

Efecto de extractos vegetales de *Thunbergia alata* y de cumarinas obtenidas por síntesis química sobre la mortalidad de *Frankliniella* spp.

Effect of plant extracts from *Thunbergia alata* and chemically synthesized coumarins on the mortality of *Frankliniella* spp.

Carlos Eduardo Rodríguez Molano ^{1,3}, Sergio Ulloa Torres ^{1,4}, Melisa Daniela Munévar Romero ^{1,5},
Valentina Rodríguez Montaña ^{1,6}, Fabián Andrés Paipilla Salamanca ^{1,7}, Laura Juliana Triana Triana ^{2,8}.

¹Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia. ²Fundación Universitaria Juan de Castellanos. Tunja, Colombia.

³✉ carlos.rodriguez@uptc.edu.co; ⁴✉ sergio.ulloa@uptc.edu.co; ⁵✉ melisa.munavar@uptc.edu.co; ⁶✉ valerodri9902@yahoo.com.co;

⁷✉ fabian.paipilla@uptc.edu.co; ⁸✉ ljtriana@jdc.edu.co



<https://doi.org/10.15446/acag.v73n3.117871>

2024 | 73-3 p 290-296 | ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-0118 | Rec.: 2024-12-04 Acep.: 2025-09-12

Resumen

Aunque muchos artrópodos benefician al medio ambiente como depredadores de plagas, otros generan daños irreversibles a cultivos agrícolas, afectando hojas y frutos. Tal es el caso de *Frankliniella occidentalis*, que causa importantes daños agrícolas y presenta resistencia a los insecticidas utilizados convencionalmente, lo que evidencia un control poco eficaz de esta especie. El propósito de esta investigación fue evaluar el efecto de extractos vegetales de *Thunbergia alata* y de cumarinas sintetizadas mediante química verde sobre la mortalidad de adultos de *F. occidentalis* bajo condiciones controladas. Para ello, se analizaron extractos de hojas frescas (EHF) y extractos de hojas secas (EHS) de *Thunbergia alata* en diluciones al 12.5 %, 25 % y 50 %, además de cumarinas sintéticas (C1 y C2) a 500 ppm; se utilizó agua destilada como control. Los resultados mostraron diferencias significativas frente al control, con el EHS como el tratamiento más eficaz, ya que logró un 97 % de mortalidad en su concentración sin diluir y un 50 % de mortalidad al 50 % de concentración. Por otro lado, el EHF al 12.5 % tuvo la menor efectividad (17 %), mientras que las cumarinas alcanzaron un 35.45 % de individuos afectados. Se concluye que los extractos vegetales y cumarinas poseen potencial en el manejo integrado de plagas, pues actúan como insecticidas y favorecen la atracción de depredadores naturales. Esto los posiciona como alternativas prometedoras en el control sostenible de plagas agrícolas.

Palabras clave: compuesto aromático, compuesto bioactivo, insecticida biológico, metabolitos secundarios, Thripidae.

Abstract

Many arthropods benefit the environment as pest predators; however, others cause irreversible damage to agricultural crops by affecting leaves and fruits. Such is the case of *Frankliniella occidentalis*, a species responsible for significant agricultural losses and known for its resistance to conventional insecticides, which highlights the limited efficacy of traditional control methods. This study aimed to evaluate the effect of plant extracts from *Thunbergia alata* and coumarins synthesized via green chemistry on the mortality of *F. occidentalis* adults under controlled conditions. Fresh leaf extracts (EHF) and dry leaf extracts (EHS) of *T. alata* were analyzed at 50 %, 25 %, and 12.5 % dilutions, along with synthetic coumarins (C1 and C2) at 500 ppm, using distilled water as the control. Significant differences were observed compared to the control, with EHS being the most effective treatment, achieving 97 % mortality undiluted and 50 % mortality at the 50 % dilution. In contrast, EHF at 12.5 % showed the lowest efficacy (17 % mortality). Coumarins resulted in a mortality rate of 35.45 %. It is concluded that plant extracts and coumarins hold potential for integrated pest management by acting as insecticides and enhancing the attraction of natural predators. These findings suggest that they are promising alternatives for sustainable agricultural pest control.

Keywords: Aromatic compound, bioactive compound, biological insecticide, secondary metabolites, Thripidae.

