

ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A INSECTICIDAS DE LA POLILLA GUATEMALTECA *Tecia solanivora* EN EL CULTIVO DE PAPA *Solanum tuberosum*

ANALYSIS OF THE INSECTICIDE RESISTANCE
OF THE GUATEMALA MOTH *Tecia solanivora* IN
THE POTATO *Solanum tuberosum*

Recibido: 11/10/2022 - Aceptado: 14/06/2023

Yadira Ximena Morillo Castro

Magíster de Agronomía en la Pontificia
Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Quito - Ecuador

shadiramc@hotmail.com

Déniz Rubén del Toro

Docente de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Quito - Ecuador

Doctor en Ciencias Químicas
Universidad Estatal de la Rusa

rudeltoro@pucesi.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-1271-5583>

Cómo citar este artículo:

Morillo, Y., & Del Toro, R. (Julio - Diciembre de 2023). Análisis de la resistencia a insecticidas de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* en el cultivo de papa *Solanum tuberosum*. *Sathiri* (18)2, 106-125. <https://doi.org/10.32645/13906925.1217>



Resumen

La polilla guatemalteca es considerada una plaga que afecta principalmente al tubérculo de la papa a nivel de cosecha y postcosecha, ocasiona pérdidas a gran escala de la producción y afecta económicamente al bolsillo de los agricultores, por su alto costo en el control químico. El presente artículo es una revisión bibliográfica sobre la resistencia a insecticidas que presenta la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* y otros productos químicos utilizados en el cultivo de papa *Solanum tuberosum*, uno de los principales cultivos a nivel de Latinoamérica. Específicamente se analizaron investigaciones regionales, conceptos y métodos de control que se han empleado: se tomaron polillas de localidades de Colombia país con alta presencia poblacional de la plaga y se evaluó insecticidas que se usan para el control de la plaga a diferentes concentraciones. La investigación se basó en una metodología descriptiva sobre investigaciones propuestas respecto al tema de interés, donde se ha encontrado resistencia confirmada, en cada una de las poblaciones consideradas que han presentado susceptibilidad o resistencia en base a los resultados obtenidos. Se valoró la resistencia de *Tecia solanivora* ante los insecticidas: carbofurán, clorpirifos y permetrina, productos altamente tóxicos, de mayor uso dentro de la producción de papa y con los cuales no se ha obtenido excelentes resultados en el control de la plaga, debido al uso excesivo e indiscriminado de los mismos. Los bioensayos se realizaron en todos los casos bajo condiciones de laboratorio, con productos que fueron usados en la región donde la plaga se encuentra presente a mayor escala, los productos químicos evaluados fueron utilizados en diferentes concentraciones, teniendo en cuenta la concentración letal media (CL50) medida con la cual el 50% de los organismos mueren en un período de exposición al producto. De igual manera se presenta otras formas de control para esta plaga y los productos químicos que se encuentran autorizados por la institución sanitaria encargada principalmente en nuestro país.

Palabras clave: plaga, resistencia, *Tecia solanivora*, insecticidas

Abstract

The Guatemalan moth is considered a pest that affects potato tuber at harvest and post-harvest level, it brings forward large-scale losses in production and affects farmers economically, due to its high cost in chemical control. This article is a bibliographical review on the resistance that the Guatemalan moth has to insecticides such as *Tecia solanivora* and other chemicals used in the cultivation of potato *Solanum tuberosum*, which is one of the main crops in Latin America. Specifically, some regional research, concepts and control methods that have been used were analyzed; moths were taken from locations in Colombia, a country with a high population presence of the pest, and insecticides that are used to control the pest at different concentrations were evaluated. This research was based on a descriptive methodology on other proposed research related to our topic of interest, where confirmed resistance was found in each of the considered populations that have shown susceptibility or resistance based on the results obtained. The resistance of *Tecia solanivora* to insecticides was evaluated: carbofuran, chlorpyrifos and permethrin, which are highly toxic products, more widely used in potato production with which no positive results have been obtained in pest control, due to its excessive and indiscriminate use. The bioassays were carried out in all cases under laboratory conditions, with products that were used in the region where the pest is found on a larger scale; the chemical products that were evaluated were also used in different concentrations, considering the average lethal measured concentration (LC50), with which 50% of the organisms die in an exposure period to the product. Similarly, other forms of control for this pest are introduced, as well as the chemical products that are authorized by the health institution in charge, mainly in our country.

Keywords: plague, resistance, *Tecia solanivora*, insecticides

Cómo citar este artículo:

Morillo, Y., & Del Toro, R. (Julio - Diciembre de 2023). Análisis de la resistencia a insecticidas de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* en el cultivo de papa *Solanum tuberosum*. *Sathiri* 18(2), 106-125. <https://doi.org/10.32645/13906925.1217>

Introducción

El presente trabajo expone el conocimiento científico existente sobre la resistencia a los insecticidas que presenta *Tecia solanivora* conocida como la polilla guatemalteca en el cultivo de papa *Solanum tuberosum* en las diferentes regiones, mediante la descripción y análisis de los resultados obtenidos.

Para ello, se evidencia documentalmente la resistencia a los insecticidas, se identifica los aspectos relevantes y se analiza la información existente sobre el tema.

A nivel mundial dentro de los cultivos alimenticios después del arroz, maíz y el trigo, la papa *Solanum tuberosum* ocupa el cuarto lugar de importancia y consumo. En el año 2020, en el mundo, se han destinado al cultivo de papa 16,5 millones de hectáreas (ha) de suelo (FAOSTAT, 2022). En el Ecuador la producción nacional de papa, en 2021, fue de 244.749 toneladas y 20.950 ha cultivadas (SIPA-MAG, 2022).

El cultivo de papa presenta problemas fitosanitarios que afectan la producción y al tubérculo, los de mayor importancia son insectos coleópteros y lepidópteros como: gusano blanco *Premnotrypes vorax*, el tiroteador de la papa *Naupactus spp.*, la palomilla de la papa *Phthorimaea operculella* y la polilla guatemalteca *Tecia solanivora*, siendo esta última la que mayor importancia tiene, por su afectación al tubérculo (Cotes et al., 2012; Villanueva y Saldamando, 2013).

El cultivo de la papa tiene gran importancia; sin embargo, sufre grandes pérdidas ocasionadas por *Tecia solanivora* la plaga más importante, que ocasiona pérdidas hasta más del 50% en el campo y hasta el 100 % en almacenamiento (Gavara y Piedra, 2021).

El uso intensivo de insecticidas provoca que algunos individuos sean tolerantes, sobrevivan y continúen con su proceso biológico exitosamente (Germano, 2012).

Las plagas han evolucionado con el transcurso del tiempo al encontrar una nueva manera de resistencia cuando se ven en peligro, la misma que se basa en el uso de agroquímicos. Esta situación provocó que se modifiquen genéticamente los cultivos (Borba, 2008).

Materiales y métodos

La presente investigación documental con un enfoque cualitativo, informativo y analítico permitió recopilar, analizar y discutir la resistencia a insecticidas que presenta *T. solanivora* en el cultivo de papa (Urbina, 2020), se utilizó la metodología de la revisión sistemática.

La búsqueda de artículos se llevó a cabo a través de la consulta en las siguientes bases de datos: Scopus, Medline, Redalyc REDALYC, PubMed, Ideas, Scielo y Google Académico.

Los términos utilizados para la revisión bibliográfica fueron: “*Tecia solanivora*”, “insecticidas”, “resistencia” y “*Solanum tuberosum*”; la búsqueda se realizó desde 1996 hasta el 2023, la revisión se focalizó en los últimos 10 años, aunque se citan estudios anteriores por su impacto en la actualidad.

Los artículos incluidos se enfocan principalmente en la resistencia a insecticidas independientemente de la estrategia o tipo de análisis que se realice. En la Figura 1 se detalla el proceso realizado.

