solanivora* y rendimiento en genotipos de papa provenientes de cruzamientos dialélicos Nativas x Comerciales durante cinco años (R=resistente, MR=moderadamente resistente, MS=moderadamente susceptible, S=susceptible, A=alto, MA=moderadamente alto, MB=moderadamente bajo, B=bajo).

Genotipo Código trabajo	Parentales	Resistencia Polilla	Rendimiento	Resistencia Tizón tardío
28-44	Ica unica x Colombiana	MR	A	MR
1-147	Roja nariño x 15062384	R	MA	MS
ICA Unica		R	MA	R
7-59	Helenita x Tuquerreña	R	A	MR
32-16	Guata pamba x 15062384	R	A	S
28-60	Ica unica x Colombiana	R	MB	R
28-8	Ica unica x Colombiana	MR	A	MR
1-97	Roja nariño x 15062384	R	MB	MR
1-185	Roja nariño x 15062384	R	MB	S
22-44	Ica Unica x Extranjera	MR	MA	R
Pastusa Suprema		R	MB	MR
1-145	Roja nariño x 15062384	MR	MA	MS
1-103	Roja nariño x 15062384	R	MB	S
33-29	Ica unica x Argentina	MR	MB	R
15062384		R	B	S
1-139	Roja nariño x 15062384	R	B	S
1-193	Roja nariño x 15062384	MR	MB	S
1-136	Roja nariño x 15062384	MR	B	MS





Tabla 5. Parámetros demográficos (R_0 , r_m , T y TD) de la generación 2 de *Tecia solanivora* en cuatro genotipos de papa provenientes de cruzamientos Nativas x Comerciales y tres testigos comerciales

Genotipos	PARÁMETROS			
	R_0	r_m	T	TD
32-22	13,59 b	0,059 b	44,21 bc	11,65 a
Parda Pastusa	15,55 b	0,063 b	43,34 bc	10,94 a
31-1	26,8 a	0,083 a	39,73 d	8,36 b
23-31	4,38 c	0,035 c	42,52 a	19,35 a
Tuquerreña	12,79 b	0,062 b	41,33 c	11,21 a
4-69	3,92 c	0,030 bc	44,28 a	18,14 ab
Perla Negra	-----	-----	-----	-----

Tabla 6. Composición nutricional de tres genotipos parentales

Genotipo	Argentina	Colombiana	Guata Pamba
Materia Seca g / 100 g	21,60	22,67	20,79
Humedad g / 100 g	78,40	77,33	79,21
Cenizas g / 100 g	5,18	4,83	4,51
Proteína g / 100 g	10,16	9,52	10,55
Fibra cruda g / 100 g	5,59	3,06	4,45
FT-A,G (mg/kg MS)	2183,13	2304,03	1996,61
DPPH-trolox C,A, (umol/g MS)	7,30	7,91	6,54
ABTS-trolox C,A, (umol/g MS)	14,12	15,21	12,09
Ácido clorogénico mg/100 g MS	56,06	57,17	52,31
FRAP-trolox C,A, (umol/g MS)	5,94	6,28	6,01
ORAC-trolox C,A, (umol/g MS)	115,68	133,23	94,93
Antocianinas mg/100 g MS	317,96	319,26	15,48
Ac. Ascórbico mg/100 g MS	3,01	1,00	1,46
Nitrogeno (N) %	1,25	1,28	1,36
Fosforo (P) %	0,17	0,18	0,16
Potasio (K) %	3,26	3,40	2,70
Calcio (Ca) %	0,03	0,03	0,03
Magnesio (Mg) %	0,09	0,09	0,09
Sodio (Na) %	0,01	0,01	0,01
Azufre (S) %	0,07	0,08	0,08
Hierro (Fe) mg/Kg	26,65	25,97	25,76
Cobre (Cu) mg/kg	3,07	3,24	3,23
Manganeso (Mn) mg/kg	6,88	6,47	5,39
Zinc (Zn) mg/kg	13,36	12,50	14,45
Boro (B) mg/Kg	8,42	8,96	10,77





FIGURAS

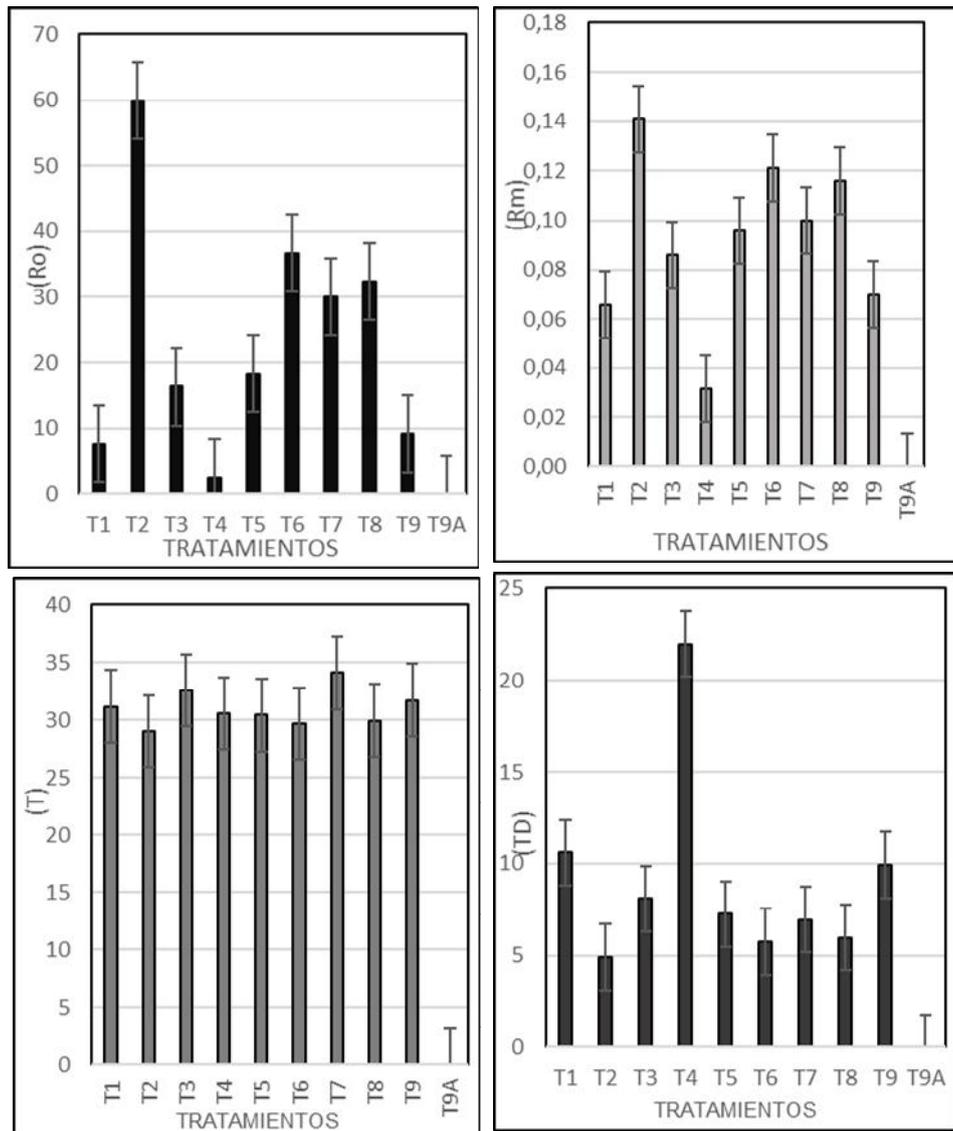


Figura 1. Parámetros poblacionales (R_o , r_m , T y D_t) de *T. solanivora* sobre seis genotipos de la CCC de papa y tres testigos comerciales (T1=15062384, T2=15062581, T3=Tuquerreña, T4=15062406, T5=15061604, T6=15061629, T7=15061815, T8=Parda Pastusa, T9=Perla Negra).





APORTES AL DESARROLLO DE COMPONENTES PARA MANEJO INTEGRADO DE LA POLILLA GUATEMALTECA EN COLOMBIA

Barreto-Triana, N.*; Bacca, T.**; Espitia, E.*; Espinel, C.* Cely-Pardo, L.*

*Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA. Centro de Investigación Tibaitatá, Kilometro 14 vía Mosquera, Cundinamarca.

**Departamento de Producción y Sanidad Vegetal, Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia

nbarreto@agrosavia.co; titobacca@ut.edu.co; eespitia@agrosavia.co; cespinel@agrosavia.co;
ncely@agrosavia.co

Debido a la importancia económica de la polilla guatemalteca de la papa *T. solanivora*, en Colombia se han adelantado diferentes investigaciones con el propósito de conocer aspectos relacionados con su dispersión, genética de poblaciones, resistencia a insecticidas y estudios para el desarrollo de alternativas de manejo como sistema de seguimiento en campo, uso potencial de semioquímicos: volátiles de plantas de papa y feromona de interrupción de cópula, evaluación de variedades con características de compensación y arreglos de cultivos para manejo ecológico; así como el desarrollo del bioplaguicida comercial Baculovirus Corpoica® para tratamiento de semilla y papa para consumo.

Estudios de dispersión y de poblaciones de *T.solanivora*

Carrillo & León (2013), mencionan que *T. solanivora*, es una plaga invasora de la región andina El análisis de los casos donde está la plaga, evidencia que la colonización de nuevas áreas geográficas es atribuida al movimiento de tubérculos infestados que causan aumentos significativos de la población y por consiguiente pérdidas económicas. Algunos factores que influyen en el éxito para su establecimiento son: la gran capacidad de adaptación de la plaga a diferentes altitudes desde los 500-600 msnm en Islas Canarias, hasta los 1600 - 3400 msnm en los Andes, su hábito alimenticio especialista, que a diferencia de las otras polillas de la papa solo se alimenta de tubérculos. Mencionan que las prácticas de manejo y las variables climáticas son consideradas como factores clave que regulan la dinámica poblacional de *T. solanivora* en diferentes áreas de invasión. Concluyen que a pesar de existir recomendaciones para el manejo integrado, predomina el uso de plaguicidas para su control y que, si hubiera adopción de las prácticas MIP a escala regional, se podría reducir el impacto de la plaga.

Villanueva *et al.* (2015), estudiaron la estructura y expansión de la población de *T. solanivora* en Colombia, utilizando ocho microsatélites en 152 individuos de Antioquia (Norte), Boyacá (Centro), Nariño (Sur), y Norte de Santander (Este). El resultado sugiere que las poblaciones de Antioquia y Boyacá son genéticamente similares, mientras que las poblaciones de Nariño y Norte de Santander difieren debido a la separación geográfica de otras regiones. Además, encontraron que la especie ha experimentado una reciente expansión de la población en el país y que posiblemente el movimiento (comercialización) de la papa provocó la homogeneización genética. Este movimiento se produce desde Boyacá, hacia las demás regiones de Colombia. Villanueva & Saldamando (2013), mencionan que *T. solanivora*, parece ser una plaga de origen muy reciente, basados en los reportes científicos generados sobre la polilla, aunque aclaran que, generalmente los reportes científicos aparecen cuando el insecto se considera plaga.





Resistencia de la polilla guatemalteca a insecticidas

Bacca *et al.* (2016) evaluaron la resistencia de *T. solanivora* al uso del insecticida permetrina y su asociación con la región II del *para* gen del canal de sodio, previamente reportado como un lugar sensible a la acción de los piretroides en otros artrópodos plaga; determinaron que esta región del gen de *T. solanivora* tiene una longitud de 470 bp, la cual tiene alta similitud con varias plagas insectiles. Además, se identificó una mutación en la zona conservada de la posición IIS6 (L1014F) del gen, asociada a una sustitución de leucina por fenilalanina. Esta mutación se presentó en todas las poblaciones, que fueron heterocigotas al gen, a excepción de una población que no la presentó. Esta mutación encontrada puede estar distribuida ampliamente en Colombia, debido a que el flujo de genes de *T. solanivora* se da desde Boyacá a otras regiones de Colombia. Este trabajo permitió la identificación, por primera vez, de una mutación en el sitio de acción de la resistencia de un insecticida utilizado para el control de *T. solanivora*, esta mutación está ampliamente distribuida y exhibe altas frecuencias que pueden estar asociadas a la ineffectividad de los piretroides para el control de la plaga. Gutierrez *et al.* (2019), encontraron resistencia múltiple de *T. solanivora* al efecto de varios insecticidas como los piretroides Bacca *et al.* (2016), organofosforados y carbamatos, al evaluar ocho poblaciones de la plaga. Además, se determinó que las poblaciones resistentes tienen un costo adaptativo a la exposición de los insecticidas, reduciendo su ciclo de vida en 3.8 días, aumentando la mortalidad en larvas y retrasando la oviposición en nueve días con respecto a las poblaciones susceptibles a los insecticidas. Es posible que esta adaptación de las poblaciones resistentes sea seleccionada favoreciendo la minimización de la exposición de insecticidas que son aplicados al suelo.

Sistema de seguimiento de poblaciones de *T. solanivora* en campo

Con el fin de minimizar la aplicación generalizada de plaguicidas en el lote de cultivo de papa, Argüelles *et al.* (2012), proponen un esquema de muestreo de la plaga (trampas con feromona sexual o láminas de acrílico con pegante y plano de campo con la ubicación) y el seguimiento a variables climáticas como precipitación y temperatura. En condiciones de laboratorio la temperatura más favorable para la supervivencia de huevos y larvas está entre 12 y 16 °C; así, un aumento en la temperatura en campo tiene efecto positivo sobre el aumento de las poblaciones de la polilla guatemalteca; por lo que es necesario realizar muestreos semanales para establecer la aparición de focos del insecto y llevar registro de precipitación y temperatura. Con este esquema se busca que el productor conozca el comportamiento de la plaga y pueda tomar decisiones para su manejo, aplicando solo cuando se requiera y en el sitio del cultivo donde se concentra la mayor población de la plaga. Para tomar decisiones sobre alguna medida de control a partir de la tuberización del cultivo, es importante tener en cuenta los siguientes aspectos: si la temperatura mínima y máxima semanal es superior a 10 y 15 grados centígrados, respectivamente, y la precipitación semanal acumulada es menor a 60 mm, además, debe ir acompañado del umbral de acción que corresponde a 50 machos /trampa /semana.

Uso de semioquímicos: Volátiles de la planta de papa y feromona de interrupción de cópula

AGROSAVIA (antes Corpoica) en convenio con la Universidad de Ciencias Agrícolas de Suecia, realizaron diferentes estudios para generar alternativas de manejo de la polilla guatemalteca mediante el uso de compuestos volátiles de la planta de papa (Cotes *et al.* 2012) y el desarrollo de una feromona para la interrupción de cópula.





Los volátiles de la planta de papa

Basados en reportes previos que demuestran que la polilla es atraída por cultivos de papa en floración y por los tubérculos, Karlsson *et al.* (2009), analizaron los compuestos volátiles producidos por diferentes órganos de la planta y determinaron la presencia de metil-fenilacetato y tetradecanal (flores y tubérculos) y el sulcatón (foliolos). Los estudios de electroantenografía, determinaron que *T. solanivora* respondió al tetradecanal y en mayor proporción al metil-fenilacetato, fragancia floral que también ha sido reportada como atrayente de hembras de otros insectos para encontrar su hospedero y que para el caso de papa es liberado en altas cantidades por plantas en estado de floración y también por los tubérculos. Por otra parte, hubo menor repuesta al sulcaton lo que sugiere que puede tener un efecto repelente, por la presencia de compuestos terpenoides liberados por el follaje de las plantas, lo que puede explicar el comportamiento de oviposición de *T. solanivora* sobre el suelo, cerca del tallo o directamente en tubérculos almacenados. Los mismos autores concluyen que los tres compuestos estudiados pueden ser promisorios para el desarrollo de trampas para el monitoreo de la plaga y su posible control; mientras que otros volátiles del follaje, pueden ser usados como repelentes para evitar la oviposición.

Feromona para la interrupción de cópula

De acuerdo con Nesbitt *et al.* (1985) los compuestos de la feromona sexual de *T. solanivora* son (E)-3-dodecenyl acetato (E3-12Ac) y de su isomero (Z)-3-dodecenyl acetato (Z3-12Ac), en una proporción 98:2. Posteriormente, Bosa *et al.* (2005), encontraron un nuevo compuesto correspondiente a 12-Acetato (12-Ac). A partir de estos tres compuestos, Bosa *et al.* (2006, 2008), realizaron estudios donde combinaron diferentes mezclas y proporciones para evaluar el potencial de la técnica de interrupción de cópula con el fin de reducir las poblaciones de la polilla guatemalteca tanto en condiciones de almacenamiento y campo.

La compañía Shin-Etsu sintetizó la feromona, pero debido a los altos costos propusieron una nueva mezcla económicamente viable para producción a gran escala, 100:56:100 de E3-12:Ac, Z3-12:Ac, y 12:Ac, respectivamente (Bosa *et al.* 2006). Los ensayos en túnel de viento no mostraron resultados positivos; sin embargo, en casa de malla y campo se observó que al utilizar estos dispensadores para interrupción de cópula no se obtuvieron capturas de machos en las trampas cebadas con la mezcla atrayente y trampas con hembras vírgenes, lo que sugiere que los machos no pudieron localizar la fuente de feromona; pero no fue posible determinar si hubo reducción del daño debido al tamaño pequeño de parcela experimental (Bosa *et al.* 2006; McCormick *et al.* 2012).

Posteriormente, se realizaron experimentos en almacenamiento para evaluar la densidad de dispensadores de feromona con la mezcla de los compuestos E3-12:Ac, Z3-12:Ac y 12:Ac proporción 30:50:20, se observó que en un cuarto de almacenamiento de 1,8 m × 2,8 m, con cinco dispensadores, se redujo en un 33 % la incidencia del daño causado por las larvas de *T. solanivora*, también se redujo la población de larvas del mismo tratamiento en un 92% con respecto al control (Wilches, Borrero-Echeverry, Cotes-Prado & Aragón, 2011). Los ensayos en condiciones de almacenamiento, en dos fincas de productores mostraron reducción en el daño ocasionado por larvas de la polilla entre 67 % y 50 % y hubo una reducción en la cópula del 95% y del 85% cuando se instalaron tres dispensadores (Aragón, Cotes-Prado, Borrero-Echeverry, Rivera, & Barreto- Triana, 2011). Estos resultados son promisorios ya que se demuestra el potencial de estos dispensadores para la protección de papa almacenada y también para el manejo de las poblaciones de la plaga.





Compensación en plantas de papa ante ataque por *T. solanivora*

En materiales de papa comercial de Colombia (Pastusa Suprema) ha sido reportado un efecto de compensación en plantas atacadas por la polilla guatemalteca. Incrementos de hasta 2,5 veces más producción de biomasa en tubérculos comercializables fueron encontrados en plantas infestadas con bajas densidades de larvas (Poveda *et al.* 2010). Este efecto está relacionado con el metabolismo secundario. Se acumula hasta 45% más de almidón en los tubérculos no afectados. La respuesta de la planta de papa se dirige más hacia la compensación en estructuras reproductivas que en sustancias de defensa (Kumar *et al.* 2018). Además de proyectar posibles promotores de la producción incremental de tubérculos en el cultivo de la papa, este efecto de alta tolerancia al ataque abre las puertas para un enfoque MIP en situaciones con baja infestación de la plaga.

Arreglos de cultivos para manejo ecológico

Plantas aromáticas reportadas como repelentes de polilla guatemalteca fueron evaluadas para determinar su efecto sobre la oviposición de *T. solanivora*. Aunque no afectaron directamente la oviposición, ésta fue mayor en puntos alejados de la planta repelente. La variedad colombiana Roja Nariño fue determinada como una planta atrayente para la oviposición de la polilla. Experimentos en campo permiten proponer que la variedad Roja Nariño se podría sembrar intercalada, cada ocho surcos y asperjar extracto de ajo-ají (agente mucho más concentrado que los aleloquímicos de las plantas) cada dos semanas. La variedad Roja Nariño se configura como excelente cultivo trampa pues su producción de tubérculos sanos equipara a la cantidad de tubérculos del cultivo principal (Gómez *et al.* 2008).

Manejo biológico en bodega

Una alternativa ante el manejo de la polilla guatemalteca de la papa en almacenamiento es el uso de entomopatógenos, y entre estos se encuentran los baculovirus, los cuales tienen elevada patogenicidad y virulencia (Gómez *et al.* 2009). Los dos géneros principales son los granulovirus (GV), renombrados como Betabaculovirus y los nucleopoliedrovirus (NPV), renombrados como Alphabaculovirus. Su principal característica es que la partícula viral infectiva está protegida por una cápsula o matriz protéica que los protege de condiciones bióticas o abióticas (temperatura, radiación solar, baja humedad, químicos, etc) (Caballero & Williams 2008). Para el caso del manejo de *Tecia solanivora* se utiliza el granulovirus de *Phthorimaea operculella*, que infecta a *P. operculella*, *T. solanivora*, e incluso a *Tuta absoluta* (Espinel-Correal *et al.* 2010).

Agrosavia se enfocó en el desarrollo de un bioplaguicida a base de este virus, basados en la experiencia del CIP (Centro Internacional de la papa), y se registró el bioinsumo llamado Baculovirus Corpoica, ante el Instituto Colombiano Agropecuario ICA, (registro de venta ICA No.5614, resolución No.004921 de 16-12-2011). Es un polvo para espolvoreo de color blanco, con una concentración mínima de 0,05%. La dosis recomendada es de 2,5 kg de producto por cada tonelada de tubérculos de papa. Se aplica una única vez, por espolvoreo a los tubérculos de papa antes de iniciar el período de almacenamiento. El baculovirus no afecta la brotación del tubérculo en los casos en que se usen para semilla y se recomienda también su aplicación en papa para consumo. Se realizaron pruebas de aplicación del Baculovirus en bodegas donde se almacenan grandes cantidades de tubérculos, que van dirigidos a la industria de papas chips o productos congelados. Luego de 95 a 120 días de almacenamiento, se evidenció protección en el 90% de los tubérculos que no sufrieron daño por el insecto, en comparación con el testigo, que tuvo un daño aproximado del 45%. Se hicieron jornadas





de aplicaciones, a nivel de pequeños productores en campo; que utilizan y guardan semilla de la cosecha anterior para un siguiente ciclo del cultivo, o la adquieren con semilleristas. Adicionalmente, se realizaron jornadas de campo en donde se explicó el uso del Baculovirus y establecieron ensayos teniendo en cuenta el método de aplicación. Los resultados mostraron que las aplicaciones en forma de zarandeo y de “salero” fueron las mejores, en las que se presentó una incidencia de la plaga de tan solo un 1,5%. Además, no se afectó la formación de brotes en los tubérculos por lo que se concluye que, para condiciones de almacenamiento, el uso de Baculovirus es una alternativa efectiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGON, S.; COTES-PRADO, A. M.; BORRERO-ECHEVERRY, F.; RIVERA, F.; BARRETO-TRIANA, N. 2011. Optimización y validación de estrategias de manejo en campo de la polilla Guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* mediante el uso de su feromona sexual [Informe técnico final]. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

ARGÜELLES, J.; PÉREZ, RICARDO.; BARRETO, N.; ESPITIA, E. 2012. La vigilancia de las poblaciones de gusano blanco *Premnotrypes vorax* y polilla Guatemalteca *Tecia solanivora*: una herramienta útil para su manejo en el cultivo de la papa. Mosquera (Cundinamarca): CORPOICA, 2012 Mosquera (Cundinamarca): CORPOICA, 2012. 23 p.