Introducción

El orden Thysanoptera comprende 6161 especies conocidas, lo cual la hace la familia Thripidae la más evolucionada, con 2201 especies. En esta familia se encuentran los trips fitófagos más comunes, conocidos por sus daños en diferentes cultivos de interés agrícola. Su amplia gama de plantas hospedantes, tanto en estructuras florales como foliares, los clasifica como especies altamente polífagas (Rodríguez-Arrieta et al., 2023).

De acuerdo con Ebratt-Ravelo et al. (2019), en Colombia el género de mayor número de trips corresponde a *Frankliniella*, con el 56.7 % del total de la familia Thripidae; dentro de las especies de mayor importancia en el país, se encuentra *Frankliniella occidentalis* (*F. occidentalis*), considerada una de las plagas más limitantes en la horticultura y floricultura, ya que afecta diversas plantas, como cucurbitáceas, hortalizas de hoja, legumbres, ornamentales y frutales (Ebratt-Ravelo et al., 2019).

Su impacto se debe al daño directo causado por su alimentación y oviposición, además de la capacidad para aumentar fácilmente sus poblaciones, lo que ocasiona deformaciones, manchas, cicatrices y, en casos severos, la caída prematura de hojas, inflorescencias y frutos pequeños (Ren y Chong, 2023). Esta especie polífaga también ha sido identificada como vector en la transmisión de 11 especies de virus, dentro de los cuales el virus del marchitamiento manchado del tomate (TSVV por sus siglas en inglés) es el de mayor impacto en el aspecto económico (He et al., 2019).

F. occidentalis se caracteriza por tener una amplia gama de hospederos y una notable capacidad para invadir nuevos hábitats (Ebratt-Ravelo et al., 2019). A lo largo del tiempo, el control de esta especie se ha basado principalmente en el uso de insecticidas químicos sistémicos, de contacto, de ingestión y de amplio espectro (Sierra-Baquero et al., 2020). Por otro lado, se han reportado casos de resistencia a múltiples clases de insecticidas, lo que se asocia a mecanismos como la disminución en la penetración de los insecticidas, la desintoxicación y las alteraciones en la actividad de la acetilcolinesterasa, aunque aún falta información detallada sobre estos procesos específicos (Ebratt-Ravelo et al., 2019; Zhang et al., 2022; Monteon-Ojeda et al., 2020).

Otro inconveniente relacionado con el uso de insecticidas químicos es su impacto en los enemigos naturales, lo que puede reducir la efectividad de los controles biológicos (Suárez y Bejarano, 2021). De tal manera, se han registrado efectos secundarios en estos controladores naturales, como, por ejemplo, la disminución de hasta un 79 % en la población de ácaros fitoseídos (Miranda Ramírez et al., 2023). A pesar de estos hallazgos, el control químico sigue siendo el método más común, debido a su rápido

y temporal impacto en las poblaciones de insectos, aunque este impacto sea transitorio y afecte también a los insectos beneficiosos.

Ante la resistencia desarrollada por numerosas plagas frente a los insecticidas convencionales y a causa los efectos adversos de estos sobre organismos benéficos, ha cobrado relevancia la búsqueda de estrategias de control alternativas basadas en compuestos naturales; entre ellas, el uso de extractos vegetales ha demostrado ser una opción prometedora debido a la presencia de metabolitos secundarios con actividad insecticida, repelente o atrayente de enemigos naturales. Por otra parte, *Thunbergia alata* (*T. alata*), conocida comúnmente como “ojo de poeta”, es una planta trepadora de la familia Acanthaceae, ampliamente distribuida en regiones tropicales y subtropicales, cuya especie se ha destacado por su contenido de cumarinas, que son metabolitos secundarios que desempeñan funciones clave en la protección contra patógenos, herbívoros y el estrés ambiental (Quijano-Abril et al., 2021). Las cumarinas en *T. alata* desempeñan un papel crucial en la defensa química de la planta, puesto que actúan como agentes antifúngicos, antioxidantes y repelentes frente a herbívoros. Dichas propiedades también han despertado interés en su potencial aplicación farmacológica y agroquímica, lo cual posiciona a *T. alata* como una especie relevante para estudios fitoquímicos y biotecnológicos (Vanegas Romero et al., 2023).