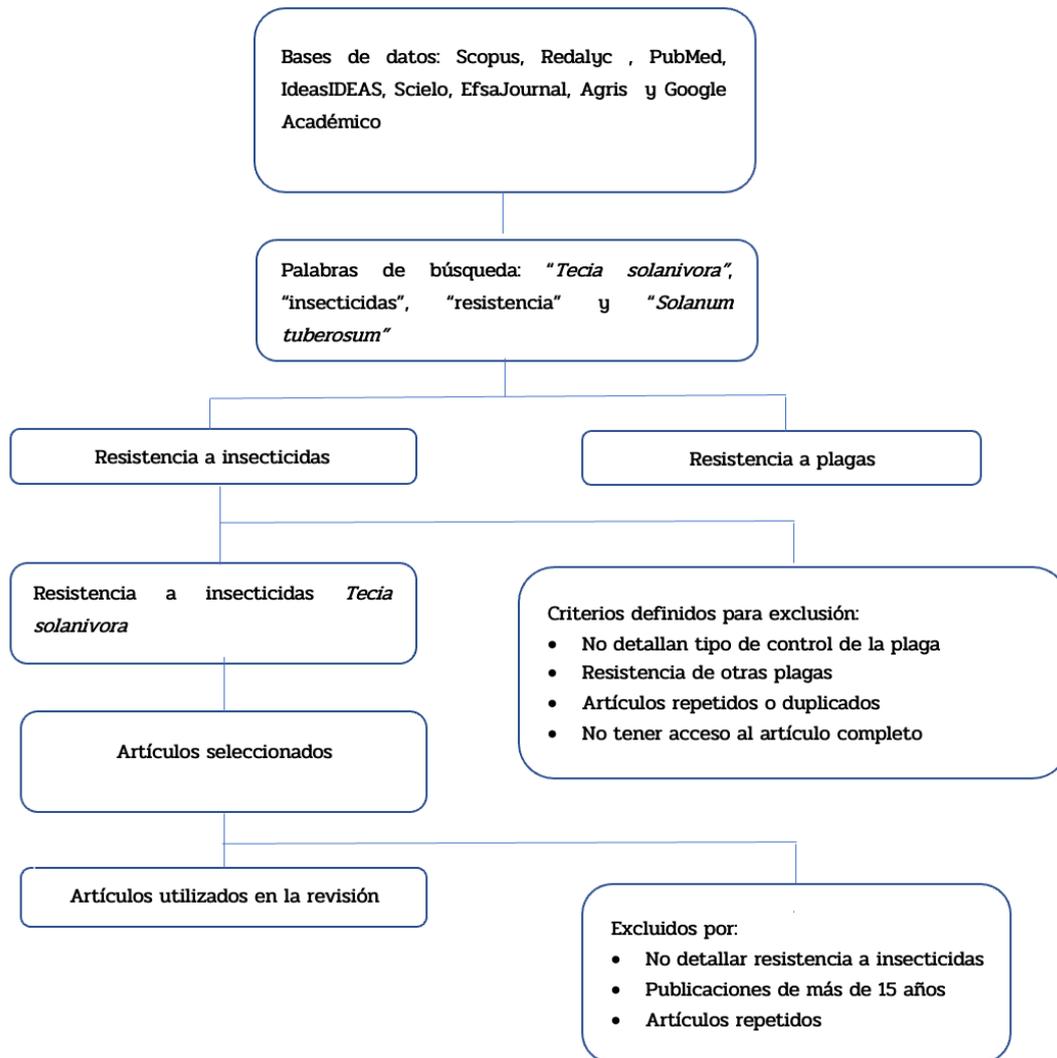


Figura 1. Proceso de selección de artículos para esta revisión

Las unidades de análisis utilizadas fueron artículos, tesis y libros disponibles referentes al tema de investigación, en el caso de la resistencia a insecticidas se priorizó los artículos actuales.

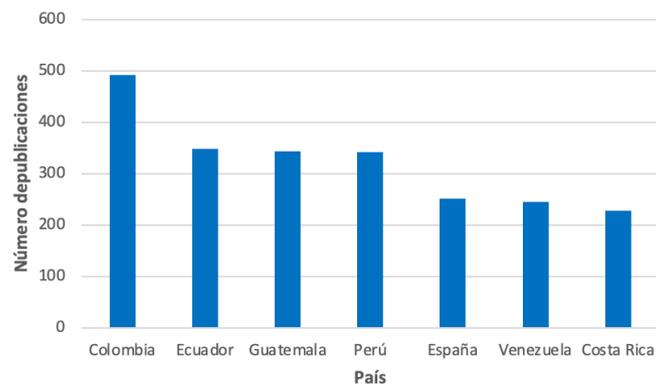


Figura 2. Países con más publicaciones según la base de datos SCOPUS, (consulta título: Resistencia a insecticidas *Tecia solanivora*)

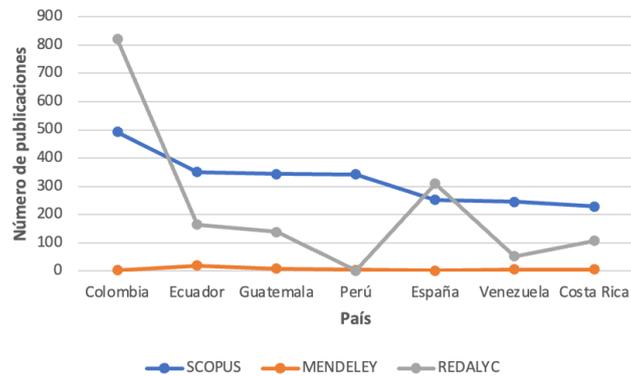


Figura 3. Número de publicaciones según la base de datos SCOPUS, MENDELEY y REDALYC, (consulta título: Resistencia a insecticidas *Tecia solanivora*)

En los documentos revisados sobre resistencia a insecticidas los autores realizaron bioensayos a nivel de laboratorio utilizando adultos de *T. solanivora* recolectados en las diferentes poblaciones de los países en mención, de lo investigado el mayor número de artículos publicados se refirieron al control de la plaga y manejo del cultivo de papa.

Existió un número limitado de publicaciones al respecto de resistencia, que a diferencia de otros países de la región fue escasa o casi nula. Se usó la revisión bibliográfica para explicar, apoyar y ampliar la teoría generada en las diferentes investigaciones (Urbina, 2020).

Revisión teórica

En América Central la polilla guatemalteca fue descrita por primera vez en 1973 como *Scrobipalopsis solanivora* Povolny, debido al comercio de semilla contaminada que existe entre los diferentes países en 1983 se dispersó hacia Sudamérica desde Costa Rica, en 1985 ingresó a Colombia (Barragán et al., 2004). En el año 1996 se confirmó la presencia de la polilla guatemalteca en Ecuador detectándose afectaciones en 9 localidades de la provincia del Carchi, año en el cual iniciaron los monitoreos de la plaga, donde se detectaron tres focos de infestación a nivel de los cantones Tulcán (1 foco) y Montúfar (dos focos) (Gallegos y Suquillo, 1996). La polilla guatemalteca incluso cruzó el océano Atlántico hasta las islas Canarias, donde también se encuentra establecida desde 1999 y a partir del 2015 en Galicia, Ver Figura 4 (Lucero, 2017; Gavara et al., 2022).

La polilla guatemalteca es considerada en Venezuela, Colombia y Ecuador una de las principales plagas de la papa (Carpio et al., 2013).

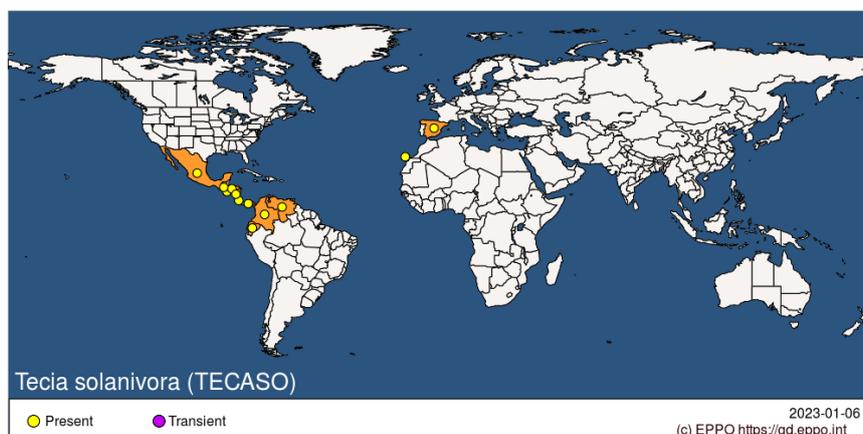


Figura 4. Distribución de *T. solanivora*. EPPO, 2023

Cómo citar este artículo:

Morillo, Y., & Del Toro, R. (Julio - Diciembre de 2023). Análisis de la resistencia a insecticidas de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* en el cultivo de papa *Solanum tuberosum*. *Sathiri* 18(2), 106-125. <https://doi.org/10.32645/13906925.1217>

T. solanivora presenta un ciclo de vida completo, Ver Figura 5, que está constituido por cuatro estados de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto; ciclo biológico que puede variar dependiendo de la zona, la temperatura y la humedad donde se estén desarrollando las polillas (Barragán et al., 2005).