BACCA, T.; HADDI K, PINEDA M, GUEDES RNC AND OLIVEIRA EE. 2016. Pyrethroid resistance is associated with a kdr-type mutation (L1014F) in the potato tuber moth *Tecia solanivora*. Pest Manag Sci 73:397–403

BOSA, C. F.; COTES-PRADO, A. M.; FUKUMOTO, T.; BENGTTSSON, M.; WITZGALL, P. (2005). Pheromone-mediated communication disruption in Guatemalan potato moth, *Tecia solanivora*. Entomologia Experimentalis Applicata, 114(2), 137-142. doi:10.1111/j.1570-7458.2005.00252.x.

BOSA, C. F.; COTES-PRADO, A. M.; FUKUMOTO, T.; BENGTTSSON, M.; WITZGALL, P. 2006. Disruption of Pheromone Communication in *Tecia solanivora* (Lepidoptera:Gelechiidae): Flight Tunnel and Field Studies. Journal of Economic Entomology, 99(4), 6.

CABALLERO, P.; WILLIAMS, T. 2008. Capítulo 8. Virus Entomopatógenos. In: Control Biológico Plagas Agrícolas. Edited by J. A. Jacas & A. Urbaneja. Phytoma.

CARRILLO, D. AND TORRADO-LEÓN, E. 2013. *Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae), an invasive pest of potatoes *Solanum tuberosum* L. in the Northern Andes, in Potential Invasive Pests of Agricultural Crops, CABI Invasives Series Vol. 13, ed. by Peña JE. CABI, Wallingford, Oxon, UK, pp. 126–136 (2013).

COTES, A.M.; LÓPEZ-ÁVILA, A.; BOSA OCHOA, C.A.; ZULUAGA, M.V.; RINCÓN, D; VALENCIA, E.; CLAVIJO MC CORMICK, A.; ARAGÓN, S.M.; BORRERO, F.; CAMARGO, C.; CUADROS, D.; WITZGALL, P; BENGTTSSON, M; KARLSSON, M; BIRGERSSON, G. / Uso de los compuestos volátiles de la papa en el control de la Polilla guatemalteca. Bogotá: CORPOICA, 2012. 48 p.

ESPINEL-CORREAL, C., LÉRY, X.; VILLAMIZAR, L.; GÓMEZ, J.; ZEDDAM, J.L.; COTES, A.M.; LÓPEZ-FERBER, M. 2010. Genetic and biological analysis of Colombian *Phthorimaea operculella* granulovirus





isolated from *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae). Applied and Environmental Microbiology 76, 7617–7625.

GÓMEZ, MI.; TORRADO, E.; POVEDA, K. 2008. Repellents and attractants as push-pull strategy for potato moth control. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía

GÓMEZ, J.; VILLAMIZAR, L.; ESPINEL, C.; COTES, A. 2009. Comparación de la eficacia y la productividad de tres granulovirus nativos sobre larvas de *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae). CORPOICA- Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 10 (2): 152-158.

GUTIÉRREZ, Y.; BACCA, T.; ZAMBRANO, L., PINEDA, M.; GUEDES, R. 2019. Trade-off and adaptive cost in a multiple-resistant strain of the invasive potato tuber moth *Tecia solanivora*. Pest Manag Sci (2019). DOI 10.1002/ps.5283

KARLSSON, M.; BIRGERSSON, G.; COTES, A.; BOSA, F.; BENGTSSON, M.; WITZGALL, P. 2009. Plant odor analysis of potato: Response of Guatemalan moth to above and belowground potato volatiles. J. Agric. Food Chem. 57: 5903-5909

KUMAR, P.; GARRIDO, E.; ZHAO, K.; ZHENG, Y.; ALSEEKH, S.; VARGAS-ORTIZ, E, FERNIE A R, FEI Z, POVEDA K AND JANDER G (2018) *Tecia solanivora* infestation increases tuber starch accumulation in Pastusa Suprema potatoes Journal of Integrative Plant Biology Volume 60 (11) 1083–1096

MCCORMICK, A. L.; KARLSSON, M.; OCHOA, C. F.; PROFFIT, M.; BENGTSSON, M.; ZULUAGA, M. V.; WITZGALL, P. 2012. Mating Disruption of Guatemalan Potato Moth *Tecia solanivora* by Attractive and Non-Attractive Pheromone Blends. Journal of Chemical Ecology, 38(1), 63-70. doi:10.1007/s10886-011-0051-0.

NESBITT, B. F.; BEEVOR, P. S.; CORK, A.; HALL, D. R.; MURILLO, R. M.; LEAL, H. R. 1985. Identification of components of the female sex pheromone of the potato tuber moth, *Scrobipalopsis solanivora*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 38(1), 81-85. doi:10.1111/j.1570-7458.1985. tb03501.x.

POVEDA, K.; GÓMEZ JIMÉNEZ, M.I.; KESSLER, A. 2010. The enemy as ally: herbivore-induced increase in crop yield. Ecological Applications 20(7) 1787-1793

VILLANUEVA, D.; SALDAMANDO, C. 2013. *Tecia solanivora*, Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae): una revisión sobre su origen, dispersión y estrategias de control biológico. Ing. Cienc., 9 (18): 197–214

VILLANUEVA-MEJÍA. D.; RAMÍREZ-RÍOS, V.; ARANGO-ISAZA, RE.; SALDAMANDO-BENJUMEA, CI. 2015. Microsatellite analysis reveals population structure and population expansion of *Tecia solanivora* in *Solanum tuberosum* in Colombia. SW Entomol 40:37–52 (2015).

WILCHES, D. M.; BORRERO-ECHEVERRY, F.; COTES-PRADO, A. M.; ARAGON, S. 2011. Interrupción de cópula en *Tecia solanivora* (Lepidoptera:Gelechiidae) mediante uso de dispensadores de feromona en condiciones de almacenamiento de papa. En Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen) (Ed.), xxxviii Congreso de Socolen (pp. 102). Manizales, Colombia: Socolen.





IMPLEMENTACIÓN DEL MANEJO INTEGRADO DE LA POLILLA GUATEMALTECA EN PARCELAS DEMOSTRATIVAS EN COLOMBIA

Espitia, E.*; Wilches, W.*; Barreto-Triana, N.*; Cely-Pardo, L.*; Fuentes, J.C.*; Herrera, C.*; Sánchez, G.*; Díaz, M.C.*

*Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA. Centro de Investigación Tibaitatá, Kilometro 14 vía Mosquera, Cundinamarca.

eespitia@agrosavia.co; wwilches@agrosavia.co; nbarreto@agrosavia.co; ncely@agrosavia.co; jfuentes@agrosavia.co; cherrera@agrosavia.co; gsanchez@agrosavia.co; mcdiaz@agrosavia.co

En Colombia, el gusano blanco *Premnotrypes vorax* y la polilla guatemalteca *T. solanivora* han sido las plagas más limitantes del cultivo de papa, debido al daño directo que causan en los tubérculos tanto en campo como en almacén. Los diferentes programas de extensión y transferencia de tecnología, han estado enfocados hacia el manejo integrado del cultivo-MIC, con énfasis en Manejo integrado de plagas MIP, mediante talleres, parcelas de investigación participativa, parcelas demostrativas y la metodología de Escuelas de Campo de Agricultores –ECA, introducidas a Colombia en el año 2001 por la Corporación colombiana de investigación agropecuaria CORPOICA (ahora AGROSAVIA) y por la Federación Nacional de Productores de papa- FEDEPAPA, adaptando la metodología del Centro Internacional de la Papa -CIP a las condiciones particulares de las diferentes zonas productoras de papa en Colombia (Fierro, 2003).

Se destacan, en esta metodología participativa, los pilotos generados en Boyacá alrededor del Control de Plagas y Enfermedades de importancia económica, una de las problemáticas priorizadas para este sistema productivo; al respecto, importantes resultados se obtuvieron para el control de la polilla guatemalteca y el gusano blanco de la papa, se logró el desarrollo de diferentes estrategias con énfasis en el manejo preventivo de las principales plagas y enfermedades de la papa en las diferentes regiones de Colombia (Fierro, 2003). Con la implementación de esta metodología de ECA se han conformado y consolidado diferentes formas organizacionales (cooperativas y asociaciones), que hoy tienen planes de negocios con la industria de papa, industria hotelera y almacenes de grandes superficies. Hay evidencias de las ventajas de esta metodología. Pérez *et al.* (2015) encontraron, mediante una evaluación a través de una encuesta estructurada a los participantes en las ECA de papa, lideradas por los autores, que hay mejoramiento en aspectos técnicos. Sin embargo, se encontró que es importante que los productores tengan acceso a las metodologías descritas en las ECA, para que puedan utilizar exitosamente estas herramientas.

Se validaron, con pequeños productores, prácticas MIP para polilla guatemalteca como el uso de semilla certificada o de buena calidad, a porque cubriendo la base de las plantas, uso de trampas con feromona sexual desde la siembra, uso de insecticidas al alcanzar el umbral de acción de 50 polillas/trampa/semana a partir de la tuberización, cosecha oportuna y recolección de residuos. Se demostró reducción en cuatro aplicaciones de insecticida comparado con la parcela del productor; así mismo, la producción fue mayor. En almacenamiento de semilla se recomienda: almacenar tubérculos sanos bajo luz difusa en bodega o silo, y tratamiento con Baculovirus o insecticida en polvo. (Barreto y López, 2004). Teniendo en cuenta estos resultados, AGROSAVIA continúa implementando estas prácticas en los diferentes proyectos de investigación y de transferencia de tecnología. Además, de incluir esta información en una aplicación móvil desarrollada por AGROSAVIA, con el apoyo del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones-MINTIC, denominada Dr. agro[®], una herramienta de bolsillo que apoya la toma de decisiones de los Asistentes técnicos agropecuarios (ATA) y extensionistas, en el reconocimiento, manejo y control de





plagas, enfermedades y deficiencias nutricionales de diferentes cultivos, donde recomienda prácticas validadas en el país.

Actualmente en Colombia se dispone de una amplia gama de insecticidas químicos para su uso dentro del manejo integrado de *T. solanivora*, con registro ante el Instituto Colombiano Agropecuario ICA. 10 Piretroides (tres categoría IB, cuatro categoría II, tres categoría III), seis Neonicotinoides (uno categoría IB; tres categoría II, dos categoría III), seis Organofosforados (dos categoría IB, dos categoría II, dos categoría III), uno Diamidas antranílicas (categoría III) (ICA, 2019) y un Bioinsumo (Baculovirus *Corpoica*) categoría IV (ICA, 2018).

Implementando el MIP en parcelas demostrativas con pequeños productores

En los departamentos de Colombia con mayor producción de papa, Cundinamarca (municipios de Carmen de Carupa, Subachoque y Villapinzón) y Boyacá (Turmequé), se evaluó la implementación de un programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP), para las plagas de papa prevalentes: gusano blanco *P. vorax*, polilla guatemalteca *T. solanivora*, minador *Liriomyza* spp. y pulguilla *Epitrix cucumeris*, comparado con el manejo realizado por los productores. El programa MIP se basó en un sistema de seguimiento para la toma de decisiones respecto al control de plagas. Se evaluaron adultos de gusano blanco con trampas de paso, adultos de la polilla guatemalteca con trampas de feromona, el minador con trampas pegajosas y la pulguilla mediante red entomológica o jama. Se aplicaron las recomendaciones existentes de manejo preventivo y cultural. Cuando se superó el umbral (Fedepapa, s.f.), en cada uno de los casos se procedió a la aplicación de controles curativos.

Para la evaluación del impacto de las tecnologías del cultivo se utilizó la Tasa de Impacto Ambiental (TIA). Esta tasa se calculó utilizando el indicador de Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) desarrollado por el Programa de manejo integrado de plagas de la Universidad de Cornell (Kovach et al., 1992). El coeficiente tiene en cuenta el riesgo para el trabajador que aplica el plaguicida, el riesgo para el consumidor y el riesgo ecológico para el agua y la fauna (Marzetti et al., 2015). El EIQ es un valor adimensional (no tiene unidades) y sirve para poder comparar diferentes estrategias de uso de productos fitosanitarios. Para determinar la TIA se tuvo en cuenta que cada principio activo posee un valor de EIQ (Eshenaur et al., 2017) el cual se multiplica por la concentración del producto comercial, su dosis de uso y el número de aplicaciones.

En todas las localidades se presentó el mayor impacto ambiental con la estrategia química del agricultor, siendo más representativa en el municipio de Carmen de Carupa con un valor TIA de 1.066,61 en 17 aplicaciones frente a 46,99 en cinco aplicaciones de la estrategia MIP. En Turmequé un valor TIA de 480,2 en 22 aplicaciones del agricultor frente a 33,5 en cinco aplicaciones del MIP (Espitia, 2014). En Villapinzón un valor TIA de 99,09 en 19 aplicaciones del agricultor con respecto a un valor TIA de 4,71 en seis aplicaciones de la estrategia MIP y finalmente en el municipio de Subachoque se presentó una TIA con valor de 41,21 en 16 aplicaciones de agricultor respecto a un valor de 15,06 en seis aplicaciones en la estrategia MIP (Espitia et al, 2017).

La producción no se vio afectada por el programa MIP implementado y los costos directos de producción que involucran procesos como la preparación del terreno, mano de obra e insumos fueron menores en las estrategias MIP. Para Carmen de Carupa el MIP presentó costos directos de \$US 3198 que equivalen al 63% y el manejo convencional costos directos de \$US 3064 que equivalen al 67% de los costos totales. En Turmequé el MIP presentó costos directos de \$US 3190 que equivalen al 71% y el manejo convencional costos directos de \$US 4279 que equivalen al 87% de los costos totales (Espitia, 2014). Para las parcelas de los municipios de Subachoque y Villapinzón, se determinó de forma general una reducción de los costos directos en 7% para Subachoque y 11 % para Villapinzón, comparado con los costos del productor. (Espitia et al, 2017).





Se concluye y se demuestra que en las cuatro localidades se logró implementar un sistema de seguimiento y manejo de plagas del cultivo con resultados favorables como: menores tasas de impacto ambiental (TIA), menores costos de producción y mejor calidad fitosanitaria del tubérculo en comparación con un sistema tradicional del cultivo.

Prácticas de manejo de la polilla en almacenamiento de papa para la industria

A diferencia de los pequeños productores, la industria de papa en Colombia almacena grandes volúmenes de papa 5000 a 10.000 Ton, por periodos hasta de tres meses, razón por la cual toman las siguientes medidas preventivas y de manejo: Sectorizan la papa dependiendo de la calidad y consideran que el principal componente de manejo es el muestreo que se realiza inicialmente para separar la papa según su sanidad y así la almacenan en diferente bodega. Aceptan lotes de papa que cumplan la norma técnica cuyo límite es 1,5% de presencia de polilla, si supera este límite, se rechaza el lote.

Cuando hay baja oferta de papa aceptan mayor porcentaje de infestación, y en este caso utilizan el fosforo de aluminio (fumigante) para tratar de 30 a 50 toneladas bajo una carpa, durante tres días y se destapa. Esta papa se utiliza después de 30 días, tiempo en el que no se detectan residuos. Para seguimiento de la plaga utilizan cuatro trampas con feromona sexual por bodega de 1.000 ton, consideran que capturas de 4-5 adultos por día son aceptables, para lotes con incidencia menor de 1,5% de daño. Los problemas de polilla son temporales, se presentan en épocas de verano (mayor temperatura y menor precipitación), enero febrero o junio julio, por lo cual se revisan las trampas cada dos días. En bodegas con temperatura de 2,5-3 °C., no se presenta ataque de polilla. (A. García, comunicación personal, 2019).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRETO-TRIANA, N.; SIERRA-SOTO, E.; DIAZ-ORTIZ, M.; ROMERO-RUBIO. L.C. 2017. Dr. Agro ® Versión 2.0 la App móvil aliada del asistente técnico agropecuario colombiano. X Congreso nacional de entomología aplicada. Octubre 2017. Logroño, España

BARRETO, N.; LÓPEZ-AVILA, A. 2004. Implementación del manejo integrado de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Lepidoptera:Gelechiidae) en parcelas demostrativas en cuatro municipios del altiplano cundiboyacense. En Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen) (Ed.), xxxi Congreso de Socolen (pp. 33). Bogotá, Colombia: Socolen.

CORNELL U. 2017. A Method to Measure the Environmental Impact of Pesticides, Table 2: List of Pesticides 2017. Integrated Pest Management Program. New York State. Recuperado de: <https://nysipm.cornell.edu/eig/list-pesticide-active-ingredient-eiq-values>

ESPITIA M., E. 2014 Estrategias evaluadas de manejo integrado de las limitantes tecnológicas del cultivo de la papa con miras a obtener un producto limpio (año uno). Informe Técnico Final de Producto. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Corpoica. 22p.

ESPITIA M., E.; BARRETO T., N; CELY P., L.; WILCHES, W. OSPINA, C.E.; SOSA H., C.; NAVAS M., S.; PATIÑO, M.; MESA Q., P. 2017. Insectos Plaga en el Cultivo De Papa y su Manejo. Informe Componente Sanidad en proyecto: Contribuyendo Con La Sostenibilidad Del Cultivo De Papa De





Cundinamarca Para Colombia. Corredor Tecnológico Agroindustrial. Unversidad Nacional de Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 57p

ESHENAU, B; GRANT, J; KOVACH, J; PETZOLDT, C; DEGNI, J. Y TETTE, J., 2017. Environmental Impact Quotient: "A Method to Measure the Environmental Impact of Pesticides." New York State Integrated Pest Management Program, Cornell Cooperative Extension, Cornell University. 1992 – 2017. USA. 8 p.

FEDERACIÓN COLOMBIANA DE PRODUCTORES DE PAPA [Fedepapa]. (s.f.). Guía para el cultivo de papa. Bogotá, Colombia.

FIERRO G. L. H. 2003. Organización de productores En Colombia a través de Escuelas de Campo de Agricultores. LEISA, Revista de Agroecología. 19(1): 12-13. Lima, Perú.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO ICA. 2019. Registros nacionales Colombia. Recuperado de <https://n9.cl/xa4o>

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO ICA. 2018. Productos registrados bioinsumos - diciembre. Colombia. Recuperado de <https://n9.cl/a8X0>

KOVACH, J., PETZOLDT, C., DEGNI, J., AND TETTE, J. 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides. New York's Food and Life Sciences Bulletin 139:1–8.

MARZETTI, M., COPPIOLI, A., & BERTOLOTTO, M. 2015. Impacto ambiental de las malezas resistentes y tolerantes. Argentina.10 p.

PÉREZ, J.; PACHÓN-ARIZA, F.; PARRADO, A. 2015. Escuelas de Campo en papa y su aporte en la construcción de procesos organizativos en dos municipios colombianos Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas - vol. 9 - no. 2 - pp. 301-312, julio-diciembre 2015

AGRADECIMIENTOS

A los productores de las parcelas de Carmen de Carupa, Subachoque, Villapinzón y Turmequé, por el acompañamiento en el desarrollo de los proyectos. A los técnicos de las industrias Yupy S. A y McCain, por la información compartida.





MODELO FENOLÓGICO COMO HERRAMIENTA PARA LA PREDICCIÓN Y EVALUACIÓN DEL RIESGO DE PLAGAS EN TENERIFE: CASO *TECIA SOLANIVORA* (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)

Carhuapoma-Ramos, P. 1; Schaub, B. 2

*1 Centro Internacional de la Papa (CIP).

*2 Universidad de Hohenheim.

RESUMEN

Los modelos de crecimiento de la población dependiente de la temperatura (modelos fenológicos) son valiosos para comprender la dinámica de la población de plagas y para implementar estrategias de MIP en diferentes zonas agroecológicas. Este documento demuestra el uso de modelos de fenología desarrollados para insectos vinculados con los sistemas de información geográfica (GIS) que mapean los potenciales de crecimiento poblacional de acuerdo con los datos de temperatura del aire promedio en tiempo real o climático como una herramienta para las evaluaciones de riesgo de plagas en diferentes regiones agroecológicas. y apoyar el desarrollo de estrategias de gestión. La distribución potencial de *Tecia solanivora* se usó como ejemplo. La probabilidad de supervivencia de la población, el número promedio de generaciones y un índice de actividad se calcularon en todo Tenerife utilizando las temperaturas mínimas y máximas diarias de estaciones meteorológicas (2018-2019, distribuido en todo Tenerife) interpoladas en una resolución espacial de 25 metros cuadrados. Todas las simulaciones se lograron en una escala de tiempo diaria, que permitió generar resúmenes de la fenología y el desarrollo de la población dentro de un período definido (es decir, ciclo de cultivo). El enfoque de suma de tasas utilizado para las simulaciones de poblaciones estructuradas en la etapa de edad se describe brevemente. Se discuten los posibles usos y limitaciones del modelo presentado vinculado con GIS (mapeo del riesgo de plagas) en la investigación y como herramienta de ayuda para la toma de decisiones en el manejo integrado de plagas (MIP) y en los programas nacionales de la isla.