Dada la resistencia desarrollada por *F. occidentalis* y el impacto negativo de los insecticidas químicos en los enemigos naturales, ha aumentado el interés en el uso de extractos vegetales, como aceites esenciales y extractos de plantas, que contienen metabolitos secundarios con diversas actividades biológicas. No obstante, existen pocos estudios que aborden el control de *F. occidentalis* mediante estos métodos. En este contexto, el presente trabajo empleó extractos vegetales y cumarinas obtenidas mediante síntesis química verde para evaluar su efecto sobre la mortalidad de adultos de *F. occidentalis* bajo condiciones controladas.

Materiales y métodos

Ubicación del estudio

El estudio se realizó en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (5°32'07" N y 73°22'04" W), sede Tunja, que se encuentra a una altura promedio de 2804 m s. n. m., con temperatura media anual de 12.8 °C, precipitación media anual de 917 mm y humedad relativa entre 77 y 83 %.

Para el experimento se emplearon ejemplares de *F. occidentalis* recolectados de un cultivo de rosa en invernadero, localizado en el municipio de Suesca (5°03'44.9"N 73°50'12.9"W) en Cundinamarca,

Colombia, seleccionando individuos de plantas que no presentaran control químico por al menos 2 días. Los individuos se trasladaron en bolsas herméticas humedecidas con agua destilada estéril, dentro de las cuales se incluyeron botones florales.

Diseño experimental

Tratamientos evaluados

Los tratamientos incluyeron el extracto puro de hojas frescas (EHF) y el extracto puro de hojas secas (EHS) de *T. alata*, elaborados mediante el método de Soxhlet y siguiendo el procedimiento descrito por Rodríguez-Molano *et al.* (2019). Se realizaron pruebas cualitativas y cuantitativas para determinar el contenido de fenoles totales y cumarinas en los extractos, utilizando el método de Folin y Ciocalteu adaptado por Moreno-Medina *et al.* (2018).

Igualmente, se evaluaron los tratamientos EHF y EHS de *T. alata* en diluciones de 50 %, 25 % y 12.5 % en agua destilada. Como tratamientos separados, se incluyeron las cumarinas sintéticas 5,7-dihidroxi-4-metilcumarina (C1) y 7-aliloxi-4-metilcumarina (C2) (Figura 1) en una concentración de 500 ppm; además, se utilizó agua destilada como control. Todo ello se implementó para evaluar la eficacia de los tratamientos sobre la mortalidad de *F. occidentalis*.

Bioensayos para evaluar la mortalidad de *F. occidentalis*

Los tratamientos se realizaron en 3 réplicas, siguiendo una metodología modificada de Ren y Chong (2023). Cada repetición consistió en tomar una flor abierta, que fue sumergida durante 5 a 8 segundos en una solución de cada tratamiento a evaluar y se dejó secar a temperatura ambiente durante 5 minutos; luego la flor fue transferida a una caja de Petri, en la cual se introdujeron 15 adultos de *F. occidentalis* que inmediatamente fueron asperjados con el extracto a evaluar y, después, se cubrieron para evitar el escape.

El número de individuos vivos en cada flor se registró 24 horas después del tratamiento; posteriormente, se calculó el porcentaje de mortalidad utilizando la fórmula de Abbott (Ecuación 1), que relaciona el número de individuos vivos antes y después de la evaluación (Peláez Arroyo *et al.*, 2022).

$$\% \text{ mortalidad} = \frac{(x-y)}{x} \times 100 \quad (\text{Ec 1}).$$

Donde X es igual al número de individuos vivos del control y Y es igual al número de individuos vivos después de aplicar el tratamiento.

Análisis estadístico

Se empleó un diseño experimental de un solo factor con múltiples niveles, bajo un esquema completamente al azar. El factor considerado fue el tipo de tratamiento, con niveles representados por los extractos de hojas secas (EHS) y frescas (EHF) de *T. alata* en diferentes diluciones, las cumarinas (C1 y C2) a 500 ppm y el control con agua destilada. Dado que los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas no se cumplieron según las pruebas de Shapiro-Wilk y Bartlett, se aplicó el análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis. Posteriormente, para identificar diferencias específicas entre tratamientos se utilizó la prueba de Dunn con ajuste de Bonferroni, y de manera complementaria, la prueba de suma de rangos de Wilcoxon para comparaciones a pares, con el fin de reducir redundancias y fortalecer la interpretación de los resultados.