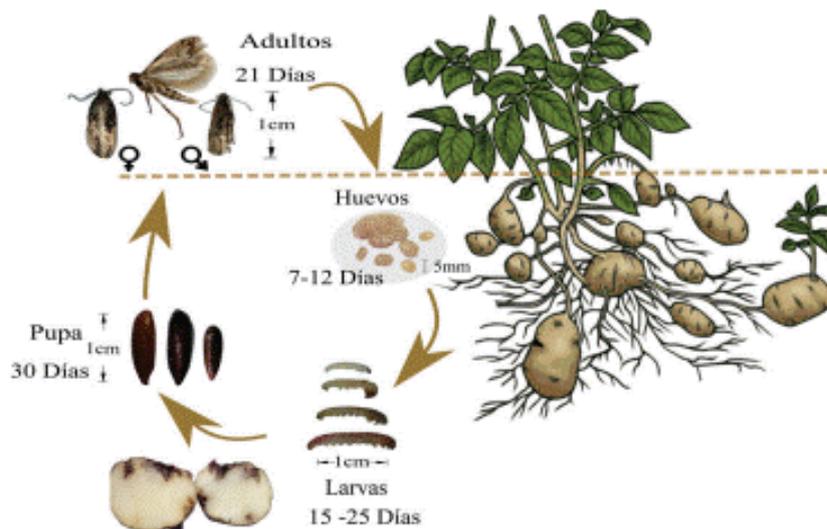


Figura 5. *T. solanivora* ciclo de vida. Guerra y Acero, 2021.

Huevo. _ De forma ovoide, en un inicio son de color blanco y con el tiempo cambian a color amarillo, miden de largo de 0,46 a 0,6 mm y de ancho de 0,39 a 0,43 mm.

Larva. _ Experimenta 4 estadios una vez que emerge del huevo, donde inicia la migración hacia los tubérculos, son eruciformes miden de 1,2 a 1,4 mm de largo y de color blanco transparente, las larvas de 2do estadio son de color crema, las larvas del tercer estadio de color amarillo verdoso y finalmente el cuarto estadio son de color rojo escarlata, tiene manchas trapezoidales en cada segmento del dorso y llegan a medir entre 12,4 a 14,2 mm de largo, Figura 6.



Figura 6. Larva cuarta etapa. EPPO, 2023

Pupa. _ Es de forma fusiforme y puntiaguda, de color café que toma un color más oscuro mientras se va madurando. La pupa de una hembra mide aproximadamente 8,5 mm de largo por 2,9 mm de ancho en cambio la pupa de los machos llega a medir 7,8 mm de largo por 2,4 mm de ancho. Puede desarrollarse fuera o dentro del tubérculo.

Adulto. _ Presenta un color pardo o gris, es una polilla de tamaño pequeño, las hembras miden 12 mm de largo por 3,4 mm de ancho; los machos en cambio llegan a medir 9,7 mm de largo por 2,9 mm de ancho (Herrera, 1997).

Cómo citar este artículo:

Morillo, Y., & Del Toro, R. (Julio - Diciembre de 2023). Análisis de la resistencia a insecticidas de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* en el cultivo de papa *Solanum tuberosum*. *Sathiri* 18(2), 106-125. <https://doi.org/10.32645/13906925.1217>



Figura 7. Adulto de *T. solanivora*. EPPO, 2023

A temperaturas de 20°C *T. solanivora* completa su ciclo de vida en 57 días aproximadamente, en cambio a temperatura de 15°C puede cumplir su ciclo hasta en 95 días, para temperaturas inferiores a estos parámetros el tiempo de desarrollo puede incrementar (Infoagro, 2022). Precipitaciones entre (62 – 128 mm \pm 22 mm) influyen en la disminución de las poblaciones de adultos de *T. solanivora*, principalmente en la tasa de reproducción y sobrevivencia, es decir, afecta a la dinámica poblacional del insecto. En cambio, se presenta una mayor presencia de individuos con precipitaciones bajas (0 – 63 mm \pm 19 mm) (Wilches et al., 2022).

Al ser una polilla que vuela cortas distancias se ha determinado que su principal medio de dispersión es por la semilla y/o materiales donde pueden movilizarse y se encuentren adheridos adultos, pupas, larvas o huevos de la polilla guatemalteca (Infoagro, 2022). Los adultos de *T. solanivora* durante el día se mantienen inactivos, se ubican en el envés del follaje de las plantas para descansar, o junto a la planta en el suelo o en las malezas; en cambio durante la noche es donde se encuentran en mayor actividad, incluso las hembras colocan sus huevos (Avilés y Piedra, 2016).

En la parte superior del suelo las hembras de la polilla guatemalteca depositan los huevos principalmente junto a la parte basal del tallo, una vez que las larvas eclosionan, se sumergen en el suelo formando galerías donde dejan sus excrementos que facilitan el desarrollo de otros patógenos, las larvas se introducen en el tubérculo para protegerse de los factores abióticos y controladores biológicos como enemigos naturales y los insecticidas, debido a esta situación los controles se enfocan hacia los adultos, ya que dificulta el control de la larva por su penetración en el interior del tubérculo. Por su conducta alimenticia de insecto fitófago las larvas de *T. solanivora* para movilizarse utilizan señales químicas que las obtienen de los tubérculos (Camargo et al., 2010; Zumbado y Azoifeifa, 2018); es decir las larvas raspan la superficie de los tubérculos, la penetran y realizan sus galerías (Vignola et al., 2017).

Las galerías sinuosas que dejan las larvas en su paso por los tubérculos en el inicio son de tamaño pequeño casi invisibles, en cambio el orificio de salida que dejan cuando abandonan los tubérculos puede medir hasta 3mm por lo que los tubérculos de papa no son comercializables ni para alimentación de los animales (Infoagro, 2022; Carrillo y Torrado, 2013).

Los insectos para localizar el hospedero utilizan señales químicas y físicas, como un mecanismo para identificar su fuente de alimento, es por ello que las larvas de lepidópteros, presentan un desarrollado del sistema sensitivo, que permite a través del contacto reconocer las fuentes de alimento, logrando así ubicar el lugar más adecuado. La principal dificultad que presentan las larvas cuando se realiza el control químico, es su corto tiempo de exposición al ambiente cuando mayor daño ocasiona al tubérculo (Camargo et al., 2010).

Las larvas, como se muestran en la Figura 8, se guían hacia los tubérculos principalmente por un fuerte estímulo gravitacional denominado el geotactismo, movimiento producido por un estímulo hacia la tierra, en este caso positivo, el mismo que se complementa y es guiado por las raíces de las plantas, cabe indicar que los volátiles del tubérculo no son el estímulo más importante (Camargo et al., 2010).



Figura 8. Daño en tubérculo de papa ocasionado por larva de *T. solanivora*. Carrillo y Torrado, 2013

El control de la polilla guatemalteca en el cultivo de papa se ha basado exclusivamente en el uso de productos químicos que, sin duda, han provocado un desbalance en el equilibrio de los ecosistemas, relacionados al sistema de producción, como la resistencia de la plaga a los insecticidas, durante el cultivo se ha llegado a usar de 12 a 24 aplicaciones (Zambrano et al., 2017; Villanueva y Saldamando, 2013).