INTRODUCCIÓN

Tecia solanivora, endémica en toda América Central, se ha propagado desde Guatemala (debido a su origen también se refiere al PTM o GPTM guatemalteco) a Costa Rica (desde 1970), Venezuela (1983), Colombia (1985), Ecuador (1996), las Islas Canarias (2000) y Galicia (2015), desde entonces, ha estado en la lista roja de la Organización Europea y Mediterránea de Protección de las Plantas (EPPO, 2018). A través de movimientos comerciales y debido a la ausencia de enemigos naturales, la plaga se ha propagado y se ha establecido rápidamente dentro de la región. Se considera más agresivo que *P. operculella*, es hoy en día la plaga de papa más importante en Ecuador en áreas montañosas entre 1.350 y 3.000 metros de altitud (INIAP, 1997). En 2001, el ataque debido a *T. solanivora* fue más intenso; en muchos casos, la mitad de la cosecha se perdió, miles de hectáreas se hicieron no aptas para la cosecha, y la mayoría de las poblaciones se infestaron y se destruyeron (Pollet et al., 2003), y como consecuencia el área de producción de papa disminuyó de aproximadamente 60,000 ha en el año 1999 a 42.000 ha en el año 2000 (ver FAOSTAT, 2006), en Tenerife especialmente en el norte las pérdidas fueron cercanas al 50% de la producción total (Trujillo y Perea, 2008). Todavía no se ha reportado la presencia de la polilla en el Perú.





La polilla guatemalteca de la papa es económicamente importante y altamente invasiva de proporción global. Desde hace mucho tiempo se reconoce que la distribución de insectos y otros animales poiquilotérmicos está determinada en gran medida por el clima (Uvarov, 1931; Andrewwartha & Birch, 1955). El desarrollo de organismos, que no pueden regular internamente su propia temperatura, depende principalmente de la temperatura a la que están expuestos en el ambiente. En gran medida, el clima también determina la distribución de las plantas huésped y, por lo tanto, influye indirectamente en la distribución de insectos plaga. La introducción de especies exóticas depende principalmente de los flujos internacionales de productos agrícolas, lo que representa un riesgo de establecimiento en nuevas zonas. Debido a la expansión del comercio internacional, la OMC (Organización Mundial de Comercio, Acuerdo Sanitario y Fitosanitario, Acuerdo MSF) y la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (FAO-CIPF) de la FAO exigen a los países miembros que justifiquen las medidas de cuarentena. Las justificaciones deben ser científicas, transparentes y sin discriminación (Hopper, 1991). El análisis de riesgo de plagas (PRA) es llevado a cabo por organizaciones de protección de plantas para justificar tales medidas sanitarias. Las directrices internacionales (IPPC, 2001) requieren que las evaluaciones de riesgo de plagas incluyan estimaciones de posibles impactos económicos, ambientales y sociales. Incluye tres pasos; 1) identificar las especies de plagas y las vías (iniciación del riesgo), 2) evaluar el riesgo de entrada, el riesgo de establecimiento y el riesgo de impactos económicos y de otro tipo (evaluación de riesgos), y 3) revisar las opciones de manejo.

El conocimiento de los potenciales de crecimiento poblacional dependiente de la temperatura de una especie de plaga y la evaluación del potencial bioclimático de un área o región es información importante sobre el potencial de establecimiento (ARP, paso 2) o para el manejo de especies de plagas nativas o introducidas. Los modelos de fenología impulsados por la temperatura (cuando están disponibles) vinculados con los Sistemas de información geográfica (GIS) permiten visualizar los potenciales de plaga pronosticados para países o regiones específicas, al tiempo que se tiene en cuenta la variación estacional (dentro del año) e intra-año. Dado que las estrategias de MIP se basan en una comprensión integral de la biología de las plagas, este conocimiento ayuda a desarrollar herramientas de ayuda a la toma de decisiones para el manejo de plagas para agroecologías específicas (Sporleder et al., 2006).

El mapeo de riesgo de plagas (MRP) basado en las condiciones climáticas y el conocimiento sobre la fenología de las especies de plagas puede proporcionar la información requerida durante la segunda fase de la evaluación de riesgos (ARP), especialmente la evaluación del riesgo de establecimiento (los impactos sociales y económicos también pueden ser afectados dependiendo de la disponibilidad de datos, es decir, el área de producción de papa bajo riesgo, las pérdidas potenciales según los rendimientos promedio en una región dada, el número de familias de agricultores potencialmente afectadas, etc.).

Las evaluaciones en ARP (potencial de establecimiento) generalmente se realizan utilizando variables climáticas agregadas, sin embargo, dada la corta duración del ciclo de vida de las especies de PTM, esto puede causar problemas en las predicciones (escala temporal: son preferibles las temperaturas máximas y mínimas diarias).

El objetivo de esta investigación es implementar modelos de fenología para *Tecia solanivora* basados en la temperatura en un entorno SIG para proporcionar un paquete de herramientas de análisis de riesgo de plagas (ARP) para predecir el potencial de crecimiento regional y estacional en áreas de cultivo de papa en toda la extensión de Tenerife. Se utilizó el programa ILCYM ILCYM proporciona de manera interactiva a través múltiples herramientas el desarrollo de modelos fenológicos de insectos, para realizar simulaciones y para producir la distribución potencial de la población y el mapeo de riesgos en los escenarios actuales o futuros de temperatura (cambio climático); y R porque es un





programa de código abierto (base de ILCYM). Una condición previa para el mapeo de riesgos es el desarrollo y la validación de modelos de fenología basados en la temperatura. Como ejemplo, el modelo de *P. operculella*, que ya está publicado (Sporleder et al. 2004), se usa en este documento para examinar de qué manera nuestros modelos de fenología PTM se pueden combinar con la temperatura espacialmente referida para respaldar la ARP (paso 2: riesgo evaluación) y para ayudar en la toma de decisiones y el plan de manejo para el control de plagas. Estas simulaciones pueden ser herramientas importantes para futuras investigaciones agroecológicas y ambientales relacionadas con plagas, incluido el cambio climático. El modelado biológico de *T. solanivora* está documentada (Atlas de riesgo para África, 2015).

Actualmente, el centro internacional de la papa (CIP) está distribuyendo gratuitamente el software ILCYM. Debido a la especificidad de los agentes de control biológico para gestionar la plaga *Tecia solanivora*, los modelos de fenología de esta especie apoyarán una planificación más específica y de las acciones de MIP y la evaluación de riesgos, que fortalece a los programas nacionales.

MATERIAL Y METODOS

Modelos de fenología

Para el análisis de ejemplo dado en este documento, se utilizó el modelo de fenología para *Tecia solanivora* (Schaub, 2016). El modelo se validó mediante la comparación de los resultados del modelo con estudios de campo realizados en diferentes zonas agroecológicas de Tenerife. La función y los parámetros utilizados en el modelo para describir el desarrollo, la mortalidad y la reproducción se presentan en los anexos. El modelo de *T. solanivora* se usa aquí como un ejemplo de cómo se aplica en el lugar en vez de discutir los méritos del modelo de fenología en sí.

Datos del clima

Los datos climáticos, específicamente la temperatura, deben estar disponibles para el país, la región o las áreas para las cuales se hará un mapa del riesgo de plagas. Las escalas geográficas y temporales de los datos dependen del nivel en el que se utilizarán los mapas. Para mapear el riesgo de plagas a escala internacional, el análisis puede basarse en registros climáticos largos (ciclos periódicos agregados) y en un entorno relativamente cuadrulado (resolución espacial más amplia). Si el análisis se usa para modelar las operaciones de manejo de plagas y la toma de decisiones, entonces los datos detallados en tiempo real son más apropiados. En este trabajo se muestra el mapeo mundial y local del riesgo de la plaga, así como simulaciones variantes en el tiempo que dan soporte a las operaciones de manejo de plagas.

Para las simulaciones variantes en el tiempo y a escala local, se utilizó la base de datos pública de AgroCabildo, que es un conjunto de datos climáticos de provenientes de estaciones meteorológicas distribuidas en todo Tenerife (que se puede descargar en <http://www.agrocabildo.org>). Se utilizaron los datos diarios de temperatura máximos y mínimos de 57 estaciones meteorológicas.

Software

Las herramientas del sistema de información geográfica (SIG) son necesarias para visualizar los potenciales de riesgo de plagas. En este trabajo se utilizó el programa ILCYM (versión 4.0) hecho en la plataforma shiny/R el cual permite para realizar el modelamiento fenológico, las simulaciones fluctuantes de los parámetros de tablas de vida, así como los cálculos de los índices de riesgo de





plagas, este programa fue desarrollado por los investigadores del CIP como un programa de código abierto que permite un uso muy flexible y una difusión gratuita. Para la visualización de los mapas e utilizó R (versión 3.4.1).

Modelización fenológica y geográfica

Los cálculos del modelo se basan en las temperaturas máximas y mínimas diarias del aire (ya sea registros de estaciones meteorológicas reales basadas en puntos o datos de celdas interpoladas de una extensión). La temperatura en cada paso de tiempo fue de 15 minutos y se calculó utilizando una función coseno para las interpolaciones de temperatura de medio día. La ecuación utilizada para el primer medio día fue:

$$T_i = \frac{(Max - Min)}{2} \times \cos\left(\frac{\pi \times (i + 0.5)}{48}\right) + \frac{(Min + Max)}{2}$$

donde T_i es la temperatura (en °C) del paso de tiempo i ($i = 1, 2, 3, \dots, 48$), y Min y Max son las temperaturas diarias mínimas y máximas. Luego se repitió el cálculo para obtener T_i para el segundo medio día empleando la temperatura mínima, Min , del día siguiente en la ecuación.

Índices de riesgo calculados

En la escala internacional, es decir, según los datos de temperatura incorporados, se calcularon tres índices:

- 1) **Índice de riesgo de establecimiento:** Los mapas de riesgo de establecimiento visualizan la capacidad de las especies de plagas invasoras para establecer poblaciones permanentes basadas en la variabilidad espacial y temporal de la temperatura. Ayudan a identificar las regiones donde una especie tiene el potencial de representar una amenaza invasiva después de la introducción de la plaga.

El mapa traza un índice (índice de riesgo de establecimiento, ERI), que es la relación entre los períodos (intervalos de tiempo) en que se espera que aumente la población y los períodos totales dentro de un año. El índice se define como el número de intervalos de tiempo, R_0 , por encima de 1 ($I_i = 1$) dividido por el número total de intervalos de tiempo dentro de un año (I_j). De forma predeterminada, los mapas (como se presentan en el atlas) se generan utilizando una escala de tiempo de 1 mes; sin embargo, el cálculo también puede basarse en otras escalas de tiempo (por ejemplo, intervalos de 1 día). La fórmula para usar intervalos diarios es la siguiente:

$$ERI = \frac{\sum_{i=1}^{365} I_i}{I_j}$$

donde I_i es el intervalo del día i (con $i = 1, 2, 3, \dots, 365$) y el número total de intervalos I_j es 365.

El ERI toma valores entre 0 y 1. Un ERI = 1 representa áreas donde se espera que la población de la especie crezca a lo largo del año. Un ERI <1 caracteriza las áreas en las que el crecimiento de la población se restringe a ciertos períodos del año; por ejemplo, un ERI = 0.25





indica un área donde se espera que las poblaciones crezcan solo durante los 3 meses (3/12) del año y disminuyan durante los otros 9 meses (9/12).

Si el índice se utiliza para una especie antagonista prospectiva (enemigo natural o parasitoide) considerada para ser liberada como un agente de control biológico no nativo, el índice expresa la capacidad o el potencial para establecerse en un área que podría ser considerada para la liberación inundativa o inoculativa de la especie. En estos casos, el índice representa el potencial de establecimiento de la especie, que se desea para el control a largo plazo de la plaga objetivo.

En general, de forma predeterminada, los mapas se generan utilizando una escala de tiempo mensual adecuada para especies multivoltinas; estas especies tienen generalmente un tiempo de generación corto con generaciones superpuestas. Sin embargo, un intervalo de tiempo tan corto no es apropiado para las especies de univoltina, que producen una sola generación dentro de un año, debido a que las etapas de una sola vida solo se desarrollan durante ciertos períodos del año. Por lo tanto, los parámetros de la tabla de vida, como la tasa de reproducción neta, calculada para un período dado no son representativos para el desarrollo de la población de la especie. Para estimar el riesgo de establecimiento de especies univoltinas, todo el año debe simularse todo el ciclo de vida de la plaga (en el mejor de los casos, con registros de temperatura real como datos de entrada) utilizando la herramienta de "simulación determinista" de ILCYM. Si la población aumenta durante un año, el riesgo de establecimiento puede considerarse alto.

- 2) **Índice de generación:** este índice calcula el número de generaciones que pueden producirse en un año. Los tiempos de desarrollo promedio para huevos, larvas y pupas, y los tiempos de supervivencia de adultos estimado en base al tiempo de oviposición se resumieron por día. Estos valores representan números de generación potencial por año, asumiendo que los insectos están expuestos a la temperatura diaria respectiva a lo largo del año. El índice de generación general es el promedio de estos valores diarios. (El índice también se puede calcular para un mes específico del año). Nota: el número de generaciones por año no proporciona información concluyente sobre los potenciales de crecimiento de la población; los tiempos de desarrollo disminuyen con el aumento de las temperaturas, lo que aumenta la velocidad de la acumulación de la población, pero a temperaturas extremadamente altas, la supervivencia y la oviposición inmaduras también disminuyen, de modo que los números de generación extremadamente altos por año pueden resultar en un menor aumento de la población con el tiempo. Sin embargo, este índice tiene un valor adicional cuando se evalúa el desarrollo de la resistencia en insectos (por ejemplo: cultivos OGM) y el objetivo de la investigación es el manejo de la resistencia.

$$GI = \frac{\left(\sum_{i=1}^{365} \left(\frac{365}{GL_i} \right) \right)}{365}$$

donde i se refiere al día (con $i = 1, 2, 3, \dots, 365$) y el número total de días es 365.

- 3) **Índice de actividad:** este índice representa la tasa finita de aumento de la población, que tiene en cuenta toda la historia de vida de la plaga (alternativamente, la "tasa intrínseca de





aumento" o el "tiempo de duplicación" podrían elegirse porque tienen la misma importancia biológica). Además, este índice no solo resalta el riesgo de establecimiento sino también el potencial de propagación (el índice 1 resalta más el potencial de colonización). El índice se calcula mediante la fórmula:

$$AI = \log_{10} \left(\prod_{i=1}^{365} \lambda_i \right)$$

donde i se refiere al día (con $i = 1, 2, 3, \dots, 365$) y el número total de días es 365.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Datos de ocurrencia y geo-referenciación de *Tecia solanivora*

Un total de 84 registros de ocurrencia de *Tecia solanivora* pertenecientes a 4 continentes se obtuvieron de la siguiente búsqueda bibliográfica (Figura 1): Europa (Solo España en las Islas Canarias y Galicia), y América central (Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua y Panamá), y América del Sur (Venezuela, Colombia y Ecuador).

Índices de riesgo

Índice de establecimiento

La Figura 2 indica las zonas de Tenerife donde las poblaciones de *T. solanivora* teóricamente podrían establecerse según las condiciones de temperatura. La región donde el índice es 1 indica que siempre se espera que una cierta proporción de individuos con *T. solanivora* sobreviva durante el desarrollo inmaduro durante todo el año, por lo tanto la probabilidad a largo plazo de establecerse una vez que la plaga ingresó en esa región es la más alta. Las papas se cultivan en altitudes entre 20msnm y 2070 msnm, y las temperaturas frías limitan su distribución en zonas cultivadas aún más altas. En las zonas más bajas las temperaturas cálidas podrían incrementar el crecimiento de la población de *T. solanivora*. En las zonas de cultivo de papa donde se instalaron todas las estaciones meteorológicas se puede apreciar un alto establecimiento de *T. solanivora* con valores estimados de $ERI > 0.7$, mientras que para la mayoría de estaciones por debajo de los 1000 msnm se obtiene un $ERI > 0.9$. Finalmente, los patrones de lluvia y el manejo de los cultivos son otros factores importantes que afectan el establecimiento de plagas.

Índice de generación

La Figura 3 indica el número de generaciones de *T. solanivora* en toda la isla de Tenerife, y muestra las múltiples generaciones de *T. solanivora* se desarrollan dentro de un ciclo de cultivo y durante los períodos de almacenamiento de la papa que obviamente tienen el potencial de causar un daño considerablemente. El tiempo de desarrollo más largo observado en condiciones naturales es de aproximadamente 4 meses; Las temperaturas más bajas darían lugar a una alta mortalidad inmadura. Las temperaturas frías disminuyen su valor respecto a un año de evaluación en zonas cultivadas altas. En las zonas más bajas las temperaturas cálidas podrían incrementar el valor de este índice hasta 6 generaciones. En las zonas de cultivo de papa donde se instalaron todas las estaciones meteorológicas se puede obtener un índice de generación (GI) entre 2-6 de *T. solanivora*, mientras





que para la mayoría de estaciones por debajo de los 1000 msnm se obtiene un GI entre 4-6. Al igual que el ERI, los patrones de lluvia y el manejo de los cultivos, también pueden afectar el número de generaciones para 1 año de evaluación.

Índice de actividad

La Figura 4 indica el índice de actividad de *T. solanivora* en toda la isla de Tenerife, donde al igual que el índice de generación (GI) y el índice de establecimiento (ERI) las temperaturas frías disminuyen su valor respecto a un año de evaluación en zonas cultivadas altas. En las zonas más bajas las temperaturas cálidas también podrían incrementar el valor de este índice hasta 9, lo cual indica el valor máximo de su potencial de crecimiento. En las zonas de cultivo de papa donde se instalaron todas las estaciones meteorológicas se puede obtener un índice de actividad (AI) entre 3-9 de *T. solanivora*, mientras que para la mayoría de estaciones por debajo de los 1000 msnm se obtiene un AI entre 6-9, lo cual indica que toda esa tiene un alto riesgo respecto al crecimiento potencial de *T. solanivora*.

CONCLUSIONES

Los mapas de riesgo muestran el crecimiento de la población y la distribución geográfica potencial de *T. solanivora*, observándose que las zonas que están por debajo de los 1000 msnm son de altísimo riesgo de infestación, lo que facilita especialmente la segunda fase de la evaluación de riesgos de esta plaga. Mejora la identificación de temporadas y lugares donde es más probable que tengan éxito la expansión y el establecimiento en nuevas zonas de *T. solanivora*, y proporciona información importante a los responsables de la formulación de políticas (medidas de control, etc.). Para el control biológico clásico, el software ayuda a atacar sitios de liberación favorables para antagonistas específicos. Actualmente, se está estudiando la fenología del parasitoide *Copidosoma koehleri*. La combinación de modelos de fenología y la comparación de los potenciales de crecimiento de la población tanto de *T. solanivora* como de su parasitoide, puede explicar mejor la variación de los resultados que se produjeron después de la liberación inaugural de parasitoides en muchas regiones. Además, el modelo puede utilizarse para estimar los efectos de la formación de gusanos a nivel mundial en las poblaciones de plagas. El calentamiento global tiene un efecto similar en una especie como la reubicación en un nuevo entorno. Cambia el entorno que rodea a la población en lugar de considerar a las especies que se están introduciendo en un área nueva donde experimenta un nuevo entorno. El software proporciona la facilidad para crear escenarios personalizados de cambio climático para una región definida, pudiendo simular ante posibles incrementos de temperatura de 1°C o 2°C.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KROSCHER, J.; SPORLEDER, M.; TONNANG, H.E.Z.; JUAREZ, H.; CARHUAPOMA, P.; GONZALES, J.C.; SIMON, R. 2013. Predicting climate-change-caused changes in global temperature on potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) distribution and abundance using phenology modeling and GIS mapping. *Agricultural and Forest Meteorology* 170: 228–241.

RÍOS, D. 2012. Informe “La Polilla Guatemalteca de la Papa (*Tecia solanivora*) en Tenerife, 3: 4-21.





TONANG, H.E.Z. 2015: Identification and Risk Assessment for Worldwide Invasion and Spread of *Tuta absoluta* with a Focus on Sub-Saharan Africa: Implications for Phytosanitary Measures and Management. PLOS ONE, 5: 5-45.

SCHAUB, B.; CARHUAPOMA, P.; KROSCHER, J. 2016: Guatemalan Potato Tuber Moth, *Tecia solanivora* (Povolny 1973). Pest Distribution and Risk Atlas for Africa, 6: 16-67

HIJMANS, R.J.; CAMERON, S.E.; PARRA, J.L.; JONES, P.G.; JARVIS, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology 25: 1965-1978.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a María Eugenia Trujillo y Santiago Perera (CCBAT) de Tenerife, por su apoyo en proporcionarnos información vital de la plaga *T. solanivora* en Tenerife. Nuestro agradecimiento también a Heidy Gamarra y Jan Kreuze y Domingo Ríos por todas las facilidades que realizó para el intercambio de conocimientos e información de CIP y CCBAT.

FIGURAS



Figura 1. Distribución geográfica de *Tecia solanivora*. Los puntos verdes indican países con establecimiento de plagas reportado; y los puntos rojos son datos de distribución geo-referenciados.



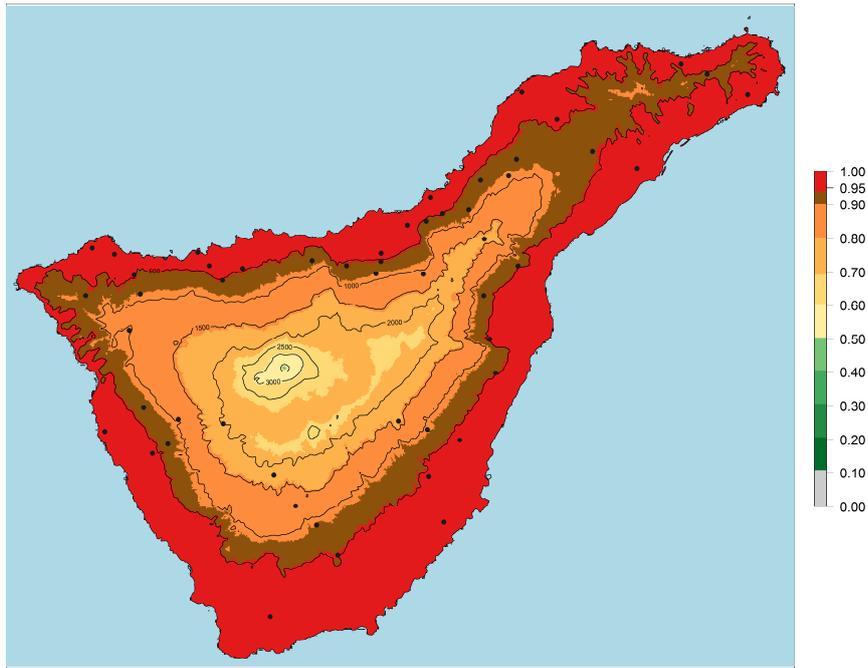


Figura 2. El índice de establecimiento de *T. solanivora* para toda el área de Tenerife.