Para verificar los supuestos, se aplicaron las pruebas de homogeneidad de Bartlett y normalidad de Shapiro-Wilk. Posteriormente, el análisis de varianza no paramétrico se realizó mediante la prueba de Kruskal-Wallis, con ajuste de Bonferroni. Como análisis *post hoc* para identificar posibles diferencias significativas entre los tratamientos, se utilizó la prueba de Dunn. Además, se realizaron comparaciones por pares utilizando la prueba de suma de rangos de Wilcoxon con corrección de continuidad para determinar las diferencias específicas entre los tratamientos.

Los datos recopilados fueron tabulados en una hoja de cálculo en Excel y analizados utilizando el software estadístico R (versión 6.0.421), en conjunto con los paquetes “agricolae”, “PMCMRplus” y “dunn.test” (Dinno, 2015).

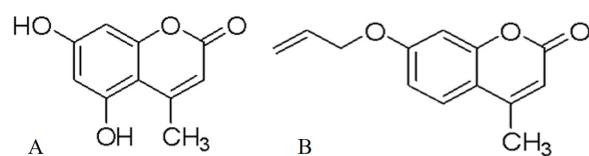


Figura 1. Estructura de las cumarinas evaluadas en la mortalidad de *F. occidentalis*. (A) 5,7-dihidroxi-4-metilcumarina y (B) 7-aliloxi-4-metilcumarina.

Tabla 1. Mortalidad de *F. occidentalis* bajo los tratamientos evaluados

Tratamiento	Mortalidad (%)	E.E.
EHS	77.94 *	8.6
EHF	21.78*	2.0
CUM	35.45*	2.1
Control	3.03	1.3

EHS: extracto de hojas secas; EHF: extracto de hojas frescas; CUM: cumarinas. E.E.: Extracto Etéreo. Valores dentro de una columna seguida de * son significativamente diferentes del control en *p* < 0.05 (prueba de Kruskal-Wallis seguida de la prueba de comparación múltiple de Dunn).

Resultados y discusión

Los porcentajes de mortalidad de *F. occidentalis* variaron ampliamente según el tratamiento, con valores que oscilaron entre 0 % hasta el 100 %. Como se evidencia en la Tabla 1, se observaron diferencias significativas entre todos los tratamientos al ser comparados con el grupo de control ($p < 0.05$), lo cual arrojó un porcentaje de mortalidad mayor para el EHS (77.94 %) y cumarinas (35.45 %).

Por su parte, la matriz de comparaciones de Wilcoxon permitió comparar tratamientos entre sí; allí se observaron diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos evaluados (Tabla 2), de acuerdo con los valores de p ajustados mediante el método de Bonferroni. La prueba de Kruskal-Wallis reveló diferencias significativas entre los tratamientos, lo que respalda la conclusión de que, al menos, un tratamiento difiere significativamente de los demás.

A pesar de que las cumarinas no provocaron valores superiores al 50 % de mortalidad, su acción sigue siendo relevante. Según Ayelo *et al.* (2021), los compuestos fenólicos volátiles liberados por plantas de tomate dañadas por herbívoros atraen a *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae), un depredador de la mosca blanca. Por otro lado, las cumarinas producidas por la interacción entre hongos micorrízicos arbusculares y plantas de alfalfa han demostrado efectos insecticidas contra *Spodoptera litura* (Lu *et al.*, 2022). Sin embargo, el uso de cumarinas en el control de insectos ha mostrado resultados contradictorios, ya que algunas moléculas de esta familia, como la O-feruloil cumarina, pueden atraer a *F. occidentalis*, generando un efecto opuesto al esperado en la defensa de las plantas (Zhang *et al.*, 2022).