La resistencia ya se exhibió, incluso antes que los herbicidas, situación que en la producción de cultivos ha resultado de forma negativa, ocasionando rendimientos bajos, altos costos de producción y la reducción en el uso de herramientas (Padín y Passalacqua, 2018). La tolerancia a dosis altas de tóxicos que han desarrollado los organismos se denomina resistencia, que para la mayoría de los individuos estas dosis altas resultan letales, para el desarrollo de la resistencia en los organismos muchos mecanismos se atribuyen a los siguientes modos de acción y mecanismos que se han desarrollado (Badii y Garza, 2015).

Los agricultores utilizan el método químico, como primera estrategia en el control de plagas, cuyo fin es obtener alimentos de alta calidad estética, que da como resultado la evolución de la resistencia a insecticidas, un problema en costos que podría evitarse con un adecuado manejo integrado de plagas (Martín, 2015).

Tabla 1
Mecanismos de resistencia a insecticidas

Insecticidas	Modo de acción	Mecanismo de resistencia
Organofosforados	Inhibición directa del neurotransmisor, acetilcolinesterasa	Aumentada detoxificación y/o acetilcolinesterasa insensible
Carbamatos		
Ciclodienos, ... γ -HCH	Excesiva liberación de acetilcolinesterasa	Insensitivo GABA (ácido gamma-aminobutírico) receptor de proteína
Piretroides, DDT y análogos	Interrupción de la transmisión axonal por acción del canal de sodio	Insensitivo canal de sodio y/o aumentada detoxificación
Fosfinas, cianuros, rotenonas	Inhibición de respiración por acción en componentes mitocondriales de la cadena respiratoria	Cambios proteína (S) respiratorias, detoxificación metabólica, reducida (fosfina)
<i>Bacillus thuringiensis</i> (BT) γ -endotoxina	Alteración del flujo iónico en las células epiteliales	Receptores alterados y/o disminución en número de receptores

Nota. Tomada de Badii y Garza (2015).

La resistencia a insecticidas se da por el uso indiscriminado o mal uso de un producto químico, esta resistencia según IRAC (2019) se define como “un cambio heredable en la sensibilidad de una población de una plaga que se refleja en repetidos fallos de un producto para alcanzar los niveles de control esperados al ser usado de acuerdo con las recomendaciones de la etiqueta para esa plaga” (p. 3).

Desde la antigüedad en el control de insectos y plagas la resistencia a los insecticidas ha sido un factor limitante. Hace 100 años se realizó la primera publicación sobre resistencia cuyo estudio incluye azufre de cal. Desde esa fecha se han evidenciado casos fortuitos sobre el tema; hasta que en 1940 se introdujo insecticidas orgánicos sintéticos. Esto llevó a mejorar las actividades y por consiguiente el uso a gran escala de este nuevo método para el control de insectos. De igual manera, se incrementó el número de casos de resistencia por el uso inadecuado de estos productos. A partir de 1960 y 1970 se dieron los primeros casos de resistencia a herbicidas y fungicidas, pero los casos de resistencia a insecticidas superan en número a estos últimos (Sparks y Nauen, 2015).

Los estudios de manejo de la resistencia a los insecticidas MRI han entrado en un debate ampliado con temas que se han tratado como resistencia a insecticidas en artrópodos, resistencia de plagas a insecticidas, manejo de la resistencia a los agroquímicos, genética molecular y evolución de la resistencia a los pesticidas, aspectos ecológicos y evolutivos de la resistencia a los insecticidas, resistencia a los agroquímicos: extensión, mecanismo y detección, etc. Al incrementar la resistencia incrementan los esfuerzos y costos, es por ello que se trabaja en una gestión eficaz y proactiva en el control de plagas, con el fin de minimizar el accionar de la resistencia (Sparks y Nauen, 2015).

Referente a la resistencia a insecticidas a nivel de los países de América Latina, se han realizado estudios de diferentes plagas por medio de bioensayos para determinar la susceptibilidad de adultos y larvas del insecto. Se conoce como bioensayo al experimento donde se utiliza un individuo vivo como sujeto del experimento, el mismo que responde a los estímulos y mediante lo que provee el bioensayo se puede cuantificar la respuesta al estímulo realizado (Germano, 2012).

Existen varios modelos de análisis en el bioensayo siendo el más sencillo donde se mide una respuesta binaria y se evalúa una variable por ejemplo (vivo vs. muerto y la variable dosis sirve para la determinación de la resistencia a insecticidas en distintas poblaciones). Hay que tener en cuenta que este tipo de bioensayos expone a grupos de individuos a dosis crecientes del compuesto de interés (Germano, 2012).

La resistencia se produce en la composición genética del insecto por medio de mutaciones: el ADN compuesto por nucleótidos emparejados es el libro que construye la vida. La replicación del ADN no siempre es un proceso perfecto y pueden presentarse errores denominados mutaciones. La mutación puede ser un cambio en el insecto en su fisiología o bioquímica, o puede no tener impacto en el insecto y puede ser letal, o en otros casos ocasiona que el insecto tenga una ventaja competitiva, cuando se aplique el mismo insecticida al ser menos susceptible este puede seguir viviendo y se reproduce, en base a estos cambios los insectos se denominan susceptibles y resistentes (IRAC, 2020).

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. Para el caso de *T. solanivora* existen investigaciones que han evaluado la biología de las poblaciones de este insecto a la aplicación del insecticida carbofurán mediante la construcción de tablas de vida (Zambrano et al., 2017).

En el caso de los insecticidas (piretroides, organofosforados y carbamatos) se ha reportado resistencia a estos tres grupos para el caso de *T. solanivora*, productos que son comúnmente usados por los pequeños agricultores, donde la plaga se encuentra fuertemente posesionada y el control químico es generalizado (Zambrano et al., 2017).

Los insecticidas de categoría toxicológica I y II son la herramienta más usada en el manejo de la polilla principalmente y de otras plagas que afectan al cultivo de papa, práctica que demuestra el

desconocimiento de la sostenibilidad en los sistemas productivos y como resultado provoca alcances nefastos para la salud del ser humano y un desequilibrio del agroecosistema. Situación que obliga en el cultivo de la papa a establecer sistemas que sean sostenibles, dando prioridad, a la disminución de los daños causados al ambiente y a la producción (Barreto et al., 2003).

La selección por sustancias tóxicas es la respuesta de un cambio genético, que presenta un organismo y se define como resistencia, para ello las plagas utilizan mecanismos que les permite desarrollarse en un medio expuesto a sustancias tóxicas, estos mecanismos tienen diferentes categorías (FAO, 2012). Para los agricultores y por ende para el manejo integrado de plagas, el principal problema que se presenta es la resistencia a los insecticidas (Chañag y Villota, 2015).

Manejo de polilla guatemalteca. Debido a la severidad con la que ataca al cultivo de papa y el daño que causa principalmente al tubérculo, se han realizado un sinnúmero de investigaciones para prevenir y controlar a *T. solanivora*, a continuación se describen los métodos de control:

Control biológico. _ Para este control se utiliza enemigos naturales de la polilla, hongos, virus y bacterias, entre los que se detallan: ácaros, himenópteros, *Trichogramma* spp., *Apanteles* sp., *Buchananiella contigua* (Osorio et al., 2017).

Gavara y Piedra (2021) valoraron el uso de enemigos naturales y potenciales de las polillas como agentes de control biológico en el manejo integrado de la plaga, haciendo uso de *Trichogramma* spp. que son avispas parasitoides de huevos y ácaros como *Blattisocius* spp. que se alimentan de los huevos y larvas de las polillas.

De los datos obtenidos *Trichogramma* spp. con la una especie Tsp1 se observó que a temperaturas de 15°C y con escasa luz afecta negativamente al controlador biológico disminuyendo el efecto parasitoide. Por lo contrario, Tsp2 mostró excelentes resultados de parasitismo con escasa iluminación y bajas temperaturas entre 15 y 25°C. Resultados que demuestran que en condiciones de almacenamiento Tsp2 es eficaz y mantiene buenos resultados en cuanto a control biológico. Para el caso del ácaro no tiene preferencia depredadora por ninguna de las dos polillas, siendo el resultado igual para las dos especies, a diferente temperatura *Blattisocius* spp. y rangos diferentes de temperatura entre 10 – 30°C no presenta cambios en su comportamiento depredador (Gavara y Piedra, 2021).