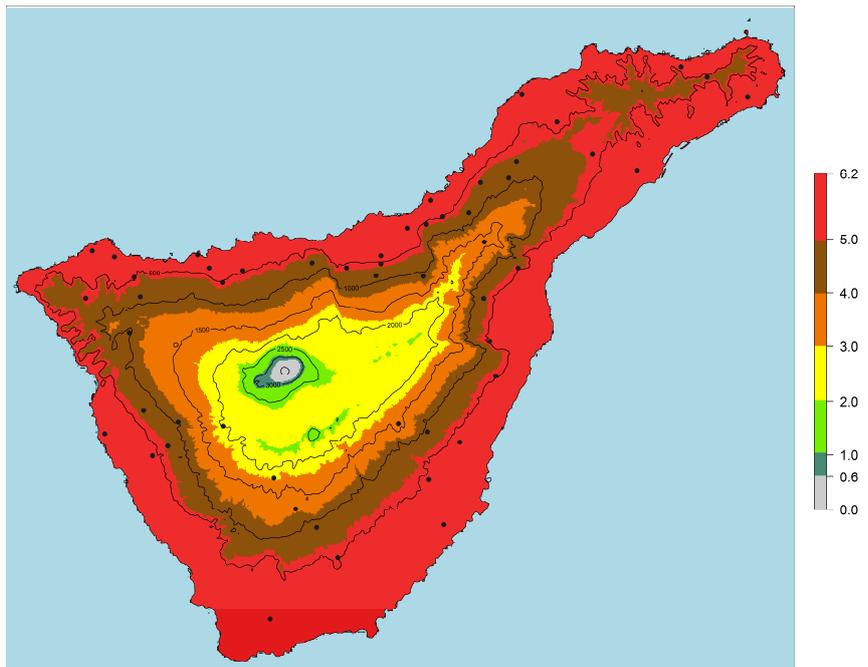


Figura 3. El índice de generación de *T. solanivora* para toda el área de Tenerife.



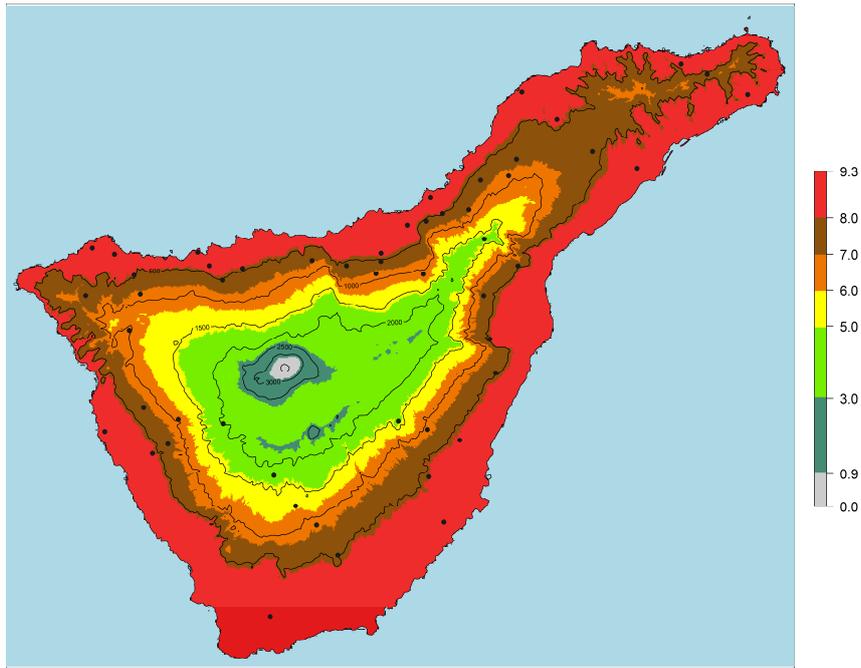


Figura 4. El índice de actividad de *T. solanivora* para toda el área de Tenerife.





PROPUESTA: ATRACTICIDA: APLICACIÓN DE UNA NUEVA TECNOLOGIA PARA EL MANEJO DE *Tecia solanivora* “POLILLA GUATEMALTECA DE LA PAPA”

Gamarra, H.; Kreuze, J.

Centro Internacional de la Papa

RESUMEN

Feromonas sexuales de las polillas del tubérculo de papa guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolný) (Lep., Gelechiidae) son herramientas ideales para monitorear la actividad de vuelo de plagas, pero no se usan como medios de control. El objetivo de la presente propuesta es presentar una estrategia de control de *T. solanivora* donde se va a probar la idoneidad de una estrategia de atracción y muerte que consiste en feromonas puras y un insecticida de contacto permitido bajo las leyes de Tenerife con características similares a modo de acción del insecticida ciflutrina como ingrediente activo, formulado con aceites vegetales y absorbentes de ultravioleta, y que se aplique en gotas de 100 µL.

Palabra claves: *Solanum tuberosum*; feromona sexual; manejo integrado de plagas; polilla del tubérculo de papa

INTRODUCCION

La polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny) [Lepidoptera, Gelechiidae] es una plaga importante en la papa (*Solanum tuberosum* L.) es de origen en Guatemala y es endémica en Centro América con expansión hacia Venezuela (1983), Colombia (1984) y Ecuador (1985). Esta plaga se estable entre los 1350 y 3000 msnm, y tiene un riesgo de invadir y establecerse en nuevas áreas hacia el sur de América como regiones limítrofes del Perú, como Piura, La Libertad, Cajamarca y Ancash, las cuales serían las más vulnerables. *T. solanivora* es una plaga altamente destructiva ocasionando daños a los tubérculos de papa a nivel de campo y almacén (Herrera, 1997; Villanueva et al., 2009). Sus larvas se alimentan solo de tubérculos de papa y producen galerías que hacen que los tubérculos no puedan ser comercializados. En el campo, los adultos depositan sus huevos en el suelo (Barreto et al., 2003) y las larvas en incubación hacen un túnel en el suelo para llegar a los tubérculos de papa. El daño en la cosecha depende de las condiciones climáticas, como lo reportado en una encuesta de dos años por Barreto et al 2003, donde informa daños de hasta un 16% de su cosecha a diferentes altitudes en Colombia. Los mayores ataques generalmente coinciden con periodos de sequía o baja precipitación entre los meses de Diciembre a Febrero, ocasionando pérdidas que van desde el 25% al 100% que es similar a las observaciones hechas en Ecuador durante los experimentos de campo. También se reportó un daño elevado de 50 - 100% en los años posteriores a la invasión de la plaga, especialmente cuando las condiciones climáticas eran secas y otros factores, como la cosecha tardía, coincidieron (Cruz et al 2011., Barragán et al., 2004; Palacios et al., 1997; Hilje, 1994). En la cosecha, los tubérculos de papa recién infestados son difíciles de identificar porque el orificio de entrada de la larva es muy pequeño y apenas visible. Como consecuencia, los tubérculos de papa infestados se introducen en las instalaciones de almacenamiento, donde los individuos emergen y se reproducen en su mayoría sin ser molestados dentro de los contenedores o montones de papas. Por lo tanto, se ha observado un alto daño hasta la destrucción completa en los almacenes de papas (Kroschel et al, 2013., Palacios y Cisneros 1997, Pollet et al. 2003). La difícil identificación de tubérculos de papa





infestados probablemente también contribuyó a la diseminación de *T. solanivora* a áreas no infestadas, lo que se atribuyó con frecuencia a la importación de tubérculos de semilla infestados (Puillandre et al., 2008). *T. solanivora* se extendió en menos de 30 años hacia el sur a través de los Andes hasta Ecuador, donde se detectó en 1996 (Torres-Leguizamón et al., 2011; Puillandre et al., 2008). En el año 1999 se observó por primera vez en Canarias (Trujillo et al., 2004) y en 2015 llegó a la parte continental de España (EPPO, 2017), donde se estableció un programa para su erradicación (BOE, 2017). El potencial de una mayor distribución en América del Sur y en Europa es incierto debido a las diferentes condiciones climáticas y prácticas agrícolas. En cuanto al manejo de esta plaga por el momento es difícil ya que está relacionada a los factores climáticos y a la carencia de enemigos naturales, por lo que los agricultores recurren al uso excesivo de insecticidas (hasta 24 aplicaciones por campaña) lo que genera problemas de salud y de impacto económico, rompiendo el equilibrio de autorregulación del cultivo de la papa.

Se ha identificado feromonas sexuales para *T. solanivora* y desde entonces se han realizado monitoreos de la actividad de vuelo de machos (Raman K, 1984, Trujillo et al, 2017) y estudios de la dinámica poblacional estacional de polillas. Se ha observado que las feromonas sexuales liberadas por las trampas compiten con las feromonas sexuales naturales de las hembras, por lo que el éxito de cualquier trampa dependerá de la proporción de machos atraídos por trampa y, por lo tanto, eliminado de la población temática. Se requiere 45 trampas por hectárea para reducir la infestación en el tubérculo de papa, sin embargo, son poco prácticas y no muy económicas, siendo un factor limitante para su uso y adopción de esta tecnología de captura masiva en el manejo de la plaga.

Por este motivo la estrategia del atracticida “Adios Macho” ha recibido atención y ha sido un éxito de control de otros lepidópteros de especies de plagas tales como la polilla *Cydia pomonella* L, *Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias* (Hofer et al, 1984; Charmillot, et al, 1997, Kroschel et al, 2010, 2013). Esta estrategia consiste en una coformulación de insecticida-feromona donde las polillas machos son atraídas por las feromonas y luego mueren por contacto con el insecticida. Este tipo de coformulación ha sido probada por varios autores en *C. pomonella* (Lösel P et al 2000; Ebbinghaus D, et al, 2001; Lösel P et al, 2002) y en *P. operculella* y *S. tangolias* (Kroschel J. et al 2010, 2013). El objetivo de este trabajo es presentar una nueva estrategia de coformulación óptima de feromonas e insecticidas para *T. solanivora* y su estabilidad bajo condiciones de laboratorio y de campo como un requisito previo para ir a pruebas de campo de escala más amplia basándonos en la metodología establecida por Kroschel et al 2010.

MATERIALES Y METODOS

1. Crianza y mantenimiento de *T. solanivora*

Las polillas guatemaltecas de la papa que se utilizarán en este estudio se mantendrán bajo condiciones de laboratorio. Esta crianza será mantenida a temperatura ambiente (15 ± 5 °C), con 60–80% de humedad relativa, en oscuridad. Los huevos serán colocados en recipientes de plástico de 30 × 20 × 7,5 cm que contienen tubérculos de papa como alimento y colocados sobre arena o cartón como sitio de pupación.

Las pupas se mantendrán individualmente en pequeños vasos de plástico para separar a los adultos emergente de acuerdo a su sexo.

Los machos recién nacidos se mantendrán 48 horas antes de su uso en los experimentos, para que alcancen su plena madurez sexual.





2. Composición química del atracticida “Adios Macho” para *Tecia solanivora*

Siguiendo la metodología de Kroschel et al 2010 la composición será de la siguiente manera: para el caso de la feromona pura de *T. solanivora*, se obtendrá a partir de una empresa privada en Tenerife, y un insecticida de contacto similar al insecticida ciflutrina como 100g L⁻¹EC (Baythroid EC 100; Bayer Crop Ciencia, Chile) que se utilizó para el Adios Macho para *P. operculella* y *S. tangolias* (Kroschel et al 2010). para el caso de *T. solanivora*, se adaptará un insecticida de contacto permitido para la ley europea como deltametrin 2,5% EW (Decis Evo) o betaciflutrin 2,5% EC (Bulldock 2.5 EC). Estos serán los ingredientes activos empleados en todos los experimentos. La elaboración de la formulación se basará en los protocolos de Lösel et al 2000, que también fue usado para la formulación de Adiós Macho para *P. operculella*, y *S. tangolias* por Kroschel et al 2010. La formulación se basará en aceite de ricino en el que los ingredientes activos (feromona y ciflutrina) se disolverán fácilmente. Luego se estabilizará por la adición del absorbentes ultravioletas UVINIL M40 y UVINIL 539T (BASF, Alemania), ambos a 75 g L⁻¹. El agente emulsionante no iónico Cremophor CO 40 (BASF, Alemania, a 75 g L⁻¹) y Aerosil 200 V (Degussa Pharma, a 70 g L⁻¹) se agregarán para aumentar la fluidez del producto. Todos los componentes se mezclarán en baño maría a 60 °C y luego será almacenado a 4 °C antes de su uso.

Ensayos:

2.3.1 Prueba de la concentración óptima de insecticida Se realizará 6 experimentos de 5 concentraciones de insecticida (0.35, 0.65, 1.25, 2.5 y 5.0 g L⁻¹ del insecticida) y un control sin insecticida o feromona. La feromona se probará una concentración de 0.5 g L⁻¹. Se realizará los ensayos en jaulas de madera (75 × 50 × 60 cm) cubiertas con gasa de nylon que se instalarán en una habitación a temperatura constante de 20 °C, con una humedad relativa del 65% y con un fotoperiodo de 12:12 h luz: oscuridad. La formulación de feromonas puesto en una placa de petri (1 gota de 100 µL) se colocará en una esquina de la jaula. En cada una de las jaulas se liberará 20 polillas machos de la misma edad. Se evaluará la supervivencia de las polillas diariamente hasta que mueran todas las polillas en todos los tratamientos.

2.3.2 Prueba de la concentración óptima de feromona, se utilizará un olfatómetro de 6 brazos para evaluar la efectividad de tres concentraciones diferentes de la feromona en estudio (0.5, 0.25, 0.125 g L⁻¹), en la formulación para atraer y matar teniendo como concentración común del insecticida: 5.0 g L⁻¹. Las concentraciones de feromonas serán compradas con tres números diferentes de hembras vírgenes (dos, cuatro y ocho hembras), El olfatómetro consistirá en un vaso de plástico cónico de 15 cm de altura, 6 cm (parte inferior) y 12 cm (parte superior) de diámetro, cubierto en la parte superior con gasa nylon. Otros 6 vasos del mismo tamaño serán conectados al vaso central descrito inicialmente usando tubos de plástico de 1.5 cm de diámetro al vaso central y otros juegos de tubos de 3 cm de diámetro conectados a los vasos exteriores, estos tubos serán de 20 cm de longitud total. Además, los vasos externos tendrán tres orificios cerrados con organza serán usados para la ventilación. En cada vaso externo se colocará 100 ul de las 3 concentraciones de la formulación los cuales serán colocados en placas petri de 9.23 cm de diámetro y 0.7 cm de altura en forma intercalada con las placas que contendrán los 3 grupos de hembra vírgenes. En el vaso central se liberarán 50 polillas machos de 24 hora de nacidos. Se evaluará la cantidad de machos atrapados por cada vaso externo (vasos laterales conectados al vaso central) después de 24 h. Se evaluará hasta que el ultimo macho esté muerto. El experimento se repetirá por lo menos 5 veces.





2.3.3 Estabilidad de la formulación del Adiós macho. Para este caso la concentración del insecticida y de las feromonas será 5 g L^{-1} . Este experimento se dará para obtener la estabilidad bajo condiciones controladas de laboratorio, así como bajo condiciones de campo.

- a) En laboratorio, se realizará en jaulas de madera dentro de un ambiente a temperatura controlada de 20°C y 65% humedad relativa, y fotoperiodo de 12:12 h luz: oscuridad. Se colocará en una placa petri 1 gota (100 ul) de la formulación en una esquina de la jaula prueba, donde se liberarán 20 machos de polillas que serán expuestos al producto Adiós Macho. Esto se repetirá durante los periodos de 36 días, el experimento se repetirá por 4 veces.
- b) En campo, se colocará 1 gota (100 ul) de la fórmula sobre las hojas de papa al azar. Luego de 24h, se colectará tres hojas de papa (tres repeticiones) que contenga la gota del producto Adiós Macho, estas se colocaran en placas petri y serán llevados al laboratorio y luego se colocaran en las jaulas de forma similar al ensayo “a”, luego se liberará 20 machos, para luego ser evaluados diariamente hasta que murieran todas las polillas. Las colectas en campo será 1, 2, 4, 6, 12, 24, y 36 días después de la aplicación. Como control se colocará en otra jaula la gota del producto, pero este no contenía ni feromona ni insecticida.

RESULTADOS ESPERADOS

La estrategia de Adios Macho es consistente con los objetivos del manejo integrado de plagas. La especificidad de la feromona sexual asegurará que sólo *T. solanivora* sea afectada. Esto evita los efectos nocivos sobre organismos benéficos y otros organismos no objetivo que a menudo se asocian con aplicaciones de insecticidas convencionales.

Por lo tanto, el sistema de Adios Macho proporcionaría una gran ventaja a los sistemas de producción de papa donde *T. solanivora* es una plaga importante en los campos y sobre todo en los almacenes. Para el caso del Adios Macho para *T. solanivora*, se tendrá que realizar pruebas en laboratorio para optimizar la formulación y para comprender la eficacia del control potencial antes de probar el producto bajo condiciones de campo.

Los resultados esperados de la propuesta son protocolos validados y documentados para optimizar la formulación de Adios Macho bajo condiciones de laboratorio y campo utilizando insecticidas permitidos en Tenerife, y protocolos validados de eficacia del control potencial de Adio Macho bajo condiciones de campo.

Instituciones potencialmente vinculadas:

- Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural Cabildo Insular de Tenerife+
- Empresa productora de Feromonas
- Empresa productora Fitosanitario
- Comunidad Autónoma
- Centro Internacional de la Papa

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

BARRAGÁN, A.; MOLLET, A.; ONORE, G. 2004. Polilla de Guatemala en Ecuador. Comprender una invasión biológica exitosa a través del Atlántico para prevenirla en Europa. Fitoma 569: 52-54.





BARRETO, N.; ESPITIA, E.; GALINDO R.; SÁNCHEZ, M.; SUÁREZ A.; LÓPEZ-ÁVILA, A. 2003. Determinación de parámetros reproductivos y hábitos de *Tecia solanivora* (Povolny 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) en condiciones de laboratorio y campo. En: *Tecia solanivora* II Taller Nacional: Presente y futuro de la investigación en Colombia sobre polilla guatemalteca. Memorias. Bogotá (Colombia), abril 24-25 de 2003, pp. 31-36.

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO (BOE). A-2017-2312. <https://www.boe.es/>

CHARMILLOT, P.; PASQUIER, D.; SCALCO, A.; HOFER, D. 1997. Lutte contre le carpocapse *Cydia pomonella* L. par un procédé attracticide. Rev Suisse Vitic Arboric Hortic 29:111–117.

CRUZ, R. E. N.; CASTILLO, V. A.; MALO, E. A. 2011. First report of *Tecia solanivora* (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) attacking the potato *Solanum tuberosum* in Mexico. Florida Entomologist, 94(4): 1055-1056. Florida Entomological Society URL: <https://doi.org/10.1653/024.094.0445>

EBBINGHAUS, D.; LÖSEL, P.; ROMEIS, J.; CIANCIULLI-TELLER, M.; LEUSCH, H.; OLSZAK, R. et al. 2001. Appeal: efficacy and mode of action of attract and kill for codling moth control. Pheromones for insect control in orchards and vineyards. IOBC/WPRS Bull 24:95–99.

OEPP/EPPO. 2017. EPPO Standard. *Tecia solanivora*. OEPP/EPPO. Boletín Oficial del Principado de Asturias (2017-11-20) no 268, 5 pp. <https://www.asturias.es/bopa/2017/11/20/2017-12837.pdf>

HERRERA F. 1997. La polilla guatemalteca de la papa. Biología, comportamiento y prácticas de Manejo Integrado. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Regional Uno. Cundinamarca- Boyacá. Bogotá. 14 p.

HILJE, L. 1994. Characterization of the damage by the potato moths *Tecia solanivora* and *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Cartago, Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas 1994 No.31 pp.43-46 ref.9

HOFER, D and BRASSEL, J. 1992. 'Attract and kill' to control *Cydia pomonella* and *Pectinophora gossypiella*. IOBC/WPRS Bull 15:36–39.

KROSCHEL J.; SCHAUB B. 2013. Biology and Ecology of Potato Tuber Moths as Major Pests of Potato in: Insect Pests of Potato Global Perspectives on Biology and Management by Sporleder, 2013. Elsevier. Copyright © 2013 Elsevier Inc. All rights reserved. Chapter 6: 165-192p.

KROSCHEL, J.; and ZEGARRA, O. 2013. Attract-and-kill as a new strategy for the management of the potato tuber moths *Phthorimaea operculella* (Zeller) and *Symmetrischematangolias* (Gyen) in potato: evaluation of its efficacy under potato field and storage conditions. Pest Manag Sci 69:1205-1215.

KROSCHEL, J.; and ZEGARRA, O. 2010. Attract-and-kill: a new strategy for the management of the potato tuber moths *Phthorimaea operculella* (Zeller) and *Symmetrischema tangolias* (Gyen) in potato – laboratory experiments towards optimizing pheromone and insecticide concentration. Pest Manag Sci 66:490–496.





LÖSEL, P.; POTTING, R.; EBBINGHAUS, D.; and Scherkenbeck J. 2002. Factors affecting the field performance of an attracticide against the codling moth, *Cydia pomonella*. *Pest Manag Sci* 58:1029–1037.

LÖSEL, P.; PENNERS, G.; POTTING, R.; EBBINGHAUS, D.; ELBERT, A.; SCHERKENBECK, J. 2000. Laboratory and field experiments towards the development of an attract and kill strategy for the control of the codlingmoth, *Cydia pomonella*. *Entomol Exp Appl* 95:39-46.

PALACIOS, M.; CISNEROS, F. 1997. Integrated pest management for the potato tuber moth in pilot units in the Andean Region and the Dominican Republic. Program report 1995–1996, International Potato Center (CIP), Lima, Peru, pp. 161–168.

PALACIOS, M.; SOTELO, G.; SAENZ, E. 1997. La polilla de la papa *Tecia solanivora* (Povolny). In: Primer seminario taller internacional sobre manejo integrado de *Tecia solanivora*. Ibarra, Ecuador. CIP, INIAP, PNRT-Papa, FORTIPAPA. pp. 1-22.

POLLET, A.; BARRAGAN, A.; ZEDDAM, J.L.; LERY, X. 2003. *Tecia solanivora*, a serious biological invasion of potato cultures in South America. *Intl. Pest. Control* 45 (3), 139–144.

PULLANDRE, N.; DUPAS, S.; DANGLES, O.; ZEDDAM, J.L.; CAPDEVIELLE-DULAC, C.; BARBIN, K.; TORRES-LEGUIZAMON, M.; SILVAIN, J.F. 2008. Genetic bottleneck in invasive species: the potato tuber moth adds to the list. *Biol. Invasions* 10, 319–333.