Las acantáceas y otras plantas no hospedantes de *F. occidentalis* han demostrado ser una alternativa en el control de esta especie, como es el caso del extracto de hojas de *Sclerochiton harveyanus*. Esta acantácea ocasionó la mortalidad de *F. occidentalis* hasta en un 90 % con una dilución de 1000 ppm del extracto puro en metanol; de igual manera, valores inferiores se alcanzaron con especies del género *Plectranthus*, lo que dio como resultado una mortalidad hasta del 50 %

Tabla 2. Comparaciones de tratamientos evaluados mediante la prueba de suma de rangos de Wilcoxon con corrección de continuidad

Tratamiento	Control	CUM	EHF
CUM	6.20E-06	-	-
EHF	0.00015	0.00095	-
EHS	0.00015	0.01462	0.00102

Kruskal-Wallis chi-squared = 43.927; $df = 3$; p -value = 1.564e-09

P value adjustment method: Bonferroni Valores p inferiores a 0.05 indican que las medias difieren entre tratamientos de acuerdo con la prueba de comparación de Wilcoxon.

(Brown *et al.*, 2011). El valor de mortalidad obtenido por *S. harveyanus* ha sido asociado a la presencia de glucósidos iridoídes, compuestos que previamente se han reportado en hojas, frutos, semillas, cortezas y raíces de muchas familias de plantas, incluidas las Acanthaceae (Brown *et al.*, 2011), lo cual podría asociarse a los resultados obtenidos en este estudio, a pesar de que los reportes fitoquímicos de *T. alata* no reportan presencia de estos compuestos (Aal *et al.*, 2021; Suwannakud *et al.*, 2021).

Los resultados de la interacción entre los tratamientos y las diluciones en la mortalidad de *F. occidentalis* revelan diferencias significativas entre los grupos evaluados. Según la prueba de Kruskal-Wallis, se observa una diferencia entre, al menos, 1 de los 11 grupos, lo que indica variaciones significativas en la mortalidad según el tipo de extracto y la dilución utilizada (Tabla 3). Los resultados de mortalidad evidencian diferencias significativas entre los tratamientos de EHS y de cumarinas en comparación con el control, a diferencia del EHF. Los valores promedio de mortalidad oscilaron entre un 97 % para el EHS sin diluir y un 29.92 % para las cumarinas. El EHS destacó como el tratamiento más efectivo, puesto que alcanzó un 97 % de mortalidad al 100 % de concentración, y un 50 % de mortalidad al 50 % de dilución. En contraste, el EHF al 12.5 % de dilución mostró la menor eficacia, con un 17 % de mortalidad. Cabe resaltar que la dilución al 12.5 % de EHS no presentó diferencias significativas en comparación con el control.

Las comparaciones de la interacción entre tratamientos y diluciones, realizadas mediante la prueba de suma de rangos de Wilcoxon (Tabla 4), confirmaron diferencias significativas entre las diluciones para ciertos tratamientos. Por ejemplo, se

Tabla 3. Interacción entre los tratamientos y las diluciones evaluadas sobre la mortalidad de *F. occidentalis*

	Mortalidad	E.E.
EHS	100 %	97.44*
	50 %	93.52*
	25 %	91.63*
	12.5 %	29.17
EHF	100 %	30.44
	50 %	19.41
	25 %	19.91
	12.5 %	17.35
CUM	C1	40.97*
	C2	29.92*
Control	3.03	3.0

Extracto de hojas secas (EHS); extracto de hojas frescas (EHF); cumarinas (CUM); cumarina 1 (C1); cumarina 2 (C2). E.E: Extracto Etéreo. Valores dentro de una columna seguida de * son significativamente diferentes del control en $p < 0.05$ (prueba de Kruskal-Wallis seguida de la prueba de comparación múltiple de Dunn).

Tabla 4. Comparaciones de la interacción entre tratamientos y diluciones evaluadas

	EHF100 %	EHS 100 %	EHF 12.50 %	EHS 12.50 %	EHF 25 %	EHS 25 %	EHF 50 %	EHS 50 %	Control	CUM C_1
EHS 100 %	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EHF 12.50 %	1	0.095	-	-	-	-	-	-	-	-
EHS 12.50 %	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-
EHF 25 %	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-
EHS 25 %	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-
EHF 50 %	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-
EHS 50 %	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-
Control	0.2898	0.01	0.2898	0.2898	0.2898	0.045	0.2898	0.037	-	-
CUM C1	0.4115	0.4115	0.4115	0.4115	0.4115	0.4115	0.4115	0.4115	0.0012	-
CUM C2	1	0.4115	0.4115	1	0.648	0.4115	1	0.4115	0.0012	0.0087