Gallego et al. (2020) demostraron dentro de su investigación que los huevos de la polilla de la papa tienen una gran aceptación y preferencia por *Trichogramma* spp., donde completan su desarrollo, es decir las polillas son consideradas huéspedes de la especie *Trichogramma* spp. por su alto porcentaje de emergencia dentro de los huevos de la plaga. Por estas razones, esta especie *Trichogramma* spp. es considerada un buen controlador biológico de la polilla guatemalteca de la papa, por su afinidad e idoneidad que encuentra en el huésped, lo que facilita la emergencia del parasitoide.

Pittí (2020) realizó un estudio que consistió en evaluar el manejo de las polillas de papa aplicando Dipel (*Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki) y obtener la más eficiente en base a las concentraciones aplicadas, para ello se utilizaron tres dosis 50 g, 60 g y 80 g del producto en mención, aplicados a lotes de 350 kg de tubérculos que se almacenaron por un lapso de 100 días con temperaturas que variaron de 7 a 13°C y 80% HR, en base a un determinado tiempo, el producto en base a su concentración se aplicó por tres ocasiones, en el diseño se utilizaron 20 unidades experimentales. De igual manera se aplicaron 2 dosis de 70 g y 90 g que se utilizaron fraccionadamente en 4 aplicaciones del producto. En la obtención de resultados no hubo diferencias significativas en cada tratamiento, resultados que permitieron mantener por debajo del umbral de daño que causa la polilla, pero la estrategia más eficiente se determinó aplicando 50 gr del producto a 7°C.

Gavara et al. (2022) analizaron como agente de control biológico de *T. solanivora* al ácaro *Blattisocius tarsalis* bajo condiciones de almacenamiento a temperaturas entre 5 a 27 °C, dando como resultado la eficacia del ácaro a temperaturas entre 10 a 27 °C siendo la más efectiva con altos niveles de infestación de huevos entre 20 y 27 °C, ya que a temperaturas inferiores entre 5 a 10 °C el controlador biológico no es eficaz. Por lo tanto, *B. tarsalis* es idóneo como depredador de huevos en condiciones de almacenamiento teniendo en cuenta el factor temperatura.

Carpio et al. (2013) usaron un bioplaguicida viral del género *Betabaculovirus* de bajo costo como alternativa para los productores de papa, que por sus resultados en el control de larvas es considerado una herramienta útil para la plaga.

Control químico. _ En las diferentes investigaciones se utilizaron insecticidas que en su momento estaban permitidos, pero por su alto poder de toxicidad en nuestro país ya no lo están.

Para la desinfección de semilla ya sea por fumigación o inmersión los agricultores de nuestro país utilizan productos químicos como profenofos, carbofurán y clorpirifos (Lucero, 2017).

En Ecuador los productos a base de carbofurán y sus mezclas están prohibidos, con base a la Resolución 150, aprobada el 14 de noviembre del 2017, por sus comprobadas propiedades nocivas para la salud y el ambiente (Agrocalidad, 2020).

Desde el 2017 por razones sanitarias o ambientales está prohibido por ser un producto químico restringido, el carbofurán forma parte del Convenio de Rotterdam del Anexo III, donde se detalla a los productos químicos entre ellos 35 plaguicidas sujetos al procedimiento de consentimiento fundamentado previo, convenio del cual Ecuador y Colombia forman parte como países firmantes además de otros países latinoamericanos (FAO, 2017).

Es por ello importante conocer los productos químicos vigentes y autorizados por AGROCALIDAD para el control de *T. solanivora* en nuestro país.

Tabla 2.
Reporte de productos de insumos agrícolas

Nombre Comercial	Composición de Producto	Dosis
KRAKEN	Chlorbenzuron 245 G/L + Emamectin benzoate 5 G/L	Papa 1 ml/l
ZARIVA	Chlorantraniliprole 100 G/L + Lambda-cyhalothrin 50 G/L	Papa palomilla 400 ml/ha
MINECTO DUO	Cyantraniliprole 200 g/kg + Thiametoxam 200 g/kg	Papa 300 g/ha
CORAGEN	Chlorantraniliprole 200 g/l	Papa polilla 250 ml/ha
KADABRA	Bifenthrin 360 g/l + Fipronil 120 g/l	0.4 l/ha papa
PREMIO	Chlorantraniliprole 200 g/l	papa: polilla 250 ml/ha
MIRAPRIN	Chlorantraniliprole 200 g/l	papa polilla 250 ml/ha

Nota: Adaptado de AGROCALIDAD (2022).

Resultados y discusión

En la Tabla 3 se recogen los estudios más citados en el presente artículo.

Tabla 3.
Investigaciones citadas en el presente artículo referente a resistencia a insecticidas

AUTOR	AÑO	PAÍS	PRODUCTO	RESULTADO
Bacca et al.	2021	Colombia	Clorantraniliprol	Se realizó un bioensayo concentración-mortalidad en sustrato y huevos de <i>T. solanivora</i> , a partir de los resultados obtenidos se determinó que Clorantraniliprol es efectivo con lepidópteros que presentan una evolucionada resistencia a insecticidas, tiene un efecto ovicida y larvicida en etapas tempranas, las larvas presentaron emergencia retardada y el cese en la alimentación. Además, hay que tener en cuenta que la aplicación de concentraciones altas del producto no solo afecta a la plaga, sino que puede perjudicar a otros insectos benéficos.
Gutiérrez et al.	2019	Colombia	Carbamato Carbofurano Permetrina Clorpirifos	Los resultados de concentración-mortalidad se determinaron en poblaciones de <i>T. solanivora</i> multirresistentes y susceptibles, la población multirresistente exhibió una resistencia mayor al insecticida carbamato, carbofurano y permetrina, baja resistencia al clorpirifos. La multirresistente presentó mayor mortalidad en larvas y un ciclo de vida 3,8 días más corto que la susceptible como adaptación para reducir el tiempo de exposición a los insecticidas y así asegurar los recursos para la producción de huevos.
Zambrano et al.	2017	Colombia	Carbofurán	Se evaluaron dos poblaciones de <i>T. solanivora</i> , una susceptible y otra resistente al producto, la población susceptible en su estado de huevo presentó una duración más larga y depositaron mayor cantidad de huevos a diferencia de la resistente. En estado de pupa la susceptible fue 4 días más rápida que la resistente. La oviposición es menor en la resistente al igual que la cantidad de hembras que se desarrollaron. La resistencia está relacionada a un alto gasto energético incluso se ve afectada hasta en su tamaño, con tendencia a reducirlo como resultado de la resistencia.

Bacca et al. 2017 Colombia Piretroides

Se observó niveles de resistencia moderada en *T. solanivora*, se evaluó la concentración - mortalidad, los piretroides se están volviendo ineficaces por posibles mutaciones en los canales de sodio de poblaciones más resistentes de *T. solanivora*. Las poblaciones presentan respuestas metabólicas como medida de resistencia, para ello utilizan la detoxificación con enzimas en el punto de acción del insecticida y son mucho más invasivas en nuevas áreas.

Chañag y Villota 2015 Colombia Carbofurán
Clorpirifos
Permetrina

Los resultados en la evaluación dosis - mortalidad muestran resistencia a los 3 insecticidas por parte de los adultos de *T. solanivora* que perjudica el control en campo, se determinó que las poblaciones utilizadas presentaron elevada resistencia a carbofurán por una alta presión de selección debido al uso sin medida de este producto en el cultivo. Por su modo de acción similar entre organofosforados y carbamatos que son inhibidores de la colinesterasa se induce a una resistencia cruzada, en cambio en los piretroides la resistencia por la detoxificación por medio de esterasas u oxidasas o insensibilidad en el sitio de acción.