RAMAN, K. 1984. Evaluation of a synthetic sex pheromone funnel trap for potato tuber worm months (Lepidoptera: Gelechiidae). *Environ Entomol* 13:61-64.

TORRES-LEGUIZAMON, M.; DUPAS, S.; DARDON, D.; GOMEZ, Y.; NIÑO, L.; CARNERO, A.; PADILLA, A.; MERLIN, I.; FOSSOUD, A.; ZEDDAM, J.L.; LERY, X.; CAPDEVIELLE-DULAC, C.; DANGLES, O.; SILVAIN, J.F. 2011. Inferring native range and invasion scenarios with mitochondrial DNA: the case of *T. solanivora* successive north–south step-wise introductions across Central and South America. *Biol. Invasions* 13 (7), 1505–1519.

TRUJILLO G., E.; PERERA G., S. D. 2017. Polilla guatemalteca de la papa (*Tecia solanivora*) identificación y control. Agrocabildo. Cabildo de Tenerife. Área de Agricultura, Ganadería y Pesca Servicio Técnico de Agricultura y desarrollo Rural.

TRUJILLO, E.; RIOS, D.; CABRERA, R. 2004. Distribución de *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) en Tenerife, Islas Canarias, España. Memorias – II Taller Internacional de Polilla Guatemalteca, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

VILLANUEVA F. (2015). Estructura Poblacional y Diferenciación genética de la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*) (Lepidoptera: Gelechiidae) en Colombia: Evaluación de su poder invasivo. Tesis optar título doctor en biotecnología –Colombia.





SEGUIMIENTO DE LAS POBLACIONES DE LA POLILLA GUATEMALTECA (*TECIA SOLANIVORA* P.) EN LA ISLA DE TENERIFE

Trujillo García, M. E.

Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural, Cabildo Insular de Tenerife (Santa Cruz de Tenerife)

RESUMEN

En 1999 se detectó por primera vez en la Isla de Tenerife la presencia del lepidóptero *Tecia solanivora* Povolny en cultivos de papa, en el municipio de Icod de los Vinos. A partir de su identificación se inició un muestreo para detectar y prevenir la dispersión de este insecto a zonas de cultivo de papa no afectadas en el resto de la isla. Se emplearon trampas de feromonas repartidas a lo largo de 30 municipios. El muestreo se inició en 2001 y se mantiene hasta la actualidad variando el número de localizaciones. Los datos obtenidos permiten la realización de las curvas de vuelo del insecto, el estudio del ciclo de vida del insecto y su correlación con datos climatológicos procedentes de la Red de Estaciones Meteorológicas del Cabildo Insular de Tenerife.

INTRODUCCIÓN

Tecia solanivora Povolny fue detectada en la isla de Tenerife en el año 1999, declarándose oficialmente su presencia en las Islas Canarias en el año 2002. En el año 2001 la especie fue incluida en la lista de alerta de plagas de la EPPO (European Plant Protection Organization). Esta plaga está considerada como el principal problema fitopatológico del cultivo de la papa en Canarias, donde llega a causar pérdidas superiores al 50% de la cosecha. En 2011 Torres- Leguizamón et al. realizaron estudios genéticos de poblaciones de polilla guatemalteca provenientes de las distintas regiones del mundo donde ésta se encuentra, incluyendo muestras de las Islas Canarias. A partir del estudio del ADN mitocondrial (Citocromo b) se determinó que las poblaciones de *T. solanivora* presentes en Canarias comparten haplotipos con poblaciones de *T. solanivora* de Venezuela, Colombia, Costa Rica y Ecuador y concluye que se requiere del estudio de otros marcadores genéticos para determinar con exactitud el origen de la plaga en Canarias.

En el año 2001 se inició un muestreo de *Tecia solanivora* en la isla de Tenerife con el objetivo de determinar el alcance y la distribución de la plaga y prevenir la introducción de este insecto en zonas no afectadas, desconociéndose hasta ese momento la severidad que podía llegar a alcanzar la plaga en nuestras condiciones.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se diseñó una red de muestreo que incluyó 98 puntos repartidos de la siguiente manera; en el norte de la isla se distribuyeron trampas de monitoreo a tres altitudes (500, 750 y 900 msnm) separadas 2 km entre sí en cada una de estas altitudes. En el resto de la isla se colocaron tres trampas por municipio a esas mismas altitudes.

Uno de los requisitos de cualquier muestreo es que éste debe ser práctico, preciso y, en gestión integrada de plagas, además debe ser poco costoso. Se emplearon por ello trampas de agua cebadas con dispensadores de feromona sexuales específicas para *T. solanivora* (E) 3 dodecenyl acetato y (Z) 3 dodecenyl acetato (1,00 +/- 0,02 mg/cápsula). Las trampas de agua se han mostrado más eficaces





para la detección de *T. solanivora* que las trampas secas, ya sean tipo delta o tipo mosquero en condiciones de bajas poblaciones de este insecto, si bien presentan el inconveniente de necesitar mantenimiento regular.

La toma de datos se realiza de manera semanal o quincenal. El muestreo se inició en marzo de 2001 y se mantiene en la actualidad con 44 puntos de muestreo.

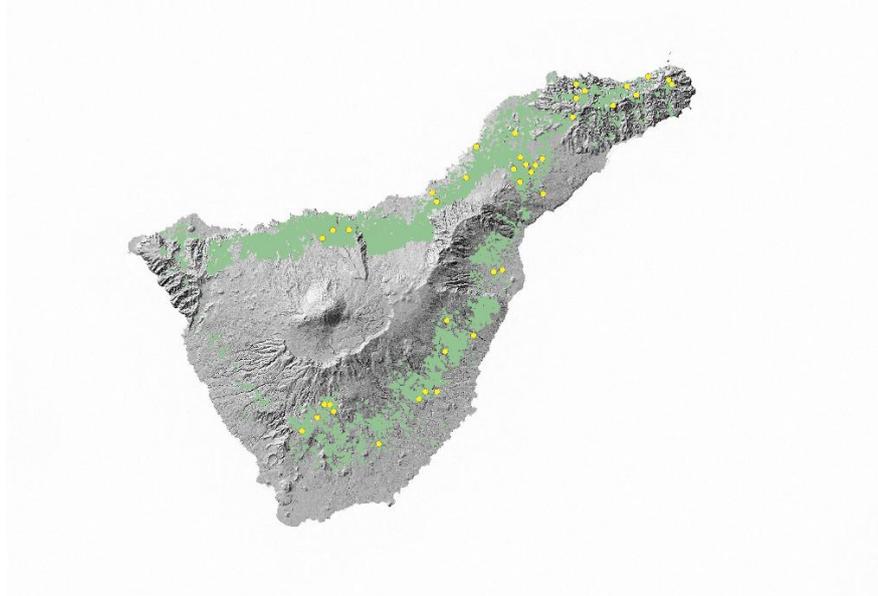


Figura 1. Distribución de trampas (2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el proceso de invasión de una especie exótica si la detección de la misma es temprana y en áreas reducidas puede llegar a erradicarse la especie, mientras que una vez que la especie ya está establecida sólo cabe medidas para conseguir un control estable y duradero (Berbegal Martínez et. al, 2015). En nuestro caso desde un primer momento se detectó que la plaga ya se encontraba ampliamente extendida en la isla.

En el primer monitoreo realizado en Tenerife se registraron capturas de adultos macho de *T. solanivora* en todos los municipios del norte de la isla. En la zona sur de la isla las capturas fueron menores, si bien ya en esa misma campaña (2001) se produjeron capturas en todos los municipios. A partir de los resultados del muestreo se establecieron medidas de control en las zonas afectadas, es decir, municipios situados al norte de la isla, y de prevención y erradicación en los municipios del sur de la isla.

A la hora de analizar los datos del muestreo distinguimos entre las trampas situadas en el norte de la isla, con capturas constantes y los puntos de muestreo del centro y sur de la isla, donde las capturas pueden ser nulas, esporádicas o estacionales.

En la zona sur de la isla, que abarca 11 municipios, se dan tres ciclos de cultivo de papa: extratemprano (siembra entre octubre y diciembre); de media estación (siembra entre enero y marzo) y tardío (siembra entre julio y septiembre). El mantenimiento del muestreo ha permitido declarar zonas no afectadas desde el punto de vista comercial, detectar y actuar mediante control químico y medidas culturales para erradicar la plaga cuando se han detectado focos y prevenir la expansión de la plaga mediante campañas informativas en zonas de posible establecimiento de la plaga.



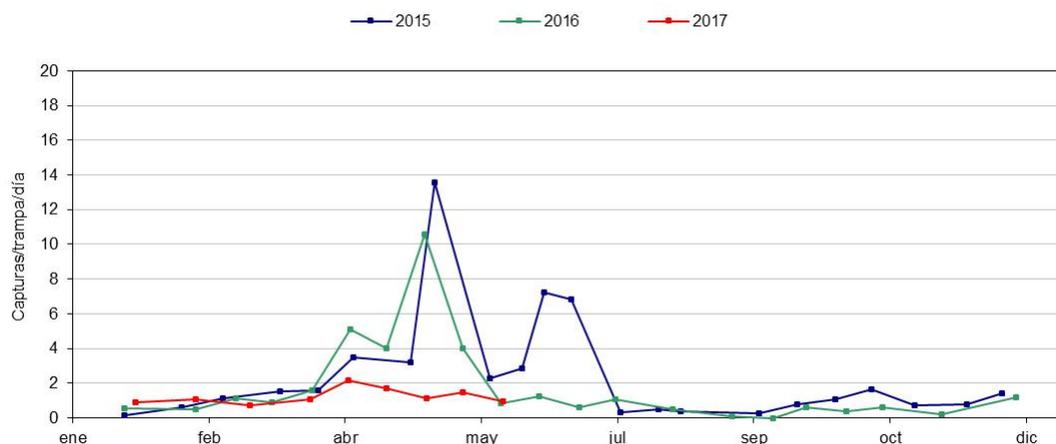


Figura 2. Curvas de vuelo de *T. solanivora* en Vilafior (El Bucio).

En el norte de la isla la papa se cultiva mayoritariamente en el ciclo de media estación o temprano, realizándose la siembra entre enero y febrero y cosechándose entre junio y julio. En la mayor parte de las parcelas el cultivo se realiza en secano o bien con riego de apoyo. Entre octubre y diciembre se siembran los cultivos de papa de ciclo extratemprana, que se cosecharán entre febrero y abril. Los cultivos extratempranos se dan en las medianías bajas del norte de la isla o incluso a cotas bajas. La mayor parte de estas parcelas cuenta con riego, ya sea aspersión o goteo y mecanización. El cultivo de papa de ciclo tardío es minoritario en esta zona.

Al comenzar el ciclo de media estación las capturas de adultos macho de *T. solanivora* son mínimas y se mantendrán bajas hasta abril y mayo. Esto es así ya que la mayor parte de la población estará en formas inmaduras y a partir de mayo se empiezan a producir las capturas más importantes. Los máximos en las curvas de vuelo se producen durante el verano y principios del otoño. En esta época prácticamente no hay cultivo de papa pero es fácil encontrar restos de cultivo que han brotado a lo largo del verano y que servirán de reservorio de la plaga hasta el siguiente ciclo de cultivo.

A finales de otoño decrecen las capturas, coincidiendo con la entrada del período invernal, que conlleva un aumento de la pluviometría. En esta época además se realizan labores de preparación del terreno para las siembras que tendrán lugar los meses posteriores.

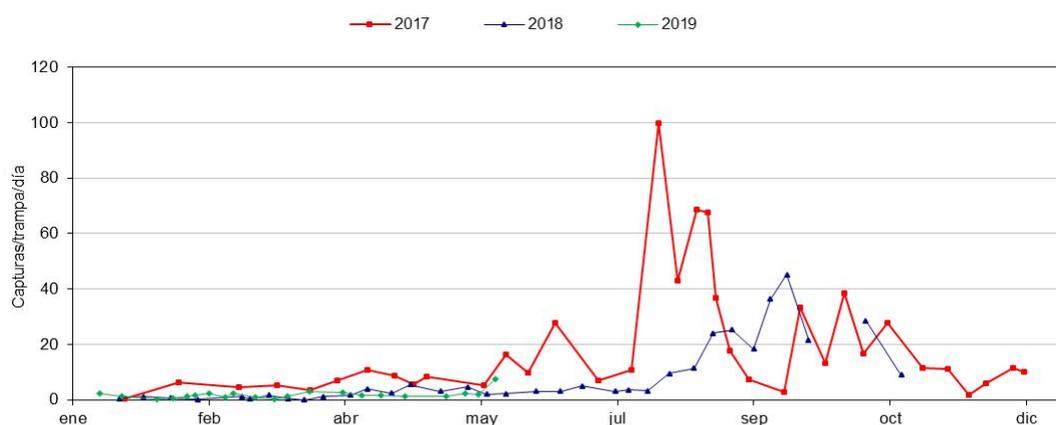


Figura 3. Curvas de vuelo de *T. solanivora* en San Juan de la Rambla (Medianías de la Vera).

Las capturas en los puntos de muestreo del norte se producen de manera ininterrumpida a lo largo de todo el año, incluso cuando se deja de sembrar o se realiza rotación con cereales o leguminosas se registran capturas. Los adultos en campos no cultivados de papa pueden provenir de individuos





que hayan quedado del cultivo anterior o de campos vecinos ya que según los estudios realizados por Cabrera et al. (2004) los adultos macho de *T. solanivora* pueden desplazarse hasta 300 metros.



Figura 4. Curvas de vuelo de *T. solanivora* en Los Realejos (Los Chavocos) en parcela cultivada de cereales entre febrero y agosto.

A partir de las curvas de vuelo se estima que en nuestras condiciones se dan entre cinco y seis generaciones al año. Este dato coincide con la estimación realizada por Kroschel et al. (2016) empleando para el cálculo de las mismas el programa Ilcym. La disponibilidad de los datos de muestreo y los datos de daño por campaña, así como los datos meteorológicos provenientes de la red de estaciones meteorológicas del Cabildo Insular de Tenerife (4x estaciones) permitirá estimar daños y predecir el desarrollo de la plaga en el futuro empleando dicho software desarrollado por el Centro Internacional de la Papa (CIP).

San Juan de la Rambla - La Guancha: 2017

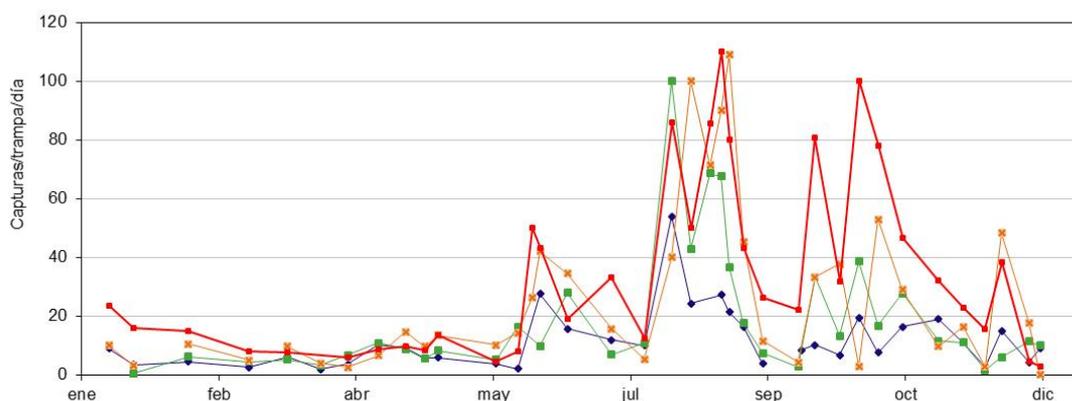


Figura 5. Curvas de vuelo de *T. solanivora* en 4 parcelas de San Juan de la Rambla-La Guancha (2017)

CONCLUSIONES

El monitoreo nos indica la presencia del insecto, su distribución y abundancia, siendo una herramienta que permite ajustar el umbral de tratamiento en gestión integrada de plagas. La disponibilidad de datos de capturas permite la correlación con los datos meteorológicos, y en el





futuro predecir la incidencia de la plaga. El estudio de los parámetros de vida del insecto mediante software (Ilcym 4.0) puede ser validado mediante los datos disponibles en campo, tanto de muestreo como de daños.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERBEGAL MARTÍNEZ, M. et al. 2015. Ecología, Epidemiología, muestreo y modelización. Master Interuniversitario en Sanidad Vegetal, 2015. 46-48.

CABRERA PÉREZ, R.; MARTINELLI QUISPE, C. 2004. Resultados de investigación acerca de la biología de *Tecia solanivora* Povolny (Lep.: Gelechiidae) “polilla guatemalteca de la papa” en Tenerife. Sin publicar.

SCHAUB, B.; CARHUAPOMA, P.; KROSCHER, J. 2016. Guatemalan potato tuber moth, *Tecia solanivora* (Povolny 1973). Pest distribution and risk atlas for Africa. Potential global and regional distribution and abundance of agricultural and horticultural pests and associated biocontrol agents under current and future climates. International Potato Center (CIP): 24-38.

TORRES-LEGUIZAMÓN, M. et al. 2011. Inferring native range and invasion scenarios with mitochondrial DNA: the case of *T. solanivora* successive north–south step-wise introductions across Central and South America. Biol. Invasions 13(7): 1505-1519.





TRABAJOS SOBRE BIOLOGÍA Y CONTROL DE POLILLA GUATEMALTECA DE LA PAPA *Tecia solanivora* EN TENERIFE (ISLAS CANARIAS).

Perera González, S.

. Agente Especialista en Protección de Cultivos de la Unidad de Experimentación y Asistencia Técnica Agraria. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife.

sperera@tenerife.es

Desde su detección en Tenerife en el año 1999, la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*) afecta a los cultivos de papa principalmente en el norte de Tenerife y en secoano llegando a producir en algunas campañas pérdidas cercanas al **50% de la producción total**.

En un convenio de colaboración entre el Cabildo Insular de Tenerife y la Universidad de La Laguna se realizaron varios estudios sobre la biología de este insecto durante los años 2003 y 2004 (Cabrera Pérez, R. y Martinelli Quispe, C., 2004).

Estos trabajos trataron sobre los siguientes aspectos:

- Comportamiento de la larva neonata y la prepupa.
- Desplazamiento de los adultos en campo.
- Evaluación de la presencia de *Tecia solanivora* en suelos y prospección de enemigos naturales.
- Susceptibilidad de las variedades de papa a *Tecia solanivora*.

Con respecto al estudio del comportamiento de la larva neonata y la prepupa se contó con tubos de PVC, cerrados por su extremo basal, de 10 cm de diámetro por 50 cm de largo y donde se colocaron tubérculos sanos y se cubrieron de arena, quedando enterrados a 5, 10, 15 y 20 cm de profundidad. Seguidamente se colocó sobre la arena 40 larvas neonatas y se aseguró el tubo con un tul y elástico. Se realizaron 5 repeticiones para cada profundidad planteada. La evaluación se realizó después de unos días (4 a 7 días) de la infestación del suelo. Los resultados mostraron que los tubérculos situados a 5 cm de profundidad fueron los más atacados, mientras que a profundidades mayores el número de larvas que alcanzaba el tubérculo iba disminuyendo. Estos resultados sobre movilidad de las larvas neonatas confirman la importancia de sembrar adecuadamente las papas de semilla y de una buena realización de las labores de aporcado. En cuanto al comportamiento de la prepupa también se contó con estos mismos tubos de PVC a los que se colocó arena en la parte basal dejando un tubérculo un tubérculo infestado con 28 larvas a 35 cm de profundidad y cubriéndolo con arena. Se realizaron 20 repeticiones y a los 21 días se realizó el conteo de pupas por estrato de suelo de 5 cm y empleando un tamiz. El 99,3% de las pupas encontradas lo fueron en el estrato superficial correspondiente a los 5 primeros centímetros. Esto confirma que la gran mayoría de las pupas se encuentran en la zona superficial del suelo. Por ello, las labores culturales que afecten a esa zona superficial como puede ser el arrendado puede ayudar a reducir las poblaciones de *T. solanivora* por la destrucción directa de dichas pupas a las condiciones ambientales y posibles enemigos naturales.

Otro de los trabajos que se realizaron fue el del estudio del desplazamiento de los adultos de *T. solanivora* en campo, para ello se empleó el marcaje de adultos interno empleando los colorantes Light green SF Yellowish (verde) y Orange G (naranja) verificando al menos a los 10 días, tiempo





suficiente para proceder a su captura en campo. Se diseñó una distribución de trampas de feromonas en 4 círculos concéntricos respecto al punto de suelta. Estos círculos estaban separados entre sí unos 100 metros instalándose un total de 18 trampas tipo polillero cebadas con feromonas y vaponas. Se realizaron dos sueltas en dos periodos distintos; 6 sueltas durante el periodo febrero-abril con un total de 1.000 machos marcados, y 3 sueltas durante el periodo septiembre-octubre con un total de 823 machos marcados. Unos días después de la última suelta se inició la revisión de las trampas de feromonas y se registraba el número total de machos capturados y, por aplastamiento entre dos hojas de papel de filtro blanco, se distinguía la presencia de polillas marcadas, al quedar el papel impregnado con el colorante. Aunque el número de insectos marcados recuperados fue bajo en relación al número de insectos soltados, la importancia de este ensayo radica en que se verificó que las polillas macho son capaces de desplazarse al menos 200 metros desde el punto de suelta.