Kruskal-Wallis chi-squared = 55.078; df = 10; p-value = 3.054e-08. P value adjustment method: Bonferroni. Extracto de hojas secas (EHS); extracto de hojas frescas (EHF); cumarinas (CUM); cumarina 1 (C1); cumarina 2 (C2). Valores p inferiores a 0.05 indican que las medianas difieren entre las diluciones de acuerdo con la prueba de comparación de Wilcoxon.

observó que las diluciones al 25 % y al 50 % de EHS y EHF difieren significativamente entre sí y con el control, mientras que no se encontraron diferencias significativas entre las diluciones al 12.5 % de ambos extractos. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar tanto el tipo de extracto como la dilución en la evaluación de la mortalidad de *F. occidentalis*, lo que proporciona información relevante para futuros estudios sobre el control de plagas.

Los resultados obtenidos en este estudio demostraron que los extractos de hojas secas, con valores promedio de mortalidad entre el 91 % y 97 % superaron el umbral mínimo de mortalidad requerido para un producto de alta eficacia, según Reddy *et al.* (2016), quienes indican que un producto de alta eficacia debe causar entre 86 % y 100 % de mortalidad. Además, los resultados de este estudio superaron los efectos de 5 insecticidas botánicos evaluados por Monteon-Ojeda *et al.* (2020), elaborados a partir de ajo, chile, canela y extracto de neem con valores promedio de 85.46 % y 81.61 %.

Tal como se anticipaba, la disminución de la dosis condujo a una reducción en la mortalidad de *F. occidentalis*, sin embargo la subdosificación de este tipo de extractos podría estar relacionada con el posible desarrollo de resistencias por parte de esta especie, dado que se ha demostrado que *F. occidentalis* es capaz de utilizar la unidad aromática de compuestos vegetales tóxicos, como los fenoles (por ejemplo, las cumarinas empleadas en este estudio) y los ácidos fenólicos, como sustitutos de los aminoácidos, lo cual es un factor asociado en el desarrollo de resistencias de esta especie (Zhang *et al.*, 2022). De igual manera, la disminución de la concentración de diferentes extractos ha demostrado influir negativamente en el control de *F. occidentalis*, como lo presentan

Brown *et al.* (2011); aun así, la forma y calidad de la aplicación de productos para control de esta especie influye un 62.747 % en la eficiencia del tratamiento para el control de *F. occidentalis* en condiciones de invernadero.

Algo similar se ha reportado con el aceite esencial de *Flourensia oolepis*, el cual mostró eficacia en el control de *Myzus persicae* y otras especies de insectos (García *et al.*, 2006). De manera análoga, es probable que los compuestos volátiles y activos presentes en los extractos de hojas secas de *T. alata* desempeñen un papel crucial en su elevada eficacia contra *F. occidentalis*.

Por otro lado, los efectos tóxicos y conductuales dosis-respuesta observados para el aceite de *Flourensia oolepis* en diversas especies de insectos sugieren que la combinación de múltiples compuestos activos en los aceites esenciales puede generar efectos sinérgicos, lo que aumenta la mortalidad en las plagas (García *et al.*, 2006). Asimismo, investigaciones sobre *Thunbergia alata* y *Thunbergia erecta* han revelado que sus extractos contienen importantes fitoquímicos, como el fitol y la oleamida, con potenciales actividades biológicas (Suwannakud *et al.*, 2021). Estos compuestos han mostrado efectos insecticidas, aunque también se han reportado actividades citotóxicas y genotóxicas en células humanas. Por ello, antes de considerar su uso en programas de manejo integrado de plagas, es necesario profundizar en evaluaciones de seguridad y toxicidad (Aal *et al.*, 2021).

En contraste, las cumarinas, aunque también efectivas, mostraron una mortalidad promedio menor, lo cual puede deberse a una menor diversidad de compuestos activos o a la ausencia de ciertos componentes sinérgicos presentes en los extractos

de hojas secas. Los estudios de Monteon-Ojeda *et al.* (2020) también destacan que los extractos botánicos complejos, que combinan varios compuestos bioactivos, tienden a ser más efectivos que los productos con un solo principio activo.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio resaltan la importancia de profundizar en el uso de extractos vegetales y cumarinas como alternativas viables para el control de *F. occidentalis*. La eficacia de los tratamientos varió significativamente según el tipo de extracto y su dilución, dentro de los cuales se destacaron los extractos de hojas secas (EHS) como los más efectivos, con una mortalidad promedio de hasta el 97 % en concentraciones puras, lo que posiblemente está asociado a una compleja composición química con múltiples compuestos bioactivos que contribuyen a su alta eficacia.