Botina y Benavides 2015 Colombia Clorpirifos
Permetrina
Carbofurán

El grado de resistencia de las poblaciones de *T. solanivora* es bastante similar en los insecticidas utilizados. Siendo 5,34; 7,34 y 8,12 ppm los valores de la CL50 para clorpirifos en los municipios de Iles, Siachoque y Pasto. En el caso de permetrina la CL50 se determinó 16,19; 17,93 y 26,30 ppm para Iles, Pasto y Siachoque. Finalmente, para carbofurán los valores de la CL50 26,30; 169,41 y 242,17 ppm (partes por millón) para las poblaciones de Siachoque, Iles y Pasto.

Domínguez et al. 2009 Venezuela Fipronil
Imidacloprid
Lambdacihalotrina
Avermectina
Clofenapir
Bifentrin

Dentro de los resultados *T. solanivora* presenta una resistencia moderada a los productos Fipronil e Imidacloprid con una mortalidad muy baja de las larvas, en cambio lambdacihalotrina, avermectina, clofenapir y bifentrin la mortalidad se expresa entre un 60 a 80 % indicándonos que estos productos son efectivos para el control de *T. solanivora* y no hay presencia de resistencia por parte de la plaga.

Gallegos et al.	2011	Ecuador	Carbofurán	<i>T. solanivora</i> presenta resistencia a carbofurán, con el pasar del tiempo ha incrementado la dosis de uso del producto químico por parte de los agricultores, en el año 1996 era de 0.9 l/ha y en el 2011 se llegó a utilizar 3.4 l/ha, que determina el uso excesivo e irracional del producto, y muchas de las veces uso innecesario del insecticida, ya que no se obtuvo en el cultivo de papa un control de la plaga.
Guevara	2021	Costa Rica	Benzoato de emamectina, Dimetoato Diazinon	La polilla no presentó resistencia con estos productos, existió un 5% de daño en la cosecha, evitando el aumento de la población y disminuyendo la oviposición.
Guzmán, M.	1997	Chile	Deltametrina Metamidofos Cyflutrina Clorhidrato de Cartap	Se evaluó la mortalidad en larvas de polilla de la papa. Los resultados indicaron que no se encontró resistencia a deltametrina en las poblaciones evaluadas lo que determina un control eficiente con el insecticida. Para el caso de metamidofos se observó que son menos susceptibles las poblaciones, pero no hay desarrollo de resistencia. Para cyflutrina y clorhidrato de cartap no se detectó resistencia
SENASA	2020	Perú	-	Plaga no presente, se lleva a cabo una red de vigilancia preventiva contra la polilla guatemalteca, con un riesgo alto de invadir las zonas limítrofes como Piura, La Libertad, Cajamarca y Ancash por ubicarse cerca de Colombia, Ecuador y Venezuela.

Los datos recopilados en el presente artículo reflejan la incidencia de daños ocasionados por *T. solanivora* en el cultivo de papa de las diferentes localidades de Suramérica que van del 5 hasta el 100% ya sea en campo o en postcosecha.

En las condiciones en las que se realizaron los diferentes bioensayos con la exposición de huevos, larvas, pupas y adultos de la polilla guatemalteca a insecticidas, fue posible identificar que *T. solanivora* presenta resistencia a diferentes productos debido a una presión de selección que se ha generado por el uso de varios plaguicidas con el mismo ingrediente activo.

Se muestran productos químicos como el benzoato, dimetoato, diazimón, entre otros donde la polilla guatemalteca no presenta resistencia y son efectivos para el control de la misma.

Al evaluar la resistencia en algunos productos la polilla ha generado medidas preventivas que le han permitido sobrevivir al efecto del insecticida, disminuyendo su gasto energético y retrasando su ciclo biológico aumentando en días el tiempo de eclosión de los huevos, que le han permitido sobrevivir y atacar a su huésped, aunque su población haya disminuido.

Cómo citar este artículo:

Morillo, Y., & Del Toro, R. (Julio - Diciembre de 2023). Análisis de la resistencia a insecticidas de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* en el cultivo de papa *Solanum tuberosum*. *Sathiri* 18(2), 106-125. <https://doi.org/10.32645/13906925.1217>

La mayoría de los efectos de los insecticidas se produjo sobre las larvas de *T. solanivora*.

Cabe mencionar que los resultados de las investigaciones son similares en el proceso realizado para cada bioensayo, como se aplica el producto y la exposición de los huevos, larvas, pupas y adultos a los mismos, técnicas usadas para el control de *T. solanivora* donde las poblaciones susceptibles afectan en un menor porcentaje al cultivo de papa y las poblaciones resistentes afectan en un alto porcentaje al producto papa.

Estudios han demostrado que las poblaciones *T. solanivora* existentes en Sudamérica presentan resistencia a insecticidas como piretroides, carbamatos y organofosforados, ya que son los productos más utilizados en el control químico en el cultivo de papa (Bacca et al., 2017).

Se evidencia otra manera de resistencia en las respuestas metabólicas que presenta la plaga, con la detoxificación y uso de las enzimas como las esterasas u oxidasas.

La papa *Solanum tuberosum* es el cultivo agrícola que tiene un excesivo uso de agroquímicos, que han ocasionado impactos económicos, ambientales, humanos y el desarrollo de resistencia en las plagas (Villanueva y Saldamando, 2013).

En larvas de *T. solanivora* procedentes de América del Sur no hay mayor diversidad genética en comparación con individuos provenientes de Guatemala de donde es originaria la plaga, cuyos individuos presentan una alta variabilidad genética, para ello se identificaron secuencias de un gen mitocondrial en poblaciones de la plaga, la capacidad de dispersión y subdivisión que han determinado lo anteriormente descrito (Villanueva y Saldamando, 2013).

Guerra y Acero (2021) indican que la polilla guatemalteca es un fitófago de la papa, su ciclo de vida se manifiesta en cuatro estados de desarrollo, dentro del manejo de *T. solanivora* el uso de agroquímicos es la principal opción, los grupos organofosforados, piretroides y carbamatos son los más usados, inhiben al insecto actuando como toxina en el sistema nervioso, causan parálisis hasta provocar la muerte del mismo.

El comportamiento de muchas especies cambia en base a las variaciones del clima, por lo que su comportamiento se ve influenciado debido a estas interacciones climáticas, para el caso de *T. solanivora* dentro del manejo integrado se ha determinado que las precipitaciones afectan negativamente en el crecimiento de adultos de la plaga en mención, que ha ocasionado la disminución de su población, de igual manera el riego en el cultivo de papa se sugiere como una estrategia de control de plagas. En cambio, las altas temperaturas proporcionaron a la plaga mejores condiciones para su desarrollo, que facilitaron el incremento acelerado de su población (Wilches et al., 2022).

En Costa Rica se recomienda ubicar trampas con feromonas en los bordes y en el centro del área del cultivo para atraer los machos y evitar la cópula de *T. solanivora*, limpiar las áreas postcosecha, hacer rotaciones de cultivos. En el caso de que la población de adultos capturados en las trampas sobrepase los 80 adultos, recomiendan un control químico con metilparatión, micro encapsulado, endosulfán o clorpirifos (Vignola et al., 2017).

A nivel país se han realizado un sinnúmero de investigaciones respecto al control de la plaga, referente a productos químicos los resultados no han sido exitosos, por lo que se han canalizado otros medios de control como el biológico, cultural, etológico, etc.

Conclusiones

De acuerdo con los objetivos planteados se concluye que *T. solanivora* depende del ingrediente activo que se esté utilizando para ser una población susceptible o resistente; existen diferencias de susceptibilidad dentro de cada grupo químico.

Las poblaciones susceptibles en el peor de los casos afectaron en un 5% al cultivo de papa que se utilizó como sustrato en cada uno de los bioensayos.

El factor climático, época seca, beneficia la proliferación y agresividad de la plaga.

Los artículos analizados concluyen que la resistencia a los insecticidas de *T. solanivora* ocasiona pérdidas de la producción de hasta un 100%, si el producto químico no se utiliza de una manera adecuada.

Por lo anteriormente expuesto la rotación de diferentes tipos de insecticidas y el uso de métodos de control biológico pueden ayudar a reducir la resistencia de *T. solanivora*.