La evaluación de *T. solanivora* en suelos y prospección de enemigos naturales se efectuó tomando muestreos de suelo en diferentes épocas del cultivo: durante el cultivo, en post-cosecha y en suelos en descanso y tamizando in situ mediante el empleo de un tamiz de 0,2 cm de trama. El suelo que quedaba en el tamiz era trasladado al laboratorio para su revisión. Las muestras tomadas durante el periodo de cultivo fueron recogidas durante el periodo de tuberización de los primeros 5 cm de suelo y a ambos lados del surco. Para suelos en postcosecha se seleccionaron fincas con elevadas capturas en trampas y se recogieron muestras de los primeros 10 cm de suelo tanto de los bordes como de la zona central de la parcela. Cada muestra consistió en tomar un área de 0.5 m² con un número variable de muestras por parcela según su tamaño y que iban desde 8 a 20 muestras. Los muestreos de suelos realizados en suelos en descanso se circunscribieron a zonas aledañas a las “papas de risa” que corresponden a aquellos tubérculos que se han quedado sin cosechar durante la recolección. En los muestreos durante el cultivo solo se encontraron exuvias pupales en número muy reducido. En los muestreos post-cosecha se observa un aumento en el número de pupas y exuvias pupales. Fue en los muestreos correspondientes a suelos en descanso y en zonas próximas a papas de risa donde se registró un mayor número de pupas y exuvias pupales incluso observadas en la superficie del suelo. Esto último indica la importancia de eliminar todos los restos de cultivo y evitar dejar “papas de risa”. Los muestreos de suelo permitieron estudiar el comportamiento del estado larval de la plaga y mediante una revisión cuidadosa del material recogido determinar la presencia de insectos parásitos que afectan a este estado de la polilla. Precisamente cuando abandona el tubérculo y empieza su recorrido sobre el suelo en busca de refugio, o cuando se encuentra formando el cocón con partículas de tierra y antes de formar completamente la pupa, es cuando es susceptible de ser parasitado por enemigos naturales. En las muestras procedentes de suelo en descanso se observaron momias de *Copidosoma koehleri* parasitando tanto a *Phthorimaea operculella* como a *T. solanivora*. Asimismo, se observó una especie de icneumonídeo cuya descripción morfológica corresponde a *Pimpla turionellae*.

Con la finalidad de evaluar la existencia de tolerancia o resistencia en las variedades de papa, se realizó un segundo ensayo de laboratorio. En el primero se determinó un grupo de variedades con bajos niveles de infestación. En este segundo ensayo se repiten 12 de las variedades ensayadas en el primero y se incluyen 6 nuevas variedades. Los tubérculos de cada variedad fueron lavados, secados y se infestaron con 25 larvas neonatas de *T. solanivora* y se ha registrado el número de pupas obtenido. Las variedades que presentaron como término medio menos del 25% de pupas formadas a partir de las larvas neonatas con que fueron infestadas inicialmente fueron Up to date, Bonita ojo perdiz, Cara y Colorada de Baga. Las que por término medio han superado el 60% de pupas formadas fueron Peluca roja, Venezolana negra, Terrera, Torrenta, Azucena blanca, Bonita negra, Melonera, Torrenta y Bonita llagada.





En cuanto al control químico se han realizado desde el Cabildo Insular de Tenerife, tres ensayos en campo y uno en almacén. En el primero de ellos, se evaluaron tres productos fitosanitarios (clorpirifos 48%, lambda cihalotrin 2,5% y tiacloprid 48%) realizando 5 aplicaciones durante el cultivo a partir del inicio de tuberización y dirigidos a la parte aérea de la planta mediante mochila de pulverización. Se registró el porcentaje en peso de papas afectadas por galerías respecto al peso total de tubérculos por tratamiento obteniendo el mayor porcentaje de daños las parcelas tratadas con clorpirifos y tiacloprid con un 51,3% en ambos casos, seguidas de las parcelas testigo con un 48,0% y las parcelas de lambda cihalotrin con un 45,7% sin diferencias significativas entre los cuatro tratamientos (Perera González y Trujillo García, 2008).

Otro trabajo realizado fue el de la evaluación en campo de la eficacia de Coragen 20 SC (clorantraniliprol 20%) en el control de *T. solanivora* realizando 2 aplicaciones a partir del inicio de tuberización dirigidas al interior y base de la planta y dirigidas a la parte aérea. Se evaluó el peso y número de tubérculos sanos y afectados por *T. solanivora* y la intensidad del daño con el número de galerías por tubérculo afectado. Los resultados muestran que los porcentajes de eficacia con la aplicación del Coragen 20 SC dirigida al interior y a la base de la planta fueron de alrededor del 40%, obteniéndose valores ligeramente menores a esta cifra en el caso de las aplicaciones dirigidas a la parte aérea de la planta. En base a los resultados obtenidos, la aplicación de Coragen 20 SC debe ir acompañada del resto de medidas culturales y biotécnicas para alcanzar un control adecuado de la polilla guatemalteca de la papa (Perera González y Trujillo García, 2016).

La aplicación de insecticida en cebo en el momento de la siembra podría ser un método de control de la polilla guatemalteca, por ello, se efectuó un ensayo empleando el producto en cebo Goldor Bait (fipronil 0,5%) a una dosis de 10 kg/ha y aplicándolo a lo largo del fondo del surco en el momento de la siembra quedando enterrado junto con la semilla. Se registró el porcentaje en peso de tubérculos dañados por galerías respecto al peso total de tubérculos en cada parcela experimental. Los resultados mostraron que no existen diferencias significativas entre el tratamiento testigo y el tratamiento con la aplicación del cebo granulado Goldor Bait (fipronil 0,5%) (Perera González y Trujillo García, 2013).

La polilla guatemalteca de la papa puede producir daños importantes sobre papas almacenadas. Para evitar estos daños se recomiendan una serie de medidas entre las que se encuentra la aplicación de productos fitosanitarios en polvo. Para evaluar la aplicación de dichos productos autorizados para esta plaga y cultivo (Butóxido de piperonilo 2% + piretrinas 0,2% (Granet) y Butóxido de piperonilo 0,5% + clorprofam 1% + piretrinas 0,125% (Granet extra)) se contó con un almacén en el que se depositaron cajas conteniendo 12 kilos de papas sanas. El producto se aplicó según las indicaciones de la etiqueta del producto, empleándolo en el fondo de cada caja y distribuyéndolo en sucesivas capas de tubérculos a medida que se llenaban las cajas (una capa en el fondo, 2 intermedias y una sobre la capa superior). Asimismo, se introdujeron 5 cajas afectadas por polilla guatemalteca de la papa. A los 38 días de la aplicación se sacaron del almacén y las papas pertenecientes a los distintos tratamientos se introdujeron en cajas de cría para seguir su evolución. Se evaluó a los 12, 16, 28 y 42 días tras la salida del almacén, es decir a los 50, 54, 66 y 80 días tras la aplicación de los tratamientos, anotando presencia de galerías, larvas, pupas o adultos por caja de cría. Los resultados mostraron que la eficacia de los dos productos fitosanitarios evaluados frente al ataque de la polilla guatemalteca de la papa (*Tecia solanivora*) fue del 100% (Cubas Hernández *et al.*, 2008).

Se evaluó durante 3 años una estrategia de control de las polillas de la papa eligiendo una zona de representativa de cultivos de variedades locales del norte de Tenerife y con ataques importantes de polilla.





Esta estrategia consistió en llevar a cabo las siguientes medidas:

- Mantener adecuadamente trampas de feromonas durante todo el año.
- Recomendación de control cultural: eliminación de papas de risa, realizar aporque alto, rotación de cultivos, en la siembra emplear papa sana.
- Control biológico con suelta de *Copidosoma koehleri*
- Aplicación de *Bacillus thuringiensis* para *Agrotis sp.* y aceite de neem como repelente de *T. solanivora*.
- Adecuada gestión de la papa afectada por la polilla.

En general, los resultados de esta estrategia fueron aceptables obteniéndose durante los tres años de seguimiento un porcentaje menor de daños en las parcelas que aplicaron esta estrategia con respecto a las que no siguieron dicha estrategia (Cabrera Pérez y Martín Toledo, 2017). Estas medidas son las que actualmente se recomiendan a los agricultores de la papa en Tenerife para el control de la polilla guatemalteca de la papa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CABRERA PÉREZ, R., MARTINELLI QUISPE, C. 2004. Resultados de investigación acerca de la biología de *Tecia solanivora* Povolny (Lep.: *Gelechiidae*) “polilla guatemalteca de la papa” en Tenerife. Cabildo Insular de Tenerife. Sin publicar.

CABRERA PÉREZ, R., MARTÍN TOLEDO, T. 2017. Establecimiento y seguimiento de estrategias de control de las polillas de la papa en la comarca de Icod del Alto (T:M: Los Realejos) y la búsqueda de enemigos naturales de las polillas de la papa de Tenerife (2015-2017). Cabildo Insular de Tenerife. Sin publicar.

CUBAS HERNÁNDEZ, F., TRUJILLO GARCÍA, E., PERERA GONZÁLEZ, S., 2008. Ensayo de eficacia de productos fitosanitarios de postcosecha en el control de la polilla guatemalteca de la papa. En línea: http://www.agrocabildo.org/publicaciones_detalle.asp?id=196

PERERA GONZÁLEZ, S., TRUJILLO GARCÍA, E. 2008. Ensayo de evaluación de eficacia de insecticida en el control de la polilla guatemalteca de la papa. En línea: http://www.agrocabildo.org/publicaciones_detalle.asp?id=207

PERERA GONZÁLEZ, S., TRUJILLO GARCÍA, E. 2013. Ensayo de evaluación de eficacia de la aplicación cebo de GOLDOR BAIT (Fipronil 0,5%) en el control de las polillas de la papa. En línea: http://www.agrocabildo.org/publicaciones_detalle.asp?id=509

PERERA GONZÁLEZ, S., TRUJILLO GARCÍA, E. 2016. Ensayo de eficacia de Coragen 20 SC en el control de polilla guatemalteca de la papa. En línea: http://www.agrocabildo.org/publicaciones_detalle.asp?id=600





RESULTADOS DE LAS PROSPECCIONES PARA LA BÚSQUEDA DE NUEVOS ENEMIGOS NATURALES DE LAS POLILLAS DE LA PAPA EN CANARIAS

Piedra-Buena Díaz, A.1; Gavara Vidal, J. 1; Bastin, S. 1; Martín Toledo, T. 2; Jiménez Rodríguez, T. 2; Hernández-Suárez, E. 1; Cabello, T. 3;

*1 Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA), Santa Cruz de Tenerife.

*2 BioAgroLogica S.L., Santa Cruz de Tenerife.

*3 Universidad de Almería (UAL), Almería.

RESUMEN

Se presentan los resultados de los dos primeros años de prospecciones para la búsqueda de enemigos naturales de las polillas de la papa, dentro del proyecto INIA RTA 2015-00074-C02-00 “Desarrollo de nuevos métodos para el manejo integrado para las polillas de la patata *Phthorimaea operculella* y *Tecia solanivora*”. La realización de 100 “mangueos” en fincas de papa de las islas de Fuerteventura, Gran Canaria, La Gomera, La Palma, Lanzarote y Tenerife, permitió identificar insectos de los órdenes y familias Cicadellidae, Coleoptera, Diptera, Formicidae, Hemiptera, Himenoptera, Neuroptera, Psílidos y Syrphidae, así como ácaros y arañas. Se destaca la identificación del psílido *Trioza chenopodii*. La metodología de huevos centinela se utilizó para la detección de parásitos de huevos en las islas de La Palma, Lanzarote y Tenerife, y en península, en 9 provincias pertenecientes a Andalucía, Castilla-León y Cantabria. Aunque el porcentaje de infestación de huevos por los parasitoides fue muy bajo (0,41% en península), se encontraron 8 poblaciones de *Trichogramma* spp. En Canarias no se detectaron parasitoides de huevos. En prospecciones realizadas en almacenes de papa, el grupo de trabajo de la Universidad de Almería identificó además a los ácaros depredadores *Blattisocius mali* y *B. tarsalis*. La búsqueda de virus entomopatógenos en suelos de Canarias se realizó sobre 205 muestras recogidas en Tenerife, Gran Canaria, La Palma y Lanzarote, encontrándose varias muestras sospechosas, que se encuentran pendientes de confirmación por métodos moleculares. Se comentan los trabajos en curso y a desarrollar en el año restante del proyecto, en relación a organismos de control biológico de las polillas de la papa.

PALABRAS CLAVE: entomófagos, entomopatógenos, Gestión Integrada de Plagas (GIP), granulovirus, organismos de control biológico (OCB), parasitoides

INTRODUCCIÓN

Las plagas que actualmente ocasionan mayores pérdidas económicas en el cultivo de la papa (*S. tuberosum*) en España son las denominadas polilla común (*Phthorimaea operculella*) y polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*). Sus larvas, al alimentarse, forman galerías en el interior de los tubérculos, inutilizándolos para el consumo, tanto humano como animal (Herrera, 1998, citado por Cuartas, 2006). Además, en el caso de la polilla común, también perfora los tallos y hojas de la planta, debilitándola y reduciendo los rendimientos (Estrada y Sierra, 1997, citados por Cuartas, 2006).

La polilla común de la papa (*P. operculella*) es una de las plagas más importantes de este cultivo en las zonas tropicales y subtropicales, donde produce hasta un 80% de daño en campo, así como pérdidas importantes durante el almacenamiento (Mamani et al., 1997). Esta especie es cosmopolita, estando ampliamente extendida en los cinco continentes (EPPO, 2015), y en todas las zonas de cultivo de papa del territorio español. Además, también puede desarrollarse sobre berenjena





(*Solanum melongena*), pimiento (*Capsicum annuum*), remolacha (*Beta vulgaris*) y tabaco (*Nicotiana tabacum*) (CIP, 2000; EPPO, 2015).

Por su parte, la polilla guatemalteca de la papa (*T. solanivora*) se encuentra restringida a América Latina (Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, México, Panamá y Venezuela), y España, no habiéndose detectado en ningún otro país europeo (Cuartas, 2006; Ríos, 2012; EPPO, 2015a). Su presencia en Canarias se detectó por primera vez en 1999 en el norte de Tenerife (Cabildo de Tenerife, 2012; Trujillo y Perera, 2014a), y posteriormente en La Palma y La Gomera. En península, su primera detección fue en Galicia en 2015 (EPPO, 2015b), desde donde se extendió a Asturias (EPPO, 2017), encontrándose actualmente abajo erradicación en ambas comunidades autónomas (EPPO, 2018).

Las medidas recomendadas para el control de *T. solanivora* se centran en medidas preventivas en las etapas de cultivos, cosecha, almacenamiento y gestión de las patatas afectadas (Perera, 2010; Trujillo y Perera, 2014a,b). La combinación de buenas prácticas en estas etapas, en conjunto con los productos fitosanitarios autorizados, es capaz de reducir en forma significativa los daños por polilla en la patata almacenada. Sin embargo, las opciones de manejo de la polilla guatemalteca en campo continúan siendo insuficientes para mantener esta plaga a niveles económicamente aceptables para los agricultores. En consecuencia, a pesar de las medidas preventivas puestas en práctica por una parte de los agricultores y de los medios proporcionados por la Administración, *T. solanivora* continúa causando pérdidas considerables en los cultivos de papa de Canarias, que rondan el 50% de la producción (Trujillo y Perera, 2014a; Guerra, 2019).

Para dar respuesta a esta problemática, se solicitó el proyecto INIA RTA 2015-00074-C02-00 “Desarrollo de nuevos métodos para el manejo integrado para las polillas de la patata *Phthorimaea operculella* y *Tecia solanivora*”, el cual se encuentra en marcha desde mediados del año 2017. En este proyecto, que lidera el Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA), participan además la Universidad de Almería (UAL), la Universidad de La Laguna (ULL), el Cabildo de Gran Canaria, el Cabildo de La Palma, el Cabildo de Lanzarote, el Cabildo de Tenerife, y las empresas AgroBío, Koppert y BioAgroLógica S.L.

Uno de los principales objetivos del proyecto es la búsqueda y evaluación de enemigos naturales de las polillas, tanto artrópodos depredadores o parasitoides como organismos entomopatógenos. En prospecciones realizadas en Tenerife en 2004, Martinelli et al., encontraron diversos parasitoides de huevos y larvas de *P. operculella* (*Copidosoma koehleri*, *Orgilus lepidus*, *Trichogramma pretiosum* y *Pristomerus spinator*) y *T. solanivora* (*Copidosoma koehleri*, *Apanteles* sp., *Diadegma mollipla*, *Pimpla spuria*, *Trichogramma* sp.). De éstos se seleccionó *Copidosoma koehleri*, una avispa naturalmente presente en Canarias que parasita los huevos de las dos polillas de la patata (Ricón, 2002; Cabrera et al., 2004), con la cual se han hecho varios ensayos en campo con resultados satisfactorios (Ricón et al. 2002; Jiménez, 2003; Perera, 2014, 2015). El parasitoide *Trichogramma* spp. es otra de las opciones más prometedoras, puesto que se encuentra naturalmente presente, y ha mostrado buenos niveles de eficacia en ensayos frente a poblaciones de la polilla común de la papa, *Phthorimaea operculella* (Saour, 2004), aunque en ocasiones la competencia entre parasitoides puede reducir su eficacia, en liberaciones conjuntas (Mandour et al., 2008). En cuanto a depredadores, puesto que estas polillas ovipositan parte de sus huevos en suelo (Kroschel y Schaub, 2015), los ácaros depredadores de suelo pueden ser agentes de control biológico de interés. En Canarias son abundantes las poblaciones de *Hypoaspis* spp, (Moraza y Peña, 2000), depredador de huevos y larvas, pero hasta el momento se ha prestado poca atención a este grupo de entomófagos.

Por su parte, los baculovirus, virus entomopatógenos altamente específicos para ciertos insectos, constituyen una de las alternativas más prometedoras para el control de plagas, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (CIP,





2000). Su uso es seguro para vertebrados, no habiéndose reportado casos de patogenicidad hacia vertebrados hasta el momento (Krieg et al., 1980; Entwistle, 1983; Cunningham, 1998; McWilliam, 2003; Strasser et al. 2007a,b; OECD. 2012). Además, su especificidad hacia el huésped suele ser alta, incluso restringida a una sola especie de insecto (Strasser et al. 2007a,b; Haase et al., 2015). En varios países de Centro y Sur de América se han logrado aislar diferentes cepas del granulovirus PhopGV (capaz de infectar *P. operculella*, *Tuta absoluta* y *T. solanivora*) y formularlo como producto comercial (Haase et al., 2015).

En este trabajo se presentan los resultados de las actividades de prospección y evaluación de enemigos naturales de *T. solanivora* desarrollados en los dos primeros años del proyecto RTA antes mencionado.

TRABAJOS REALIZADOS

Identificación de organismos entomófagos de las polillas de la papa

Entre 2017 y 2018, gracias al apoyo del personal de GMR S.A.U., se recogieron muestras de los insectos presentes en cultivos de patata en 47 fincas colaboradoras (22 en Tenerife, 14 en Gran Canaria, y 11 en La Palma), utilizando la técnica del manguero (Fig. 1).

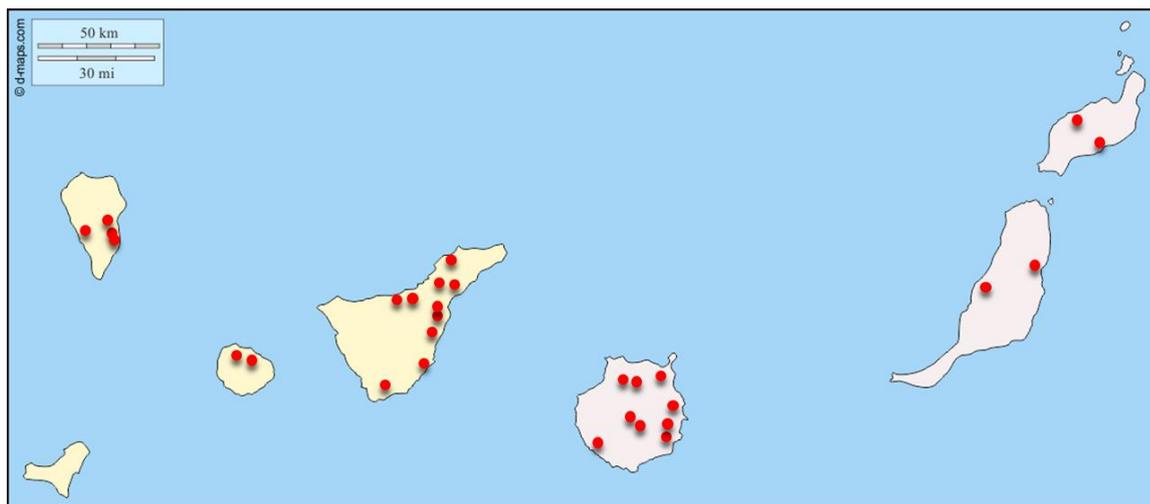


Figura 1. Puntos de muestreo en Canarias para la captura e identificación de enemigos naturales de la polilla guatemalteca de la papa mediante manga entomológica.

Los grupos identificados se muestran en la Tabla 1. La identificación de los individuos encontrados se encuentra en proceso, aunque se ha avanzado en los grupos de coleópteros, heterópteros e himenópteros, donde en algunos casos se ha llegado a nivel de especie (Tabla 2).





Tabla 1. Grupos y morfoespecies encontrados en los mangueos

<i>Orden/grupo</i>	<i>Nº muestras</i>	<i>Nº morfoespecies</i>
Coleoptera	11	11
Formicidae	4	2
Hemiptera	23	19
Areneae	14	19
Neuroptera	2	2
Himenoptera	26	23
Diptera	5	5
Sirphidae	4	4
Cicadellidae	16	9
Psílidos	11	2

Tabla 2. Insectos identificados de los mangueos, dentro de los órdenes Coleoptera, Hymenoptera y Heteroptera

	Año		
Coleoptera			
<i>Familia</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>	<i>Total</i>
Buprestidae	1	0	1
Chrysomelidae	1	0	1
Coccillenidae	2	6	8
Mordellidae	4	0	4
Staphylinidae	0	1	1
nd	1	8	9
Total Orden	9	15	24
Hymenoptera			
<i>Familia</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>	<i>Total</i>
Braconidae	17	13	30
Eulophidae	26	25	51
Ichneumonidae	2	7	9
Megaspilidae	0	1	1
Pteromalidae	4	5	9
nd	5	9	14
Total Orden	54	55	109
Heteroptera			





<i>Familia</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>	<i>Total</i>
Miridae	12	7	19
Antocoridae	9	3	12
Rhopalidae	0	2	2
nd	1	10	11
Total Orden	25	23	48

Detección de parásitos de huevos mediante la metodología de “huevos centinela” de *Ephestia kuehniella*

Este trabajo se realizó paralelamente en península y Canarias. Los huevos de *E. kuehniella* fueron proporcionados por la Universidad de Almería en el primer caso, y por la empresa BioAgroLógica S.L. en las islas. El procedimiento consistía en la colocación en campo de huevos frescos de *E. kuehniella*, al inicio de floración/tuberización del cultivo, distribuidos a 1,5-2 m en dos filas de 10 trampas (20 trampas por parcela, Fig. 2), colocados perpendicularmente, en lo posible, a los vientos dominantes, y preferentemente cerca de las trampas de feromonas para las polillas de la papa. Las trampas se dejaban en el campo 24-48 horas como máximo y se retiraban, enviando las cartulinas con huevos a laboratorio inmediatamente para su observación.