En definitiva, el uso de extractos vegetales y cumarinas ofrece una ventaja considerable sobre los insecticidas químicos tradicionales, ya que tienden a ser menos agresivos con los controladores naturales. Esto no solo reduce el impacto negativo en los enemigos naturales de las plagas, sino que también contribuye a disminuir el impacto ambiental de la producción agrícola. El enfoque en compuestos naturales permite una integración más sostenible y ecológica en las estrategias de manejo de plagas. Además, el efecto sinérgico de los metabolitos especializados presentes en los extractos vegetales puede potenciar la actividad insecticida y mejorar la efectividad del control de plagas. Aunque las cumarinas no superaron el 50 % de mortalidad en este estudio, su potencial en el manejo integrado de plagas no debe subestimarse, especialmente considerando su papel en la atracción de depredadores naturales y su efecto insecticida en combinación con otros factores biológicos.

Referencias

- Aal, F. A. E.; Mohammed, H.; Ibrahim, M. e Ismail, L. (2021). Chemical profiling of polyphenols in *Thunbergia alata* and in silico virtual screening of their antiviral activities against Covid-19. *Azhar International Journal of Pharmaceutical and Medical Sciences*, 1(2), 94-100. <https://doi.org/10.21608/ajpms.2021.72999.1062>
- Ayelo, P. M.; Yusuf, A. A.; Pirk, C. W.; Chailleux, A.; Mohamed, S. A. y Deletre, E. (2021). Terpenes from herbivore-induced tomato plant volatiles attract *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae), a predator of major tomato pests. *Pest Management Science*, 77(11), 5255-5267. <https://doi.org/10.1002/ps.6568>
- Brown, A. S. S.; Veitch, N. C. y Simmonds, M. S. J. (2011). Leaf chemistry and foliage avoidance by the thrips *Frankliniella occidentalis* and *Heliothrips haemorrhoidalis* in glasshouse collections. *Journal of Chemical Ecology*, 37(3), 301-310. <https://doi.org/10.1007/s10886-011-9918-3>
- Dinno, A. (2015). Nonparametric pairwise multiple comparisons in independent groups using Dunn's test. *The Stata Journal*, 15(1), 292-300. <https://doi.org/10.1177/1536867X1501500117>
- Ebratt-Ravelo, E. E., Castro-Avila, A. P., Vaca-Uribe, J. L., Corredor-Pardo, D., Hance, T., & Goldarazena, A. (2019). OUP accepted manuscript. *Journal Of Insect Science*. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iez009>
- García, M.; González-Coloma, A.; Donadel, O. J.; Ardanaz, C. E.; Tonn, C. E. y Sosa, M. E. (2006). Insecticidal effects of *Flourensia oolepis* Blake (Asteraceae) essential oil. *Biochemical Systematics and Ecology*, 35(4), 181-187. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2006.10.009>
- García Suárez, P. D. y Cuervo Bejarano, W. J. (2021). Nematode of the genus *Steinernema* sp. as a possible controller of *Frankliniella occidentalis* in the propagation of cuttings of four standard carnation crops in the Bogotá plateau. *Centrosur Agraria*, 1(9). <https://centrosuragraria.com/index.php/revista/article/view/73/151>
- He, Z.; Guo, J.; Reitz, S. R.; Lei, Z. y Wu, S. (2019). A global invasion by the thrip, *Frankliniella occidentalis*: Current virus vector status and its management. *Insect Science*, 27(4), 626-645. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12721>
- Miranda Ramírez, J. M.; Perales-Segovia, C.; Miranda-Salcedo, M.; Miranda-Medina, D. y Perales-Aguilar, L. (2023). Efecto de productos biorracionales sobre trípids *Franklinella occidentalis* Pergande 1895 (Thysanoptera: Thripidae) y sus enemigos naturales para limón mexicano. *Revista Bio Ciencias*, 10. <https://doi.org/10.15741/revbio.10.e1386>
- Monteon-Ojeda, A.; Damián-Nava, A.; Cruz Lagunas, B.; Durán-Trujillo, Y.; Piedragil-Ocampo, B.; Grifaldo-Alcántara, P. F.; Hernández-Castro, E. y García-Escamilla, P. (2020). Eficacia de insecticidas botánicos y biorracionales para el control de trípids (Thysanoptera: Thripidae) en árboles de mango en Veracruz, México. *Revista Bio Ciencias*, 7. <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e1031>
- Moreno-Medina, B. L.; Casierra-Posada, F. y Cutler, J. (2018). Phytochemical composition and potential use of *Rubus* species. *Gesunde Pflanzen*, 70(2), 65-74. <https://doi.org/10.1007/s10343-018-0416-1>
- Peláez Arroyo, A.; Vargas Hernández, M.; Acosta Ramos, M.; Ayvar Serna, S.; Díaz Nájera, J. F. y Tejada Reyes, M. A. (2022). Efectividad residual de insecticidas en *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) en el cultivo de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(4), 675-686. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i4.2937>
- Quijano-Abril, M. A.; Castaño López, M.; Marín-Henao, D.; Sánchez-Gómez, D. A.; Rojas-Villa, J. M. y Sierra-Escobar, J. (2021). Rasgos funcionales de la especie invasora *Thunbergia alata* (Acanthaceae) y su importancia en la adaptación a bosques andinos. *Acta Botánica Mexicana*, 128. <https://doi.org/10.21829/abm128.2021.1870>
- Reddy, G. V.; Antwi, F. B.; Shrestha, G. y Kuriwada, T. (2016). Evaluation of toxicity of biorational insecticides against larvae of the alfalfa weevil. *Toxicology Reports*, 3, 473-480. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2016.05.003>
- Ren, L. y Chong, J. H. (2023). Repellency and toxicity of eight plant extracts against the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Applied Sciences*, 13(3), 1608. <https://doi.org/10.3390/app13031608>
- Rodríguez-Molano, C. E.; Pulido-Suarez, N. J. y Rodríguez-Montaña, A. (2019). Evaluación de tres extractos de plantas para inhibir el desarrollo de larvas de los parásitos gastrointestinales de ovinos. *Revista Cubana de Plantas*