De acuerdo con esta revisión se concluye que *T. solanivora* presenta grados de resistencia comprobada principalmente a carbofurán, clorpirifos y permetrina. Lo que puede provocar que plagas secundarias tengan un resurgimiento en el cultivo, altos costos por el uso de nuevos productos químicos y el aumento de aplicaciones de los mismos; demostrando que el control químico no sea en muchas de las veces el medio de control viable para la plaga.

La resistencia a los insecticidas en los últimos años aumentó exponencialmente y cada vez son menos los productos químicos que tienen eficacia frente a *T. solanivora*. Es por ello, que el control de la plaga debe realizarse en campo y en almacenamiento para reducir la plaga con la implementación del MIP.

Se llega a la conclusión que la rotación de diferentes tipos de insecticidas y la combinación de diferentes métodos de control biológico y cultural son estrategias efectivas para prevenir y controlar la resistencia.

De acuerdo con los datos expuestos se concluye que para cada ensayo no se diferenciaron el número de individuos colocados, es decir, no se estableció la cantidad de hembras y machos. Por lo que, se desconoce en base al sexo del insecto, si las hembras o los machos podrían presentar mayor actividad comportamental o desplazamiento que podría contribuir a obtener nuevos resultados.

En conclusión, podemos advertir que los resultados en cuanto a resistencia en todos los casos se basaron específicamente en el tiempo que podrían tardar las poblaciones de polilla guatemalteca en morir o presentar una alteración en su actividad motriz.

A raíz de la investigación realizada se determinó que el uso de controladores biológicos demostró ser una opción potencial que está tomando mucha importancia para el control de *T. solanivora*. Esta consiste en el uso de bioplaguicidas, es decir, uso de microorganismos capaces de inhibir el desarrollo del insecto. Existen diferentes tipos de microorganismos con mecanismos de acción diferente para el control de la polilla guatemalteca, sea como parásito o depredador, que sin lugar a duda están dando buenos resultados en el manejo de la plaga, sobre todo a nivel de almacenamiento. Siendo un método no dañino para el ambiente y la salud de las personas.

Concluyendo, el uso de trampas con feromonas a nivel de campo y almacenamiento permite detectar la presencia de la plaga y actuar de forma oportuna para el control de la misma.

Después de realizar el análisis correspondiente a nivel regional se determina que el manejo integrado, la rotación de cultivos y un riego adecuado son una buena estrategia de control para *T. solanivora*, ya que disminuye las poblaciones de la plaga y favorece en rendimiento al cultivo y la sanidad de cultivos posteriores.

Recomendaciones

Dadas a conocer las conclusiones de este trabajo de investigación y entendiendo que referente a este tema lo existente no es suficiente, respecto a nuestro país principalmente, porque la mayoría de la información se basa únicamente en el control de la plaga, se sugiere continuar con los estudios científicos referentes a esta plaga ya que el nivel de daño es elevado por lo que requiere mayor importancia en investigaciones referentes a mantener las poblaciones equilibradas para el productor agrícola.

Cómo citar este artículo:

Morillo, Y., & Del Toro, R. (Julio - Diciembre de 2023). Análisis de la resistencia a insecticidas de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* en el cultivo de papa *Solanum tuberosum*. *Sathiri* 18(2), 106-125. <https://doi.org/10.32645/13906925.1217>

Es importante antes de aplicar un método de control conocer las características de *T. solanivora* y de la zona o región, para determinar la mejor herramienta de control.

Se recomienda investigar sobre el comportamiento de esta especie no solo a nivel de laboratorio con bioensayos, sino realizar los ensayos a nivel de campo, debido a que la dinámica de la plaga con el transcurrir del tiempo ha demostrado ser mayormente agresiva y su distribución a nivel de la región sigue incrementando. De igual manera, las condiciones de laboratorio son controladas y a nivel de campo el factor climático, la alimentación, hospederos y presencia de insectos predadores pueden afectar a los resultados, a obtener y diferir con los datos de laboratorio.

Llevar a cabo investigaciones con los insecticidas que actualmente están vigentes y su uso es permitido por la Organización Mundial de la Salud, específicamente a nivel de campo donde las condiciones climáticas son cambiantes y pueden beneficiar o alterar la biología del insecto, al momento de utilizar este tipo de control.

Realizar investigaciones sobre resistencia de *T. solanivora* a partir del modo de acción y mecanismos de resistencia que incluye el comportamiento, biología y fisiología del insecto plaga, ya que las investigaciones revisadas no analizan con profundidad la biología del insecto.

Capacitar a los productores en el uso y manejo de agroquímicos, ya que la resistencia de la polilla se debe al uso indiscriminado de los insecticidas de alta toxicidad.

Fomentar la investigación a nivel país en el mejoramiento genético específicamente de la papa a producir tubérculos no solo resistentes a enfermedades sino a cultivos resistentes a insectos plaga.

Referencias

- Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario. (2020). *Plaguicidas prohibidos en el Ecuador*. <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/Plaguicidas-prohibidos-en-Ecuador-1.pdf>
- Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario. (2022). *Reporte de productos de insumos agrícolas*
- Avilés, J. y Piedra, R. (2016). Manual del cultivo de papa en Costa Rica. *Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria*. 94p
- Bacca, T., Cabrera, N. & Gutiérrez, N. (2021). Toxic effect of chlorantraniliprole on new-born larvae of the potato tuber moth *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Annals of Applied Biology*, 179(2), 169-175. <https://doi.org/10.1111/aab.12688>
- Bacca, T., Haddi, K., Pineda, M., Guedes, R. y Oliveira, E. (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. <https://doi.org/10.1002/ps.4414>
- Badii, M. y Garza, V. (2015). Resistencia en insectos, plantas y microorganismos. *Cultura Científica y Tecnológica*, (18).
- Barragán, A., Pollet, A., Prado, M., Lagnaoui, A., Onore, G., Aveiga, I., Lery, X. y Zeddám, J. (2004). La polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) en Ecuador: diagnóstico y perspectivas de manejo bajo un método de predicción. *Horizon Pleins textes*, (7), 5-23.
- Barragán, A., Onore, G., y Zeddám, J. (2005). Identificación, biología y comportamiento de las polillas de la papa en el Ecuador. *PROMSA-MAG, PUCE*, (1), 1-11.
- Barreto, N., Espitia, E., Galindo, R., Gordo, E., Cely, L., Martínez, L., Lozano, F. y López-Ávila, A. (2003). *Estudios de fluctuación de poblaciones de la polilla guatemalteca de la papa Tecia solanivora en tres intervalos de altitud en Cundinamarca y Boyacá*. CEVIPAPA, 119-122.

Cómo citar este artículo:

Morillo, Y., & Del Toro, R. (Julio - Diciembre de 2023). Análisis de la resistencia a insecticidas de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* en el cultivo de papa *Solanum tuberosum*. *Sathiri* 18(2), 106-125. <https://doi.org/10.32645/13906925.1217>