Figura 2. Trampa con huevos de *E. kuehniella* en cultivo de papa

Los porcentajes de infestación de huevos de *E. kuehniella* por *Trichogramma* spp. han sido bajos, pero se han encontrado varias poblaciones, cuya eficacia frente a polillas está en evaluación, en ensayos de laboratorio.

Además, el Cabildo de Tenerife y el ICIA están llevando a cabo un ensayo de campo/semicampo en papas expuestas a *T. solanivora*, con liberación de *C. koehleri* y *Trichogramma* spp. en forma separada y combinada, para ver el efecto de competencia-sinergia entre ambos enemigos naturales.





Prospecciones para ácaros de suelo

Este trabajo se realizó por el grupo de la Universidad de Almería, donde encontraron dos especies de ácaros del género *Blattisocius*. Estos dos ácaros se están evaluando, comparándolos con *Macrocheles robustus*, un ácaro utilizado como agente de control biológico que se encuentra disponible en forma comercial. Se han llevado a cabo ensayos de aceptación de huevos de *P. operculella*, efecto de la temperatura sobre su comportamiento, respuesta funcional y ensayo en microcosmos. En base a los datos recogidos, los próximos ensayos ya se realizarán en condiciones simuladas de almacenamiento de papa.

Bioensayos para la detección de virus entomopatógenos para las polillas de la patata en suelos

Las prospecciones se venían realizando en la isla de Tenerife desde antes de iniciarse el proyecto, en el marco de un trabajo de colaboración con el Instituto de Agrobiotecnología (IdAB) de la Universidad Pública de Navarra, que participaba en el proyecto europeo Biocomes (New biological control products for sustainable farming and forestry). Al iniciarse el proyecto RTA se ampliaron a otras islas, recogiendo un total de 205 muestras de suelo en las islas de Gran Canaria, Tenerife, La Palma y Lanzarote entre 2015 y 2019 (Tabla 3).

Tabla 3. Muestras de suelo recogidas para detección de baculovirus (2015-2019) entomopatógenos para las polillas de la papa

Isla	2015-2016	2017-2018	2018-2019
Tenerife	91	10	0
Gran Canaria	0	16	34
Lanzarote	0	15	11
La Palma	0	16	12
TOTAL	91	57	57

Estos suelos se procesaron para obtener el extracto del suelo y se evaluaron frente a larvas de *T. solanivora* (ICIA) y *P. operculella* (IdAB). Para ello se siguió la metodología de bioensayo de detección de granulovirus en discos de patata desarrollado por el IdAB. En las muestras analizadas hasta el momento no se han encontrado larvas de polilla guatemalteca con síntomas claros de afección por virus, pero se han aislado algunas larvas “sospechosas” para su análisis molecular. Por otra parte, en los ensayos desarrollados por el IdAB sobre *P. operculella* se ha seleccionado una cepa interesante, que actualmente se está evaluando frente a otra cepa de referencia, para caracterizarla.

CONCLUSIONES

Los trabajos desarrollados hasta el momento han permitido encontrar e identificar varios agentes de control biológico promisorios, con potencial para ser incluidos en programas de gestión integrada de la polilla guatemalteca de la papa.





AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de Ana Garrido (Cabildo de Lanzarote), Eugenia Trujillo (Cabildo de Lanzarote), y Enrique Huertas (Cabildo de La Palma) en la recolección de muestras de suelo y tubérculos de papa, así como en la colocación de huevos centinela en campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CABRERA PÉREZ, R.; JIMÉNEZ RODRÍGUEZ, T.; GIMÉNEZ MARIÑO, C.; MARTINELLI QUIZPE, C.; ÁLVAREZ ESCOBAR, A.; GARCIA FARIÑAS, O. 2004. Control biológico de *Phthorimaea operculella* (Zeller) con *Copidosoma koehleri* en Tenerife (Canarias). Memorias del XI Congreso Ibérico de Entomología. 13 – 17 de septiembre de 2004. Funchal (Madeira), Portugal, p. 198.

CIP. 2000. Control biológico de la polilla de la patata con baculovirus: *Phthorimaea*. Boletín de capacitación CIP-2, Lima. 43 p.

CUARTAS OTÁLORA, P.E. 2006. Estudio del desarrollo de la infección y del efecto de la formulación de aislamientos de granulovirus sobre *Tecia solanivora* (Povolny) y *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera:Gelechiidae). Trabajo de Grado. Facultad Ciencias Básicas-Microbiología Agrícola y Veterinaria, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia. Diciembre 2006. 132 pp.

CUNNINGHAM, J.C. 1998. Insect Viruses and Pest Management. HUNTER-FUJITA, F.R., ENTWISTLE, P.F., EVANS, H.F., CROOK, N.E. (Eds.), John Wiley & Sons, Inc.: New York, USA, pp. 313–331.

ENTWISTLE, P.F. 1983. Viruses for insect pest control. *Span* 26:59–62.

EPPO. 2015a. *Tecia solanivora* (TECASO). En línea: <https://gd.eppo.int/taxon/TECASO/distribution/ES> (revisado 04/06/2019)

EPPO. 2015b. First report of *Tecia solanivora* in mainland Spain. EPPO Reporting Service nº 11-2015, article nº 2015/202. En línea: <https://gd.eppo.int/reporting/article-6048> (revisado 04/06/2019)

EPPO. 2017. *Tecia solanivora* found in Asturias (ES). EPPO Reporting Service nº 04-2017, article nº 2017/080. En línea: <https://gd.eppo.int/reporting/article-6048> (revisado 04/06/2019)

EPPO. 2018. Update on the situation of *Tecia solanivora* in Spain. EPPO Reporting Service nº 03-2018, article nº 2018/054. En línea: <https://gd.eppo.int/reporting/article-6248> (revisado 04/06/2019)

GUERRA, D. 2019. La polilla arrasa la mitad de los cultivos de papas de los agricultores. El Día - Tenerife, 21/07/2019. En línea: <https://www.eldia.es/tenerife/2019/07/21/polilla-arrasa-mitad-cultivos-papas/994331.html> (revisado el 21/07/2019).

HAASE, S.; SCIOCCO, A.; ROMANOWSKI, V. 2015. Baculovirus insecticides in Latin America: historical overview, current status and future perspectives. *Viruses* 7:2230-2267.

JIMÉNEZ RODRÍGUEZ, T. 2003. Control biológico de *Phthorimaea operculella* con *Copidosoma koehleri*. Trabajo de Fin de Carrera. Centro Superior de Ciencias Agrarias-Universidad de La Laguna.





KRIEG, A.; FRANZ, J.M.; GRONER, A.; HUBER, J.; MILTENBURGER, H.G. 1980. Safety of entomopathogenic viruses for control of insect pests. *Environmental Conservation* 7:158–160.

KROSCHER, J.; SCHAUB, B. 2015. Biology and ecology of potato tuber moths as major pests of potato. En: GIORDANENGO, PH.; VINCENT, CH.; ALYOKHIN, A. (eds.). *Insect pests of potato: Global perspectives on biology and management*. Academic Press, Amsterdam: 165-192.

MAMANI, P.; PEREIRA, R.; GONZÁLEZ, S.; BOTELLO, R.; GANDARILLAS, E. 1997. Evaluación de diferentes formas de control para la polilla de la patata *Phthorimaea operculella* (Zeller). Proyecto Internacional de la patata (PROINPA). *Journal en Agricultura y Desarrollo Sostenible* 1: 1-20.

MANDOUR, N.S.; MAHMOUD, M.F.; OSMAN, M.A.-N.; QIU, B. 2008. Efficiency, intrinsic competition and interspecific host discrimination of *Copidosoma desantisi* and *Trichogramma evanescens*, two parasitoids of *Phthorimaea operculella*. *Biocontrol Science and Technology* 18 (9): 903-912.
<https://doi.org/10.1080/09583150802401066>

MARTINELLI QUIZPE, C.; CABRERA PÉREZ, R.; GIMÉNEZ MARIÑO, C.; ÁLVAREZ ESCOBAR, A; PRENDES AYALA, C. 2004. *Pimpla spuria* Gravenhorst (Hymenoptera, Ichneumonidae), nuevo parasitoide de la polilla guatemalteca de la patata, *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) en Tenerife. Memorias del XI Congreso Ibérico de Entomología. 13 – 17 de septiembre de 2004. Funchal (Madeira), Portugal, p. 199.

MCWILLIAM, A. 2003. Environmental Impact of Baculoviruses. FAO. En línea: http://www.fao.org/docs/eims/upload/agrotech/2003/R7299_FTR_anx3.pdf (revisado el 13/06/2015).

MORAZA, M.L.; PEÑA, M.A., 2000. Ácaros Mesostigmata (Acari: Mesostigmata) en hábitats seleccionados de la isla de Tenerife (Islas Canarias). *Revista Ibérica de Aracnología* 11: 61-68.

OECD. 2012. Consensus Document on Information Used in the Assessment of Environmental Applications Involving Baculovirus. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) Environment, Health and Safety Publications, Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology. En línea: <http://www.oecd.org/science/biotrack/46815698.pdf> (revisado el 13/06/2015).

PERERA, S. 2010. Control de la polilla de la patata en almacén. Hoja divulgadora. Información Técnica del Cabildo de Tenerife. Febrero 2010. 4 p.

PERERA, S. 2014. Suelta de enemigos naturales para el control de la polilla guatemalteca. Nota de prensa Agrocabildo (27/11/2014). 1 p.

PERERA, S. 2015. Actuaciones en el ámbito del grupo de trabajo e investigación en el control de la polilla de la patata. Presentación en las Jornadas formativas e informativas del cultivo de la platanera, patata y piña tropical – Cultesa. 23-24 de abril de 2015. El Sauzal (Tenerife), España.

RICÓN MORENO, A. 2002. Cría en laboratorio de *Copidosoma* sp. para el control de la polilla de la patata. Trabajo Fin de Carrera. Centro Superior de Ciencias Agrarias-Universidad de La Laguna.





RICÓN, A.; GIMÉNEZ MARIÑO, C.; BETHENCOURT, C. D. L.; RÍOS, D.; CABRERA PÉREZ, R. 2002. Control de *Tecia solanivora* (Lep: Gelechiidae) con *Copidosoma koehleri* Blanch. (Himenoptera: Encirtidae) en Tenerife- Islas Canarias. Panel en el II Taller Internacional de polilla guatemalteca. Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Institut de Recherche pour le Développement-Centro Internacional de la patata. Junio 2002. Quito, Ecuador.

RÍOS, D. 2012. Las patatas Antiguas de Tenerife. Introducción al cultivo y principales variedades. Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife, Tenerife.

SAOUR, G. 2004. Efficacy assessment of some *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in controlling the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zell. (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Pest Science* 77(4): 229–234. <https://doi.org/10.1007/s10340-004-0058-1>

STRASSER, H.; STRAUCH, O.; EHLERS, R-U.; HAUSCHILD, R. 2007a. Deliverable 10: Proposals for improved regulatory procedures for microbial BCAs. Regulation of Biological Control Agents (REBECA) Report. En línea: http://www.rebeca-net.de/downloads/report/deliverable_10.pdf (revisado el 13/06/2015).

STRASSER, H.; STRAUCH, O.; EHLERS, R-U.; HAUSCHILD, R. 2007b. Deliverable 12: Positive list of “low risk” candidates. Regulation of Biological Control Agents (REBECA) Report. En línea: http://www.rebeca-net.de/downloads/report/deliverable_12.pdf (revisado el 13/06/2015).

TRUJILLO GARCÍA, E.; PERERA GONZÁLEZ, S. 2014a. Control de la polilla guatemalteca de la patata. Recolección, almacenamiento y gestión de la patata bichada. Hoja divulgadora. Información Técnica del Cabildo de Tenerife. Agosto 2014. 4 p.

TRUJILLO GARCÍA, E.; PERERA GONZÁLEZ, S. 2014b. Guía de lucha contra las plagas y enfermedades de la patata. Hoja divulgadora. Información Técnica del Cabildo de Tenerife. Agosto 2014. 24 p.





ENSAYO DE EXTRACTOS VEGETALES COMO ALTERNATIVA AL CONTROL QUÍMICO DE LAS POLILLAS DE LA PATATA

Giménez, C. *1; Rodríguez, S. *1; Martín, T. *2; Cabrera, R. *1

*1 Grupo de Investigación CIPEV. Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología vegetal. Unidad Fitopatología. Universidad de La Laguna. Tenerife. Islas Canarias

*2 Empresa Bioagrológica, S.L. Tenerife, Islas Canarias

RESUMEN

Las plagas que actualmente ocasionan mayores pérdidas económicas en el cultivo de patata (*S. tuberosum*) de España son las denominadas polilla común (*Phthorimaea operculella*) y polilla guatemalteca de la patata (*Tecia solanivora*). *P. operculella* se encuentra ampliamente distribuida a nivel mundial.

Actualmente los métodos recomendados para controlar las polillas de la papa consisten en medidas preventivas, y hasta el momento no existen productos químicos que hayan mostrado altas eficacias en el control de las polillas. Una alternativa importante es la utilización de extractos vegetales como atrayentes o repelentes de las polillas de la patata.

En este trabajo se ha llevado a cabo el estudio de la actividad de extractos naturales obtenidos de plantas de las Islas Canarias, así como de extractos comerciales. Los ensayos realizados se llevaron a cabo con la especie *T. solanivora*. De un total de 12 especies vegetales estudiadas, y 4 extractos comerciales ensayados, *Persea indica*, *Laurus novocanariensis*, y Bioknock mostraron los índices de repelencia a la oviposición más altos, con valores de 96,08%, 82,18% y 61,1 % respectivamente, mientras que los extractos de *Myrica faya*, *Azadirachta indica* y el producto comercial Olitec mostraron actividad atrayente.

PALABRAS CLAVE: *Tecia solanivora*, extractos naturales, oviposición, índice de repelencia, compuestos volátiles.

INTRODUCCIÓN

La polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny, 1973), es originaria de Centroamérica, siendo considerada en varios países de esta zona y en los países andinos (Venezuela, Colombia y Ecuador) como una de las principales plagas de este cultivo. Se ha considerado una amenaza potencial para los cultivos de papa ubicados en todos los países del área andina (Villanueva y Saldamando, 2013).

Puede ser considerada como plaga de campo y de almacén. Las larvas de *T. solanivora* se alimentan únicamente de los tubérculos, pasando desapercibidas hasta el momento de la cosecha.

En el año 1999 hace su entrada en las Islas Canarias *T. solanivora*, concretamente en el norte de la isla de Tenerife, (Trujillo y Perera, 2014), posiblemente proveniente de Venezuela. En la actualidad está presente también en los cultivos de patata de La Palma y Gran Canaria, y habiéndose detectado en patata importada a las islas de La Gomera y Lanzarote (BOC, 2002; EPPO, 2015). Y desde el año 2015 se encuentra presente en la España peninsular, localizándose inicialmente en Galicia, y habiéndose extendido en la actualidad a 33 municipios gallegos y 11 del occidente asturiano.





En Canarias, se estima que estas pérdidas rondan el 50% de la producción total en el norte de Tenerife, aunque en algunas zonas pueden alcanzar hasta el 100% en años puntuales, lo cual pone de manifiesto su importancia económica.

Actualmente los métodos recomendados para controlar las polillas de la papa consisten en medidas preventivas en campo y almacén. Hasta el momento no existen productos químicos que hayan mostrado altas eficacias en el control de las polillas (Trujillo y Perera, 2017). Como tratamiento cuarentenario, el uso de atmósfera controlada ha mostrado ser capaz de lograr el saneamiento de más del 90% de las patatas afectadas por polilla, tanto de *T. solanivora* como de *P. operculella* (Perera et al., 2011). Una alternativa importante es la utilización de extractos vegetales como atrayentes o repelentes de las polillas de la patata (Cabrera et al., 2002; Giménez et al., 2004). En esta línea, cabe destacar que en los últimos años el uso de extractos vegetales y microorganismos está siendo investigado con mayor intensidad, incentivado por las mayores restricciones europeas a los fitosanitarios químicos de síntesis.

Extractos vegetales para el control de plagas

El uso de pesticidas clásicos produce resultados efectivos a corto plazo, pero tiene diferentes inconvenientes, como el desarrollo de resistencia y los efectos ambientales adversos en el ambiente biótico y abiótico.

Entre otros enfoques para sustituir plaguicidas convencionales en los programas de Manejo Integrado de Plagas (feromonas, monitoreo y producción orgánica), se ha intentado desarrollar nuevos plaguicidas a partir de recursos naturales. (Castillo et al., 2009).

La mayoría de los esfuerzos se han concentrado en especies de familias que incluyen los pesticidas botánicos más utilizados tradicionalmente (Meliaceae, Piperaceae, Asteraceae y Fabaceae), o especies con altos contenidos de aceites esenciales como Apiaceae, Lamiaceae, Myrtaceae, Lauraceae y Myristicaceae (Castillo et al., 2009).

Obtener algún compuesto natural que actúe como un activo repelente de los adultos de las polillas podría ser un arma muy interesante para su inclusión en diferentes estrategias de control integrado de plagas.

Bioprospección de plantas presentes en las Islas Canarias

Dentro de esta línea, se está realizando desde hace varias décadas una labor de investigación básica centrada en el estudio de la riqueza fitoquímica de endemismos canarios y su utilidad en el control de plagas como método alternativo a los productos de síntesis.

Dicha flora se caracteriza por su gran biodiversidad (más de 700 especies endémicas), siendo algunas de sus comunidades vegetales únicas en el mundo, como la formación vegetal de la Laurisilva (Bramwell, 1976).

En esta línea se han aislado diversas estructuras activas (diterpenos, sesquiterpenos y alcaloides pirrolizidínicos) de interés para el sector agroquímico (insecticidas, repelentes y fungicidas), a partir de especies de las familias Lauraceae, Boraginaceae y Compositae, estudiándose también sus mecanismos de acción (González-Coloma et al., 1994, 1996; Giménez et al., 2004, 2006). Estos resultados ponen de manifiesto el valor añadido de la biodiversidad botánica de las islas dado el amplio abanico de aplicaciones potenciales de sus recursos botánicos (González-Coloma et al., 2001).





MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de extractos vegetales para llevar a cabo los ensayos de repelencia a la oviposición

El material vegetal recolectado (parte aérea) se deja secar a temperatura ambiente. Posteriormente se muele con el disolvente correspondiente (etanol) en proporción de 1:10 planta:disolvente, y se deja en maceración a temperatura ambiente y en oscuridad durante 48 horas. Se filtra y se lleva al rotavapor, y el extracto así obtenido se mantiene en el refrigerador en oscuridad hasta su posterior empleo.

Además de estas plantas, se seleccionaron extractos comerciales ensayados con anterioridad frente al lepidóptero *Chrysodeixis chalcites*, plaga polífaga que en la actualidad causa daños de gran relevancia en el cultivo de la platanera (tabla 2) (Çakmak et al., 2018).

Cría y mantenimiento de las poblaciones de *Tecia solanivora*

Se emplean vasos de color blanco con un volumen de 0,5l, en los que se colocan entre 50-100 pupas. Previamente se cubre la boca del vaso con una gasa estéril de algodón para evitar que se escapen los adultos durante la emergencia y que también facilite la aireación. Sobre la gasa se coloca un papel de filtro del diámetro de dicho vaso y todo el dispositivo se voltea. En dicho papel de filtro tiene lugar la oviposición de las hembras, que es recogida periódicamente cada 2-3 días. Los adultos se alimentan con una disolución de miel y agua (1:2) en la misma gasa que cubre el vaso. Estas gasas en cada recogida de la puesta de huevos son renovadas para evitar la proliferación de hongos o bacterias que pudieran contaminar los huevos.

Los huevos recogidos son incubados dentro de cajas de cría, con aireación. Son puestos sobre tubérculos previamente lavados y cubiertos con gasas estériles de algodón con el fin de servir de refugio de pupación una vez han terminado su desarrollo larvario dentro del tubérculo.

Siguiendo esta metodología podemos mantener en el laboratorio todas las fases de desarrollo del insecto, se manera separada y sincronizada, disponibles para ser empleadas en la realización de ensayos y para la continuación de la cría.

Realización de los ensayos de repelencia a la oviposición

Los tubérculos se sumergen en las soluciones a ensayar, dejándose luego evaporar el disolvente (agua o etanol). En una caja se colocan 10 tubérculos o mitades de forma alterna, combinando tubérculos tratados con el extracto a ensayar o tubérculos sin tratar (5 T +5 C). En cada caja se ensaya un solo tipo de extracto, repitiéndose el procedimiento para cada extracto.

La concentración del extracto a ensayar es de 1gr/L. Se sueltan en cada caja 10 machos y 10 hembras previamente sexados a la lupa. El ensayo se prolonga a lo largo de 5 días. Se contabiliza el número de huevos puesto en cada papa y se calcula el índice de repelencia.

Estudio e identificación de compuestos volátiles de la papa.

Estudios previos realizados en nuestro laboratorio pusieron de manifiesto la existencia de variedades autóctonas de papa de Tenerife, con diferentes rangos de susceptibilidad al ataque de la polilla. La





emisión de compuestos volátiles (CV) por parte del cultivo juega un papel crucial en la atracción que la planta pueda ejercer sobre la plaga en estudio (Karlsson et al, 2009).

Las variedades estudiadas se sembraron en maceta, y una vez crecida la planta se procede a la extracción de compuestos volátiles de las variedades de papa autóctonas, empleando columnas de adsorción ORBO-32 con un flujo continuo de aire (0,8 L/min), durante 72 horas. Pasado este tiempo las columnas son eluidas empleando como disolvente acetato de etilo. El extracto así obtenido se mantiene en el congelador hasta su posterior estudio mediante cromatografía GC/MS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se observa en la tabla 4, cinco de las especies vegetales ensayadas mostraron efecto repelente a la oviposición, destacando *P. indica* y *L. novocanariensis*, donde los índices de repelencia fueron de 96,08%, y 82,18%, respectivamente. *M.azedarach* presentó un valor de 100%, pero que la puesta fue muy pequeña, por lo que no se puede considerar como dato representativo. En contraposición, cuatro del total de especies ensayadas se mostraron como atrayentes para la oviposición de la polilla, destacando *A. indica* y *M.faya*, donde el total de huevos se localizó en las papas tratadas con ambos extractos.

En los ensayos llevados a cabo con los extractos comerciales, destacar el extracto Bioknock, con un índice de repelencia de 61,1%, y en el lado contrario el extracto Olitec, por su actividad atrayente, alcanzado un valor de índice de repelencia de -168,18%.

No disponemos de datos concluyentes en relación al estudio de volátiles, las muestras obtenidas serán analizadas para determinar la composición de las diferentes variedades.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, aquellas especies vegetales que resultaron activas, bien por su actividad repelente como por su actividad atrayente, representan una potencial herramienta para el control de la plaga, y se muestran por tanto como candidatas a ser incluidas en programas de manejo integrado de la misma.

En cuanto al estudio de los volátiles emitidos por las variedades autóctonas de papas, si bien hasta el momento no se cuenta con resultados concluyentes, el análisis cromatográfico de las muestras obtenidas podrá arrojar datos de gran relevancia en cuanto a las diferencias que puedan existir entre dichas variedades, ya no solo en relación al tipo de volátil, sino en relación también a la cantidad, lo cual podría explicar por qué ciertas variedades son más o menos susceptibles a la plaga, y por qué algunas de ellas a pesar de ser atacadas presentan índices de mortalidad del insecto altas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOC. 2002. ORDEN de 25 de septiembre de 2002, por la que se declara la existencia de la plaga denominada *Tecia solanivora* Polovny, Polilla Guatemalteca de la patata y se adoptan medidas temporales y urgentes en el movimiento y almacenamiento de la patata de semilla para el control de *Tecia solanivora* Polovny, Polilla Guatemalteca de la patata, en las islas de Tenerife, Gran Canaria y La Palma. Boletín Oficial de Canarias nº131, del viernes 4 de Octubre de 2002, pp. 16474-16475





BRAMWELL D. 1976. The endemic flora of the Canary Islands. Distribution, relationships and phytogeography. Pp. 207-240 en: Biogeography and Ecology of the Canary Islands. G.Kunkel Publ., The Hague.

CABRERA PÉREZ, R.; GIMÉNEZ MARIÑO, C.; PRENDES AYALA, C.; RINCÓN, A.; RÍOS, D.; REINA, M. 2002. Evaluación de la actividad de extractos de plantas de las Islas Canarias sobre *Tecia solanivora* (Povolny) (lep.: Gelechiidae). Memorias del II Taller Internacional de polilla guatemalteca. Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Institut de Recherche pour le Développement Centro Internacional de la patata. Junio 2002. Quito, Ecuador. pp. 131-141.

CASTILLO L, GONZÁLEZ-COLOMA A, GONZÁLEZ A, DÍAZ M, SANTOS E, ALONSO-PAZ E. 2009. Screening of Uruguayan plants for deterrent activity against insects. *Industrial Crops and Products* 29:235-240.

EPPO. 2015. PQR - EPPO database on quarantine pests. En línea: <http://www.eppo.int>.

GIMÉNEZ MARIÑO, C., CABRERA PÉREZ, R., ÁLVAREZ ESCOBAR, A., PRENDES AYALA, C., LORENZO BETHENCOURT, C.D. 2004. Evaluación de la actividad de extractos vegetales sobre *Tecia solanivora* Povolny. Memorias del XI Congreso Ibérico de Entomología. 13 – 17 de septiembre de 2004. Funchal (Madeira), Portugal, p. 204.

GIMÉNEZ, C., CABRERA, R., JIMÉNEZ, T., LOPES, D.J.H., NUNES, L.V., GARCÍA, O. 2006. Plantas bioactivas de Madeira, Tenerife y Terceira. En: A fruticultura na Macaronésia. O Contributo do projecto Interfruta para o seu desenvolvimento. Editores: D. Lopes, A. Pereira, A. Mexia, J. Mumford e R. Cabrera. Pp: 97-111.

GONZÁLEZ-COLOMA. A., ESCOUBAS, P., REINA, M., MIZUTANI, J. 1994. Antifeedant and insecticidal activity of endemic canarian Lauraceae. *Appl. Zool. Entomol.* **29**: 292-296.

GONZÁLEZ-COLOMA, A., TERRERO, D., PERALES, A., ESCOUBAS, P., FRAGA, B.M. 1996. Insect antifeedant Ryanodane diterpenes from *Persea indica*. *J. Agric. Food Chem.* **44**: 296-300.

KARLSSON, M.F., BIRGERSSON, G., PRADO, A.M., BOSA, F.; BENGTSSON, M. & WITZGALL, P. 2009. Plant Odor Analysis of Potato: Response of Guatemalan Moth to Above- and Belowground Potato Volatiles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 5903–5909

PERERA GONZÁLEZ, S., TRUJILLO GARCÍA, E., LOBO RODRIGO, G., RÍOS MESA, D., BENTABOL MANZANARES, A. 2011. Evaluación de la aplicación de atmósfera controlada para el saneamiento de tubérculos de patatas afectadas por polilla guatemalteca de la patata. Hoja divulgadora. Información Técnica del Cabildo de Tenerife. Febrero 2011. 14 p.

TRUJILLO GARCÍA, E., PERERA GONZÁLEZ, S. 2017. Polilla guatemalteca de la papa (*Tecia solanivora*). Identificación y control. Hoja divulgadora. Información Técnica del Cabildo de Tenerife. Enero 2017. 8 p





AGRADECIMIENTOS

Estos estudios han sido realizados dentro del proyecto INIA "Desarrollo de nuevos métodos para el manejo integrado para las polillas de la patata *Phthorimaea operculella* y *Tecia solanivora*", con referencia RTA2015-00074-C02-01.

IMÁGENES

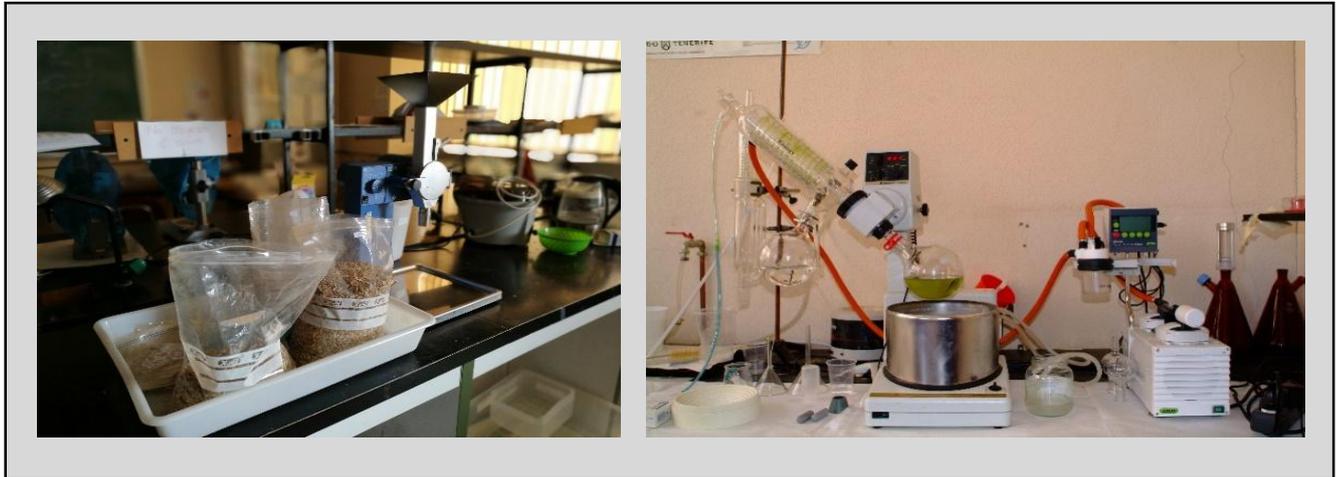


Imagen 1: Preparación y concentración de los extractos obtenidos mediante rotavapor



Imagen 2: Recipiente para la oviposición y tubérculos para la realización del ciclo de la polilla



Imagen 3: inmersión de los tubérculos para los ensayos de oviposición



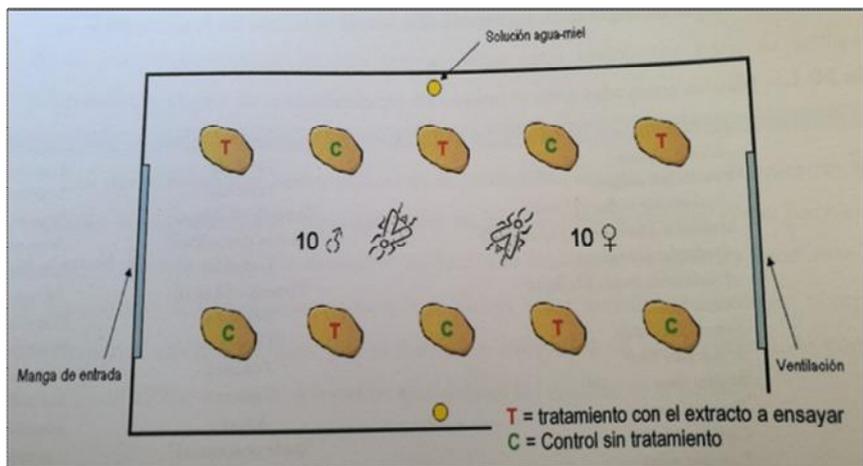


Imagen 4: esquema del desarrollo del ensayo de oviposición

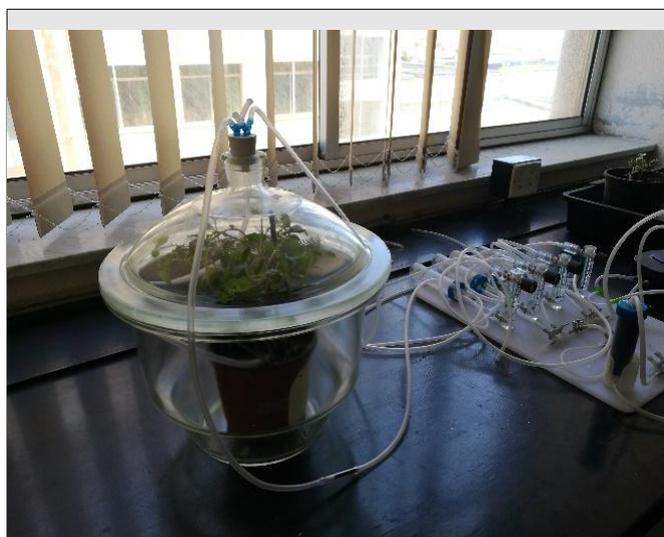


Imagen 5: Sistema empleado para la extracción de volátiles

TABLAS

Tabla 1: Especies vegetales seleccionadas para la elaboración de los extractos

Familia	Especie
Aquifoliaceae	<i>Ilex perado</i> Ait. <i>ssp. platyphylla</i> Webb & Berth.
Asteraceae	<i>Artemisia thuscula</i> Cav.
Asteraceae	<i>Schizogyne sericea</i> (L.f) DC
Caprifoliaceae	<i>Viburnum tinus</i> L. <i>ssp. subcordatum</i> (Trel.) P. Silva
Lauraceae	<i>Laurus novocanariensis</i> Rivas Mart., Lousã, Fern. Prieto, E. Días, J.C. Costa & C. Aguiar
Lauraceae	<i>Ocotea foetens</i> (Ait.) Benth.
Lauraceae	<i>Persea indica</i> (L.) Spreng.
Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.
Meliaceae	<i>Melia azederach</i> L.
Myricaceae	<i>Myrica faya</i> Aiton
Rosaceae	<i>Prunus lusitanica</i> L. <i>ssp. hixa</i> (Willd.) Franco
Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i> Graham





Tabla 2: Extractos comerciales seleccionados para llevar a cabo ensayos

Especie vegetal	Conteo total		% de inhibición de la oviposición	Efecto
	T	C		
<i>Nicotiana glauca</i>	28	40	30,00	Repelente
<i>Persea indica</i>	23	588	96,08	Repelente
<i>Laurus novocanariensis</i>	70	393	82,18	Repelente
<i>Ilex perado</i>	37	49	24,48	Repelente
<i>Melia azedarach</i>	0	11	100,00	Repelente
<i>Artemisia thuscula</i>	33	14	-135,71	Atrayente
<i>Ocotea fotens</i>	87	77	-12,98	Atrayente
<i>Azadirachta indica</i>	21	0	0,00	Atrayente
<i>Myrica faya</i>	31	0	0,00	Atrayente
<i>Prunus lusitanica</i>	1	2	No significativo	Nulo
<i>Viburnum tinus</i>	1	2	No significativo	Nulo

Tabla 3: Resultados de los ensayos llevados a cabo con diversas variedades autóctonas. (*) variedades elegidas por presentar grandes daños; (°) variedades elegidas por presentar una incidencia muy baja de la plaga, y alta mortalidad.

		% de mortalidad de larvas (tubérculos infestados con neonatas y evolucionados hasta pupas)			
		<25%	25%-60%	60%-75%	>75%
Nombre comercial	Composición				
Avenger	Mezcla de extractos de aceites vegetales (piperáceas y rutáceas)				
Cluster	Aminoácidos				
Olitec	Aceite esencial de cítricos + otros extractos vegetales				
Bioknock	Mezcla de extractos de aceites vegetales (rutáceas y lauráceas)				
Nº medio de huevos depositados en cada tubérculo	>10	Bonita llagada(*)	Azucena blanca	Rosada	Cara
	5-10	Bonita blanca(*) Terrenta(*) Peluca roja(*) Bonita colorada(*)	Negra yema huevo Bonita negra King Edward	Mora Verity	Colorada de vaga
	<5	Venezolana negra Azucena negra	Borralla		Out of date Bonita ojo perdiz(°) Negra oro(°) Peluca negra(°) Peluca blanca(°)

Tabla 4: Resultados obtenidos con extractos vegetales de las plantas recolectadas





Tabla 5: Resultados obtenidos con extractos comerciales

Extractos comerciales	Olitec		Cluster		Bioknock	
	T	C	T	C	T	C
nº de huevos	59	22	2	4	7	18
% de inhibición de la oviposición	-168,18		No significativo		61,11	





ESTRATEGIA DE CONTROL INTEGRADO DE LA POLILLA DE LA PAPA CON ENEMIGOS NATURALES AUTÓCTONOS

Tomás Martín Toledo. Ingeniero Agrónomo de BioAgroLógica SL.

Tamara Jiménez Rodríguez. Ingeniera Agrónoma de BioAgroLógica SL.

1. PRESENTACIÓN.

BioAgroLógica SL está formada por 2 ingenieros agrónomos especialistas en estrategias de control integrado y en control biológico de plagas. Ambos socios se formaron como investigadores en control biológico de plagas en diferentes proyectos de la Universidad de La Laguna.

La empresa se constituye con el firme propósito de solucionar los problemas que ocasionan las plagas que afectan a los vegetales de las islas Canarias con sus respectivos enemigos naturales criados en Canarias, es decir, criar enemigos naturales autóctonos.

2. ANTECEDENTES.

El control biológico en Canarias ha contado siempre con una serie de dificultades que han hecho que los productores agrícolas no hayan apostado decididamente por éste método de control de plagas.

En primer lugar, Canarias pertenece a una región climática diferente a la plataforma continental europea, por lo que evidentemente ambas zonas tendrán problemas diferentes. Así pues, en Canarias (zona cálida) habrá insectos que no hay en el Continente (zona templada) y viceversa. Lo mismo ocurre con gran cantidad de enemigos naturales.

En segundo lugar, teniendo en cuenta lo anterior y que la gran mayoría de empresas productoras de enemigos naturales se concentran a más de 1.500 km. de distancia de Tenerife, solamente podrán importarse aquellos enemigos naturales que se producen para combatir las plagas en la plataforma continental. De esta forma, si hay una plaga que afecta a un vegetal en Canarias, que también está presente en la plataforma continental y esas multinacionales producen sus respectivos enemigos naturales, se podrá realizar control biológico de la misma, pero si hay una plaga que afecta a un vegetal en Canarias y no está presente en la plataforma continental, su control biológico es imposible.

En tercer lugar y teniendo en cuenta todo lo anterior, hasta la aparición de BioAgroLógica, todos los enemigos naturales empleados en el control biológico de plagas en Canarias, eran producidos fuera de las islas y traídos desde el sur de España e incluso desde Francia. BioAgroLógica es la primera empresa que produce, con fines comerciales, enemigos naturales en el Archipiélago Canario.

3. TRABAJOS PREVIOS.

Prácticamente desde la detección de la polilla guatemalteca en Tenerife, allá por el año 1999, se desarrolló una estrategia de control integrado de la polilla guatemalteca, *Tecia solanivora*, en la zona de La Juncia, en el Término Municipal de Los Silos, un enclave aislado idóneo para este tipo de trabajos.





Dicha estrategia contó con la financiación tanto del Gobierno de Canarias como del Cabildo de Tenerife y fue desarrollada por la Universidad de La Laguna entre los años 2001 al 2006.

En dicha experiencia, participaron 5 agricultores con una superficie total de cultivo de papa de unos 20.000 m² y con una implicación absoluta en el proyecto.

Los resultados de dicha experiencia fueron bastante satisfactorios, como puede observarse en la siguiente tabla:

Año 2001	Año 2002	Año 2003	Año 2004	Año 2005	Año 2006
50%	20%	< 4%	< 4%	< 4%	< 4%

(Valores en porcentajes de destrío).

4. TRABAJOS ACTUALES.

A partir del año 2015, el Cabildo de Tenerife decide financiar la aplicación de una estrategia de control integrado de la polilla guatemalteca en la Comarca de Icod de Los Trigos (Los Realejos-San Juan de La Rambla). Entre los años 2015 y 2017, fue desarrollada por la Universidad de La Laguna contando con la colaboración del ICIA. A partir de 2017, BioAgroLógica ha realizado la asistencia técnica en gestión integrada de plagas (G.I.P.) y la suelta de enemigos naturales autóctonos, contando con la colaboración de la ULL y del ICIA.

La estrategia de control aplicada integra todas aquellas herramientas con una efectividad demostrada sobre las polillas de la papa, que son:

- Labores culturales recomendadas.
- Empleo de trampas de feromona.
- Empleo de insecticidas biológicos.
- Suelta de enemigos naturales autóctonos.

Es importante aplicar conjuntamente todas las herramientas de la estrategia. De esta forma y aplicada con continuidad, se reducen las poblaciones de la polilla, lo que se traduce en un menor daño de la plaga.

Las **labores culturales recomendadas** son: adelantar la siembra y la cosecha, sembrar papa libre de la plaga, sembrar más profundo, realizar aporcados altos, mantener la tierra húmeda, limpiar los bordes del cultivo, practicar la rotación de cultivos, recoger todas las papas del terreno, eliminar las papas de risa y hacer una gestión correcta de la papa bichada.

La principal diferencia entre esta estrategia y la de La Juncia es que siempre ha contado con la desventaja que no se recogen todas las papas del terreno, no se eliminan todas las papas de risa y no se hace una gestión correcta de la papa bichada, con lo que aumenta enormemente la población del insecto en la comarca, por parte de algunos agricultores no participantes en el programa, no implicados ni con la estrategia ni con el bien común de la comarca.





Es importante el empleo de **trampas de feromona**, teniendo en cuenta que solamente atraen a los machos y que se recomiendan colocar durante todo el año, haya o no haya papas sembradas, pues normalmente sí habrá capturas todo el año. Para que las trampas funcionen adecuadamente, es imprescindible realizarles un buen mantenimiento, nunca deben quedarse vacías, hay que emplear agua jabonosa y debe renovarse la feromona conforme a las recomendaciones del fabricante.

Se recomienda la aplicación de **productos biológicos** que respeten a los enemigos naturales liberados. Por un lado, se recomienda el *Bacillus thuringiensis* para el control de defoliadores como la rosca (*Agrotis segetum*), tuta (*Tuta absoluta*) y palomilla (*Phthorimaea operculella*), y por otro lado, el aceite de nim con acción insecticida y repelente para la polilla (*Tecia solanivora*), defoliadores y otras plagas de la papa.

Una parte fundamental de la estrategia de control es la **suelta de enemigos naturales autóctonos**. La empresa BioAgroLógica es la única empresa en el mundo que produce al himenóptero *Copidosoma koehleri* con fines comerciales. Durante estos 5 años se han liberado más de 3 millones de adultos de esta especie.

5. RESULTADOS DE LA ESTRATEGIA.

Tabla de resultados.

AÑO	AGR	PAR	SUP	KGT	KGS	KGD	%D
2015	06	009	017.300	026.049	023.160	002.777	10,60
2016	53	110	233.600	224.688	167.599	057.089	25,00
2017	29	070	094.500	118.185	087.070	030.153	25,51
2018	23	047	091.650	116.948	097.967	018.981	16,23
2019	21	032	050.400	---	---	---	---

AGR= número de agricultores KGT= kilogramos totales.

SUP= superficie en m². KGS= kilogramos sanos.

%D= porcentaje de destrío. KGD= kilogramos destrío.

Durante estos 5 años, se han logrado mantener 487.450 m² libres de insecticidas químicos.





PLAN DE CONTROL Y ERRADICACIÓN DE *Tecia solanivora* EN GALICIA

Víctor Novo Vázquez. Jefe de servicio de Sanidad y Producción Vegetal de la Consellería del Medio Rural de la Xunta de Galicia.

RESUMEN

La ponencia resume las medidas de control y erradicación llevadas a cabo en la Comunidad Autónoma de Galicia desde el descubrimiento de la polilla a finales del año 2015 hasta la actualidad.

Se hace una breve introducción sobre el contexto productivo del cultivo de patata, la detección del organismo nocivo y su repercusión en el ámbito geográfico de Galicia. Se analizan las diferentes disposiciones administrativas promulgadas en el ámbito autonómico y la normativa básica nacional.

Se definen las medidas de control introducidas tras la demarcación de zonas afectadas y los programas de prospecciones definidos en los correspondientes Planes de Acción 2016-2019 así como los resultados obtenidos a nivel de capturas, recogida y eliminación de material infectado. Se presentan los datos provisionales de trampeo y capturas del año 2019.

Se realiza un breve resumen de dos ensayos agronómicos llevados a cabo en 2017 y 2018 para la caracterización de la dinámica de vuelo y su relación con las condiciones ambientales, la resistencia a la plaga de las variedades de patata más producidas en Galicia, así como el efecto de tratamientos insecticidas previos al almacenamiento de los tubérculos en las poblaciones de polilla.

Se realiza un balance económico de las medidas de erradicación y un estudio de las medidas concretas de divulgación y comunicación así como una descripción de las diversas campañas de información a operadores comerciales y al público en general.

Se termina la ponencia ofreciendo el informe de resultados de la auditoría realizada por la Dirección General de Salud y Seguridad Alimentaria de la Comisión Europea en setiembre de 2018 para evaluar la situación y los controles realizados para la erradicación de este organismo.