- Medicinales, 23(3). <https://revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/449/323>
- Rodríguez-Arrieta, J. A.; Cambero-Campos, O. J.; González-Hernández, H. y Vargas-Martínez, A. (2023). El género *Frankliniella* (Thysanoptera: Thripidae) en *Persea americana* Mill. cv Hass en la región central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 34(3) 51360. <https://doi.org/10.15517/am.2023.51360>
- Sierra-Baquero, P. V.; Varón-Devia, E. H.; Gomes-Dias, L. y Monje-Andrade, B. (2020). Economic injury level for the flower thrips *Frankliniella* cf. *gardeniae* Moulton (Thysanoptera: Thripidae) in mango. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 73(2), 9213-9220. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v73n2.81729>
- Suwannakud, K.; Boonthai, P.; Noikotr, K.; Chaveerach, A.; Tanee, T.; Sudmoon, R.; Siripiyasing, P. y Saemram, N. (2021). Efficiency evaluation and usages of *Thunbergia* alata, *Thunbergia erecta* and their combination. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 83(3), 494-503. <https://doi.org/10.36468/pharmaceutical-sciences.798>
- Vanegas Romero, M. Á.; Chitiva, L. C.; Bravo-Chaucañés, C. P.; Hernández, A. X.; Parra-Giraldo, C. M. y Costa, G. M. (2023). Black-eyed Susan vine (*Thunbergia alata*): Evaluation of chemical and antifungal potential for an invasive plant species in Colombia. *Universitas Scientiarum*, 28(2), 217-229. <https://doi.org/10.11144/javeriana.sc282.besv>
- Zhang, Z.; Chen, Q.; Sa, R.; Dai, R.; Shuang, S.; Jiang, X.; Liu, H.; Tan, Y.; Tang, F. y Temuer, B. (2022). Morphological and biochemical factors associated with constitutive defense to thrips in alfalfa. *Agronomy*, 12(5), 1175. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051175>