- Borba, N. (2008). *La papa un alimento básico Posibles impactos frente a la producción transgénica*. RAP-AL. <http://w.rapaluruaguay.org/transgenicos/Papa/Papa.pdf>
- Botina, L. y Benavides, P. (2015). *Resistencia de la polilla de la papa Tecia Solanivora Povolny (Lepidóptera: Gelechiidae) a la aplicación de insecticidas en poblaciones provenientes de los municipios de Iles, Pasto (Nariño) y Siachoque (Boyacá)*. (Tesis pregrado, Universidad de Nariño). <https://sired.udenar.edu.co/2819/>
- Camargo, C., Rincón, D. y Valencia, E. (2010). Localización de hospedero por larvas neonatas de *Tecia solanivora* (Lepidóptera: Gelechiidae). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 11(1). 5-10.
- Carpio, C., Cuelga, O., Dupas, S., Léry, X., López, M., Orbe, K. y Zeddám, JL (2013). Development of a viral biopesticide for the control of the Guatemala potato tuber moth *Tecia solanivora*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 112 (2), 184-191. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2012.11.014>
- Carrillo, D. y Torrado, E. (2013). *Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae), an invasive pest of potatoes *Solanum tuberosum* L. in the Northern Andes. *Potential invasive pests of agricultural crops*. 3, 126.
- Chañag, J. y Villota, A. (2015). *Evaluación de la resistencia a insecticidas en adultos de Tecia solanivora Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae) en los municipios de Gualmatán, Ospina y Potosí* [Tesis de pregrado]. Universidad de Nariño.
- Cotes, A., López, A., Bosa, C., Zuluaga, M., Rincón, D., Valencia, E., Clavijo, A., Aragón, S., Borrero, F., Camarago, C., Cuadros, D., Witzgall, P., Bengtsson, M., Karlsson, M. y Birgersson, G. (2012). Uso de los compuestos volátiles de la papa en el control en el control de la polilla guatemalteca. *CORPOICA*. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12458/44967_60390.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Domínguez, I., Carrera, C., Ramírez, W., Segovia, P. y Pino, H. (2009). Evaluación del efecto de insecticidas sobre larvas de *Tecia solanivora*. *Agricultura Andina*, 17, 61-73.
- EPPO. (2023). *Tecia solanivora*. *Fichas técnicas de la EPPO sobre plagas recomendadas para su regulación*. <https://gd.eppo.int>
- FAOSTAT. (2022). *Valor de la producción agrícola 2020*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Gallego, J., Mellado, L. y Cabello, T. (2020). Selección de una especie de Trichogramma (Hym., Trichogrammatidae) para el control biológico de la polilla de la patata *Phthorimaea operculella* (Lep., Gelechiidae) mediante el estudio del comportamiento de parasitación del huésped. *ITEA- Información Técnica Económica Agraria* 116(1): 2-18. <https://doi.org/10.12706/itea.2019.013>
- Gallegos, P. y Suquillo, J. (1996). Monitoreo de la polilla de la papa *Tecia solanivora* Povolny, en el centro y zonas paperas de frontera de la provincia del Carchi. *Informe Anual UVT-Carchi, 1997*.
- Gallegos, P., Suquillo, J., Báez, F., Sevillano, C., Asaquibay, C., Castillo C., Meneses, A. y Chulde, F. (2011). Sondeo de plaguicidas utilizados para el control del gusano blanco de la papa en tres cantones de la provincia de Carchi. *INIAP- Memorias del IV Congreso Ecuatoriano de la Papa*, 45-47.
- Gavara, J., Cabello, T., Gallego, J.R., Hernández, E. y Piedra, A. (2022). Evaluation of the egg predator *Blattisocius tarsalis* (Mesostigmata: Blattisociidae) for the biological control of the potato tuber moth *Tecia solanivora* under storage conditions. *Agriculture*. 12 (7), 920. <https://doi.org/10.3390/agricultura12070920>
- Gavara, J. y Piedra, A. (2021). La polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora*. *ICIA*.
- Germano, M. (2012). *Herencia y efectos demográficos de la resistencia a deltametrina en Triatoma infestas* [Tesis Doctoral]. Universidad de Buenos Aires). https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/collection/tesis/document/tesis_n5316_Germano

- Guerra, L. y Acero, J. (2021). Principales microorganismos entomopatógenos de *Tecia solanivora* y sus mecanismos de acción. *Revista Tecnología en Marcha*, 34(2), 137-146. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v34i2.4981>
- Guevara, E. (2021). Frecuencias y concentraciones de agroquímicos y su impacto en los costos de producción del cultivo de papa. *e-Agronegocios*, 7(2), 99-125. <https://doi.org/10.18845/ea.v7i2.5278>
- Guzmán, M. (1997). *Evaluación de resistencia a insecticidas en larvas de la polilla de la papa, Phthorimaea operculella (Zeller) (Deltametrina, Metamidofos, Cyflutrina y Clorhidrato de Cartap)*. [Tesis de pregrado]. Universidad de Chile. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/52482>
- Gutiérrez, Y., Bacca, T., Zambrano, L., Pineda, M. y Guedes, R. (2019). Trade off and adaptive cost in a multiple resistant strain of the invasive potato tuber moth *Tecia solanivora*. *Pest management science*, 75(6), 1655-1662. <https://doi.org/10.1002/ps.5283>
- Herrera, F. (1997). La polilla guatemalteca de la papa: biología, comportamiento y prácticas de manejo integrado. *CORPOICA*. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/32549/39571_23495.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Infoagro. (2022). *La polilla guatemalteca de la patata: Tecia solanivora*. https://www.infoagro.com/documentos/la_polilla_guatemalteca_patata__i_tecia_solanivora__i.asp
- Insecticide Resistance Action Committee. (2020). *Insecticide Resistace Training – Basic Module: Crop Protection*. Comité de acción contra la resistencia a insecticidas. file:///C:/Users/LABI/Downloads/IRM-Training-presentation-v1_9Jan20..pdf
- Insecticide Resistance Action Committee. (2019). *Clasificación del modo de acción de insecticidas y acaricidas*. Comité de acción contra la resistencia a insecticidas. <file:///C:/Users/LABI/Downloads/Folleto-Clasificaci%C3%B3n-del-Modo-de-Acci%C3%B3n-de-insecticidas-y-acaricidas-v.5-ene19.pdf>
- Lucero, M. (2017). *Evaluación de la eficiencia de protección del bioinsecticida Bacu-Turin al ataque del complejo de polillas, en sistemas de manejo de semilla de papa de los agricultores del cantón Paute* [Tesis de maestría]. Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26518/1/TESIS.pdf>
- Martín, A. (2015). *Resistencia de tres poblaciones de Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a los insecticidas Tebufenocide y Metoxyfenocide*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1410/t007169.pdf?sequence=1>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2012). Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas. <http://www.fao.org/3/bt561s/bt561s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). Rotterdam convention. Operation of the Prior Informed Consent Procedure for Banned or Severely Restricted Chemicals. <http://www.pic.int/ElConvenio/ProductosQu%C3%ADmicos/AnexoIII/tabid/2031/language/es-CO/Default.aspx>
- Osorio, P., Espitia, E. y Luque, E. (2001). Reconocimiento de enemigos naturales de *Tecia solanivora* (Lepidóptera: Gelechiidae) en localidades productoras de papa en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*. 27(3-4), 177 – 185. <http://doi.org/10.25100/socolen.v27i2.9685>
- Padín, S. y Passalacqua, S. (2018). *Protección vegetal Una mirada hacia el cuidado del ambiente y la salud humana*. Editorial de la Universidad de la Plata.

- Pittí, M. (2020). *Manejo de Phthorimaea operculella y Tecia solanivora en almacenamiento de papa en Cerro Punta, Chiriquí*. [Tesis de maestría]. Universidad de Panamá. <http://up-rid.up.ac.pa/id/eprint/5336>
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. (2020). *Monitoreo y prospección de cultivos de papa mantienen al país libre de Tecia Solanivora*. <https://www.gob.pe/institucion/senasa/noticias/298649-monitoreo-y-prospeccion-de-cultivos-de-papa-mantienen-al-pais-libre-de-tecia-solanivora>
- Sistema de Información Pública Agropecuaria- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2022). *Superficie y producción – INEC*. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/sipa-estadisticas/estadisticas-productivas>
- Sparks, T. y Nauen, R. 2015. IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Elsiever*. 121, 122-128. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2014.11.014>
- Urbina, E. (2020). Investigación cualitativa. *Applied Sciences in Dentistry*, 1(3).
- Vignola, R., Watler, W. Vargas, A. y Morales, M. (2017). Ficha técnica cultivo de papa.
- Villanueva, D. y Saldamando, C. (2013). *Tecia solanivora*, Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae): una revisión sobre su origen, dispersión y estrategias de control biológico. *Ingeniería y ciencia*. 9(18), 197-214.
- Wilches, W. Espitia, E. y Vargas, R. (2022). Elementos del clima y su relación con la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolný, 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agronomy Mesoamerican*, 33(3): 48552. doi:10.15517/am.v33i3.48552
- Zambrano, L., Jurado, T., Bacca, T. y Pineda, M. (2017). *Biología de una población de Tecia solanivora (lepidoptera: Gelechiidae) resistente a carbofurán*. [Tesis pregrado]. Universidad de Nariño. <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/3868>
- Zumbado, M. y Azofeifa, D. (2018). *Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología*. Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO)