

# Respuesta olfativa de *Trigonospila unicaldasi* (Díptera: Tachinidae) a volátiles de plantas de cítricos atacadas por *Compsus viridivittatus* (Coleoptera: Curculionidae) y asperjadas con polisulfuro de calcio

Alberto Soto Giraldo<sup>1</sup>

## Resumen

**Objetivo:** Evaluar el efecto del polisulfuro de calcio en la respuesta olfativa de *Trigonospila unicaldasi* a olores de plantas de cítricos no atacadas y atacadas por *Compsus viridivittatus*. **Alcance:** El polisulfuro de calcio en dosis subletales no afecta la respuesta olfativa de *T. unicaldasi*. **Metodología:** Se evaluó a través de experimentos de olfatometría los efectos subletales del polisulfuro de calcio sobre la capacidad de *T. unicaldasi* en detectar volátiles de plantas de cítricos infestadas con *C. viridivittatus*. **Principales resultados:** El parasitoide *T. unicaldasi* puede diferenciar entre olores de plantas de cítricos no atacadas y plantas de cítricos atacadas por *C. viridivittatus* y asperjadas con polisulfuro de calcio. **Conclusiones:** El polisulfuro de calcio en la concentración de 1,75% no interfirió en la respuesta olfativa de *T. unicaldasi* alimentada de presas asperjadas.

**Palabras clave:** Volátiles de plantas, olfatómetro, polisulfuro de calcio, picudo de los cítricos.

## Olfactory response of *Trigonospila unicaldasi* (Díptera: Tachinidae) to volatiles from citrus plants attacked by *Compsus viridivittatus* (Coleoptera: Curculionidae) and sprayed with calcium polysulfide

## Abstract

**Objetives:** To evaluate the effect of calcium polysulfide on the olfactory response of *Trigonospila unicaldasi* to odors from citrus plants not attacked and attacked by *Compsus viridivittatus*. **Scope:** Calcium polysulfide in sublethal doses does not affect the olfactory response of *T. unicaldasi*. **Methodology:** The sublethal effects of calcium polysulfide on the ability of *T. unicaldasi* to detect volatiles from citrus plants infested with *C. viridivittatus* were evaluated through olfactometric experiments. **Main results:** The parasitoid *T. unicaldasi* can differentiate between odors of unattacked citrus plants and citrus plants attacked by *C. viridivittatus* and sprayed with calcium polysulfide. **Conclusions:** Calcium polysulfide at a concentration of 1.75% did not interfere with the olfactory response of *T. unicaldasi* fed on sprayed prey.

**Key words:** Plant volatiles, olfactometer, calcium polysulfide, citrus weevil.

\*FR: 24 X 2022. FA: 8 III 2023.

<sup>1</sup> I.A., M.Sc., Ph.D. Departamento de Producción Agropecuaria, Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia. E-mail: alberto.soto@ucaldas.edu.co

 orcid.org/0000-0002-9727-8919



### CÓMO CITAR:

Soto-Giraldo, A. (2023). Respuesta olfativa de *Trigonospila unicaldasi* (Díptera: Tachinidae) a volátiles de plantas de cítricos atacadas por *Compsus viridivittatus* (Coleoptera: Curculionidae) y asperjadas con polisulfuro de calcio. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 27(1), 85-93. <https://doi.org/10.17151/bccm.2023.27.1.5>



## Introducción

El cultivo de cítricos es uno de los sectores agroindustriales más importantes en el mundo, siendo una rama decisiva de la economía de varios países e importante generador de empleos (Mattos, 2019; Silva *et al.*, 2022). En Colombia, este cultivo tiene un gran potencial de crecimiento, pasó de exportar 2,6 millones de dólares en 2012 a más de 58 millones de dólares en 2021, exportaciones lideradas por los departamentos de Caldas, Antioquia, Santander, Valle del Cauca y Quindío (Procolombia, 2022).

Este cultivo se ve afectado durante su desarrollo por artrópodos plaga, entre los que se destacan: el ácaro tostador *Phyllocoptruta oleivora* (Acarina: Eriophyidae), el ácaro blanco *Poliphagotarsonemus latus* (Acarina: Tarsonemidae), la escama articulada *Selenaspidus articulatus* (Hemiptera: Diaspididae), el piojo blanco *Unaspis citri* (Hemiptera: Diaspididae), *Orthezia praelonga* (Hemiptera: Ortheziidae), la cochinilla harinosa *Planococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae), las moscas blancas *Aleurocanthus woglumi*, *Aleurothrixus floccosus* y *Dialeurodes citri* (Hemiptera: Aleyrodidae), el minador *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae), *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) y los picudos de los cítricos *Compsus obliquatus* Hustache, 1938 y *Compsus viridivittatus* (Guérin-Ménéville, 1855) (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae) (Espinal *et al.*, 2005; León, 2005; O'Brien y Peña, 2012; León y Kondo, 2017; Carabalí y Cardona, 2019).

Los picudos de los cítricos se consideran plagas de importancia económica para la citricultura en varios países productores. En Colombia, *C. viridivittatus* se encuentra distribuida en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cundinamarca, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima y Valle del Cauca (O'Brien y Peña, 2012). Su alta capacidad de reproducción y el daño que las larvas y adultos causan a las raíces, hojas, flores y frutos, lo convierten en una seria amenaza para la citricultura colombiana (Cano *et al.*, 2002; Peñaloza y Díaz, 2004). Estos insectos presentan una generación por año, o sea que son univoltinos. Los huevos se colocan en las hojas y tienen una duración de 10 a 20 días; las larvas pueden vivir entre 7 y 18 meses. Cuando nacen las larvas, rápidamente se dirigen o se dejan caer hacia el suelo para alimentarse de las raíces de los árboles; consumen el tejido externo de la corteza y de esta forma ocasionan el daño. Las altas infestaciones de larvas pueden producir la muerte de los árboles jóvenes cuando logran consumir totalmente la corteza de sus raíces (León y Kondo, 2017), ocasionando pérdidas hasta del 50% (Gallego *et al.*, 2004)

En Colombia se registra a *Gonalezia gloriosa* (Hymenoptera: Encyrtidae) y a *Fidiobia* sp. (Hymenoptera: Platygasteridae) parasitando el 50% de los huevos de *Compsus* (Jacas *et al.*, 2007; Estrada y Soto, 2011). *Trigonospila unicaldasi* (Díptera: Tachinidae) se encontró en Caldas (Colombia) y descrita como una nueva especie de parasitoide de adultos de *C. viridivittatus*, ejerciendo control del 75% de este insecto plaga en campo (Soto, 2011; Vinasco *et al.*, 2017).

Para su control, los agricultores realizan aplicaciones de productos químicos altamente tóxicos, ocasionando desequilibrio ambiental y afectando los enemigos naturales (Cano, 2002). Por lo tanto, se hace necesario utilizar productos alternativos a los agroquímicos convencionales. El polisulfuro de calcio es obtenido por el tratamiento térmico del azufre y la cal (Abbot, 1945). Esta mezcla se conoce, principalmente, debido a su acción fungicida (Montag *et al.*, 2005), y también es utilizada como acaricida e insecticida (Venzon *et al.*, 2007; Soto, 2009; Soto *et al.*, 2011, Fajardo *et al.*, 2013; Cabrera *et al.*, 2018). El efecto tóxico del polisulfuro de calcio a los insectos se da por la reacción de los compuestos de este sobre la planta, con el agua y el gas carbónico, resultando en gas sulfhídrico y azufre coloidal (Abbot, 1945).

Los compuestos orgánicos volátiles inducidos por herbívoros y liberados por las plantas son importantes como mecanismo de defensa para repeler insectos, para promover la reproducción al atraer polinizadores, son mensajeros intraespecíficos e interespecíficos, actúan como disuasivos de alimentación y de oviposición en insectos plaga (Marín y Céspedes, 2007; Ignacimuthu *et al.*, 2011; Ángeles *et al.*, 2012; Scala *et al.*, 2013; Dong *et al.*, 2016; Hijaz *et al.*, 2016), además sirven como señales importantes para parasitoides y depredadores para ubicar a su hospedante o presa (Baldwin *et al.*, 2001; Ponzio *et al.*, 2013; Schettino, 2017; Salamanca *et al.*, 2018; De Lange *et al.*, 2019). Así se abren opciones para desarrollar nuevas estrategias en programas de control biológico y etológico, con el objetivo de mejorar la eficacia de los enemigos naturales en la supresión de poblaciones de plagas en los cultivos (Peñaflor y Bento, 2013). Además, la defensa de las plantas contra herbívoros implica la participación de una amplia gama de metabolitos, algunos actúan directamente como armas defensivas contra enemigos como son los glucosinolatos y benzoxazinoides, que desencadenan la acumulación de polisacáridos protectores como una barrera contra áfidos y patógenos (Maag *et al.*, 2015).

En este trabajo se estudió el efecto del polisulfuro de calcio en la respuesta olfativa de *Trigonospila unicaldasi* a olores de plantas de cítricos no atacadas y atacadas por *Compsus viridivittatus*.

## **Materiales y métodos**

El estudio se realizó en el Centro de Investigación y Cría de Enemigos Naturales de la Universidad de Caldas, ubicado en el municipio de Manizales, Colombia (Coordenadas: 5° 05' N y 75° 40' W). Se evaluó el efecto del polisulfuro de calcio sobre la capacidad de búsqueda del parasitoide *T. unicaldasi* por volátiles provenientes de plantas de cítricos infestadas por *C. viridivittatus*.

Se estimaron las concentraciones letales y subletales del polisulfuro de calcio sobre adultos de *C. viridivittatus*, los cuales se colectaron en cultivos de cítricos de la granja Montelindo

de la Universidad de Caldas. Las concentraciones evaluadas se seleccionaron a través de bioensayos preliminares, se situaron entre el límite inferior, donde el producto no causó mortalidad, y el límite superior de respuesta, con un 100% de mortalidad.

El efecto letal y subletal del polisulfuro de calcio sobre *C. viridivittatus*, se ha estudiado de acuerdo con metodología adaptada de Penteado (2000), manejando tratamiento térmico del azufre y cal virgen, utilizando para cada litro de agua, 250 g de azufre y 125 g de cal virgen. La concentración obtenida del polisulfuro de calcio fue de 32°Baumé.

Para los bioensayos de concentración-respuesta se seleccionaron ramas de cítricos las cuales se infestaron con adultos de *C. viridivittatus*. Las ramas se depositaron en recipientes transparentes de 25 cm de largo por 20 cm de diámetro y dentro de este se colocó una base de espuma humedecida, después se expusieron los individuos a la aplicación directa con el producto a diferentes concentraciones (0,25; 0,50; 0,75; 1,0; 1,25; 1,50; 1,75; 2,0; 2,25; 2,5; 2,75 y 3,0%), se utilizó un testigo absoluto y por cada tratamiento se realizaron cinco repeticiones. La mortalidad se evaluó cada 12 h después a la aplicación del producto y la concentración-mortalidad se estimaron por el análisis de Probit (Finney, 1971), y la concentración letal media (CL50) y concentración letal 95 (CL95) se calcularon utilizando la función descrita por Pacheco y De Freitas-Rebelo (2013) en el programa estadístico R (R Development Core Team,).

La respuesta olfativa de adultos de *T. unicaldasi* a los volátiles de la planta hospedera infestada con *C. viridivittatus* y asperjados con polisulfuro de calcio fue evaluada en olfatómetro tipo “Y” (diámetro interno de 0,5 cm y el largo de los brazos de 5 cm) (Pallini *et al.*, 1997). El aparato está constituido por un tubo de vidrio en forma de “Y”, siendo que cada brazo está conectado por una manguera a dos cajas de plástico transparentes (50 x 36 x 43 cm). Dentro de estas cajas se pusieron las fuentes de olores, que fueron plantas de cítricos no atacadas por fitófagos o plantas de cítricos atacadas con *C. viridivittatus*. El flujo de aire se produjo por un ventilador conectado a la base del tubo de vidrio, formando una corriente de aire uniforme en los dos brazos del aparato. La velocidad de la corriente de aire dentro del olfatómetro fue de 0,45 m/s en cada brazo, medida por fluxómetros digitales y calibrada por registro manual. Los adultos de *T. unicaldasi* se colocaron en la extremidad basal del olfatómetro, contra la corriente de aire formada en el interior del aparato. Se consideraron en el análisis aquellos insectos que respondieron y llegaron al punto de unión del tubo en donde realizaron escogencia por una de las fuentes, considerándose una respuesta positiva la llegada del parasitoide hasta la extremidad de uno de los brazos del olfatómetro.

Los tratamientos correspondieron a la exposición de los parasitoides *T. unicaldasi* a agua destilada (control) y a *C. viridivittatus* con residuos de polisulfuro de calcio (1,75%), correspondiente a la CL50 de la plaga (Tabla 1). Como fuentes de olores se utilizaron plantas de cítricos con 20 hojas no infestadas y plantas infestadas con 20 adultos de *C.*

*viridivittatus* por planta. Los adultos de *T. unicaldasi* se liberaron individualmente en el olfatómetro y evaluaron uno a uno, en un total de 20 parasitoides por repetición, totalizando tres repeticiones por tratamiento. A cada cinco adultos evaluados, las posiciones de las fuentes de olores se invirtieron, y al final de cada repetición las hojas de cítricos se trocaron con el fin de evitar la pseudorepetición (Ramírez *et al.*, 2000). Las diferencias entre los números de parasitoides que escogieron para cada una de las fuentes de olores fueron evaluadas utilizando la prueba estadística *Replicated Goodness of Fit* (Sokal y Rohlf, 1995) considerando una frecuencia esperada de 0,5 para cada fuente de olor (Pallini *et al.*, 1997).

## Resultados y discusión

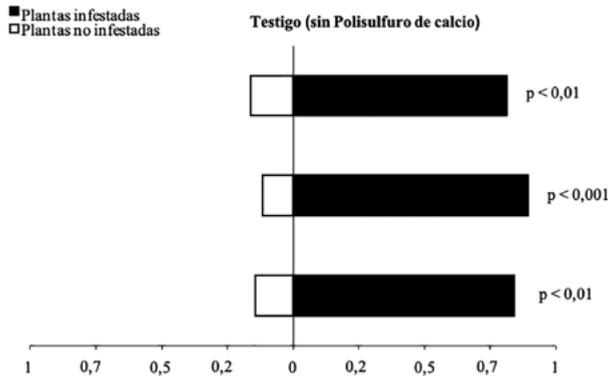
En la toxicidad letal del polisulfuro de calcio se obtuvieron la  $Cl_{50}$  de 1,75 y la  $Cl_{95}$  de 2,26% de concentración del producto a 32° B (Tabla 1).

**Tabla 1.** Toxicidad del polisulfuro de calcio a adultos de *C. viridivittatus*.

Producto	N <sup>1</sup>	Coficiente Angular ± EP <sup>2</sup>	$Cl_{50}$ <sup>3</sup> (I.C. a 95%)	$Cl_{95}$ <sup>4</sup> (I.C. a 95%)	X <sup>2</sup>	P
Polisulfuro de calcio	160	0,39± 0,03	1,75 (1,42 -1,96)	2,26 (2,11- 2,65)	0,83	0,96

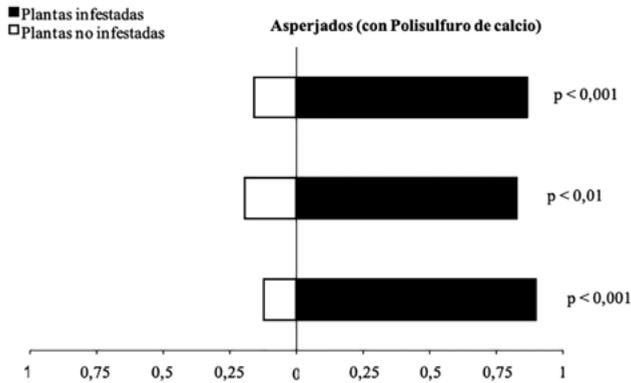
<sup>1</sup>Número de individuos evaluados; <sup>2</sup>Coficiente angular y error padrón de la media; <sup>3</sup>Concentración letal media e intervalo de confianza a 95%; <sup>4</sup>Concentración letal que causa 95% de mortalidad e intervalo de confianza a 95%.

En los análisis de olfatómetro, el parasitoide *T. unicaldasi* pulverizado con agua prefirió los olores de plantas de cítricos infestadas con *C. viridivittatus* a olores de plantas no infestadas (Gp= 42,35; g.l.= 1; p< 0,0001) (Figura 1). De estos parasitoides, 86% prefirieron plantas de cítricos infestadas con *C. viridivittatus* a plantas no infestadas. Estos resultados indican qué volátiles de la planta hospedera atacada por *C. viridivittatus* tienen un papel relevante en la localización de la presa por parte de *T. unicaldasi*.



**Figura 1.** Respuesta del parasitoide *T. unicaldasi* a los olores de plantas no infestadas y plantas de cítricos infestadas por *C. viridivittatus* en olfatómetro tipo “Y”. Cada barra corresponde a una repetición (n= 20 parasitoides). (Gp = 42,35; g.l.= 1;  $p < 0,0001$ )

Cuando *C. viridivittatus* se asperjó con la dosis subletal de polisulfuro de calcio, el parasitoide *T. unicaldasi* expuesto a residuos del producto continuó prefiriendo los olores de plantas de cítricos infestadas con *C. viridivittatus* a los de plantas no infestadas (Gp= 52,21; g.l.= 1;  $p < 0,0001$ ) (Figura 2). De estos parasitoides, 81% prefirieron plantas de cítricos infestadas con *C. viridivittatus* asperjadas con Polisulfuro de calcio, lo que indica que la dosis subletal aplicada de este producto no afecta la capacidad de búsqueda de *T. unicaldasi*.



**Figura 2.** Respuesta del parasitoide *T. unicaldasi* a los olores de plantas no infestadas y plantas de cítricos infestadas por *C. viridivittatus* con aplicación de polisulfuro de calcio en olfatómetro tipo “Y”. Cada barra corresponde a una repetición (n= 20 parasitoides). (Gp = 52,21; g.l.= 1;  $p < 0,0001$ )

De acuerdo con los resultados obtenidos, *T. unicaldasi* puede diferenciar entre olores de plantas de cítricos no atacadas y plantas de cítricos atacadas por *C. viridivittatus*. El polisulfuro de calcio en la concentración de 1,75% no interfirió en la respuesta olfativa de *T. unicaldasi* alimentado de presas asperjadas, pudiendo discriminar entre plantas infestadas por *C. viridivittatus* y plantas no infestadas.

*T. unicaldasi* expuesta a concentraciones subletales de polisulfuro de calcio en el campo, al conseguir encontrar sus presas, no compromete el control biológico natural ejercido sobre *C. viridivittatus*. De esta manera *T. unicaldasi* puede aumentar la eficiencia en la localización de presas, pudiendo reducir el tiempo necesario para localizarlas. Con estos resultados se evidencia que el polisulfuro de calcio aplicado al 1,75% de concentración se podría utilizar en plantaciones de cítricos cuando *C. viridivittatus* alcance los niveles de daño económico, complementando el control con liberaciones del parasitoide *T. unicaldasi*.

Los volátiles de plantas juegan un papel vital en la atracción de los insectos herbívoros (Guerin y Visser, 1980), además sirven como señales para atracción de parasitoides y depredadores (Turlings y Wackers, 2004). Ton *et al.* (2007), observaron en maíz el aumento de compuestos volátiles ocasionado por el daño de *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) a la planta, lo que generó atracción del parasitoide *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae), por lo que deducen que los volátiles juegan un papel clave en las decisiones de localización del hospedante. Norin (2001) y Metcal y Lockmann (1992) expresaron que los áfidos y otros insectos son repelidos por compuestos volátiles terpenoides, como el salicilato de metilo, inhibiendo su atracción hacia la planta hospedante.

Murillo *et al.* (2020) encontraron que cuando *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) fue asperjado con la dosis subletal de azadirachtina, el parasitoide *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) expuesto a residuos de azadirachtina continuó prefiriendo los olores de plantas de frijol infestadas con *T. vaporariorum* a los de plantas no infestadas.

Venzon *et al.* (1999) observó en experimentos de invernadero que el predador *Orius laevigatus* (Hemiptera: Anthocoridae) prefirió plantas de pepino infestadas por el ácaro *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) que plantas no atacadas por estos herbívoros. Teodoro (2003) estudió la interferencia de los acaricidas fenibutatina y azufre sobre la capacidad de búsqueda del ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae) a olores de plantas no atacadas y atacadas por los ácaros fitófagos *Oligonychus ilicis* y *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tetranychidae, Tenuipalpidae), encontrando que los acaricidas en concentraciones subletales interfirieron en la capacidad de búsqueda del ácaro predador.

Con el entendimiento del papel que juegan los semioquímicos en la ecología y en los mecanismos de emisión de los compuestos orgánicos volátiles de las plantas inducidos por herbívoros, y que estos compuestos pueden incrementar atracción de enemigos naturales; se presentan opciones para desarrollar nuevas estrategias en programas de control biológico y etológico a partir de estos compuestos, con el objetivo de mejorar la eficacia de los enemigos naturales en la supresión de poblaciones de plagas en los cultivos (Reddy y Guerrero, 2004; Peñaflo y Bento, 2013).

## Conclusiones

En este trabajo se determinó que el polisulfuro de calcio aplicado a los cítricos en la dosis subletal no afecta la capacidad de búsqueda de *T. unicaldasi* sobre *C. viridivittatus*.

## Referencias bibliográficas

- Abbot, C. E. (1945). The toxic gases of lime-sulfur. *Journal Economic Entomology*, 38(5): 618-620.
- Ángeles, L. Y. I., Martínez, G. N. A., Ramírez, R. R., López, M. G., Sánchez, H. C. y Délano, F. J. P. (2012). Cross-Kingdom effects of plant-plant signaling via volatile organic compounds emitted by tomato (*Solanum lycopersicum*) plants infested by the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*). *J. Chem. Ecol.* 38(11): 1376-138.
- Baldwin, I., Kessler, A. y Halitschke, R. (2001). Volatile signaling in plant-plant-herbivore interactions: what is real? *Curr. Opin. Plant Biol.*, 5:1-4.
- Cano, D. M., Bustillo, A. E., Cárdenas, R. y Orozco, L. (2002). Biología y enemigos nativos del picudo de los cítricos *Compsus* n. sp. (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 28(1): 43-52.
- Cabrera, M. A., Robledo, J. y Soto, A. (2018). Actividad insecticida del caldo sulfocálcico sobre *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 22(2): 24-32. DOI: 10.17151/bccm.2018.22.2.2
- Carabali, A. y Cardona, D. A. (2019). Monitoreo de adultos del picudo de los cítricos *Compsus viridivittatus* (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae) en Valle del Cauca, Colombia. *Rev. Colomb. Entomol.*, 45(2): 1-11.
- De Lange, E. S., Salamanca, J., Polashock, J. y Rodríguez-Saona, C. (2019). Genotypic Variation and Phenotypic Plasticity in Gene Expression and Emissions of Herbivore-Induced Volatiles, and their Potential Tritrophic Implications, in Cranberries. *Journal of Chemical Ecology*, 1-15.
- Dong, F., Fu, X., Watanabe, N., Su, X. y Yang, Z. (2016). Recent advances in the emission and functions of plant vegetative volatiles. *Molecules*, 21(2): 1-10.
- Espinal, C. F., Martínez, C. H. J. y Peña, M. Y. (2005). *La cadena de cítricos en Colombia una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005*. Documento de trabajo No. 66. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agrociencias.
- Estrada, D. y Soto, A. (2011). Parasitismo de *Fidiobia* sp. (Hymenoptera: Platygasteridae) sobre *Compsus* sp. (Coleoptera: Curculionidae). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 15(2): 201-205.
- Fajardo, S. C., Soto, A. y Kogson, J. F. (2013). Eficiencia de productos alternativos contra *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 17(1): 91-97.
- Finney, D. J. (1971). *Probit analysis*. Cambridge University Press.
- Gallego, J. S., Caicedo, A. M., Carabali, A. y Muñoz, J. E. (2004). Comportamiento alimenticio y de oviposición de *Compsus viridivittatus* (Coleoptera: Curculionidae) en especies de cítricos. *Rev. Colomb. Entomol.*, 38(2): 191-195.
- Guerin, P. M. y Visser, J. H. (1980). Electroantennogram responses of the carrot fly, *Psila rosae*, to volatile plant components. *Physiological Entomology* 5, 111-119.
- Hijaz, F., Nehela, Y. y Killiny, N. (2016). Possible role of plant volatiles in tolerance against huanglongbing in citrus. *Plant Signaling Behavior*, 11(3): 1-12.
- Ignacimuthu, S., Ward, A. R., Sharma, H. C. y Paulraj, M. G. (2011). Herbivore induced plant volatiles: their role in plant defense for pest management. *Plant Signaling and Behavior*, 6(12): 1973-1978.
- Jacas, J. A., Peña, J. E. y Duncan, R. E. (2007). Morphology and development of the immature stages of *Fidiobia dominica* Evans y Peña (Hymenoptera: Platygasteridae: Scliotrachelinae). *Annals of the Entomological Society of America*, 100(3): 413-417 (5).
- León, A. G. (2005). La diversidad de insectos en cítricos y su importancia en los programas de manejo integrado de plagas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* 74: 85-93.
- León M. G. y Kondo, T. (2017). Insectos y ácaros de los cítricos. Compendio ilustrado de especies dañinas y benéficas, con técnicas para el manejo integrado de plagas (2.a ed.). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Maag, D., Erb, M., Koellner, T. G. y Gershenzon, J. (2015). Defensive weapons and defense signals in plants: some metabolites serve both roles. *Bioessays*, 37(2): 167-174.
- Marín, L. J. C. y Céspedes, C. L. (2007). Compuestos volátiles de plantas. Origen, emisión, efectos, análisis y aplicaciones al agro. *Rev. Fitotec. Mex.*, 30(4): 327-351.

- Mattos, D. y Carlos, E. F. (2019). The role of the International Society of Citriculture on the world citrus industry. *Citrus Research & Technology*, 38: 228-232. <https://bit.ly/3BsYxKA>
- Metcalfe, R. L. y Luckmann, W. H. (1992). *Introducción al manejo de plagas de insectos*. Noriega.
- Montag, J., Schreiber, L. y Schonherr, J. (2005). An in vitro study on the infection activities of hydrated lime and lime sulphur against apple scab (*Venturia inaequalis*). *Journal of Phytopathology*, 153, 485-491.
- Murillo, O., Ramírez, M. C. y Soto, A. (2020). Efecto de dosis subletales de azadirachtina en la capacidad de búsqueda del parasitoide *Encarsia formosa* Gahan. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 24(1): 68-75. DOI: 10.17151/bccm.2020.24.1.4
- Norin, T. (2001). Pheromones and kairomones for control of pest insects. Some current results from a Swedish research program. *Pure Appl. Chem.*, 7(3): 607-612.
- O'Brien, C. W. y Peña, J. (2012). Two species of *Compsus* Schoenherr, new citrus pests from Colombia (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae). *Insecta Mundi*, 0227: 1-13.
- Pacheco, A. G. y De Freitas-Rebello, M. (2013). A simple R-based function to estimate lethal concentrations. *Marine Environmental Research*, 91: 41-44.
- Pallini, A., Janssen, A. y Sabelis, M. W. (1997). Odour-mediated responses phytophagous mites to conspecific and heterospecific competitors. *Oecologia*, 110: 179-185.
- Penteado, S. (2000). Controle alternativo de pragas e doenças com as caldas bordalesa, sulfocálcica e Viçosa. Buena Mendes Gráfica e Editora.
- Peñaflo, M. F. G. V. y Bento, J. M. S. (2013). Herbivore-induced plant volatiles to enhance biological control in agriculture. *Neotropical Entomol.*, 42(4): 331-343.
- Peñaloza, M. C. y Díaz, G. (2004). *Así se maneja y controla el picudo de los cítricos Compsus* sp. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA.
- Ponzio, C., Gols, R., Pieterse, C. M. J. y Dicke, M. (2013). Ecological and phytohormonal aspects of plant volatile emission in response to single and dual infestations with herbivores and phytopathogens. *Functional Ecol.*, 27(3): 587-598.
- Procolombia. (2022). Memorias Seminario internacional cítrícola, Bucaramanga 31 de marzo de 2022. [https://www.youtube.com/watch?v=Gkx\\_e\\_d-IS8&t=4027s](https://www.youtube.com/watch?v=Gkx_e_d-IS8&t=4027s)
- Ramírez, C. C., Fuentes, E., Rodríguez, L. C. y Niemeyer, H. M. (2000). Pseudoreplication and its frequency in olfactometric laboratory studies. *Journal of Chemical Ecology*, 26: 1423-1431.
- Reddy, G. y Guerrero, A. (2004). Interactions of insect pheromones and plant semiochemicals. *Trends Plant Sci.*, 9: 253-261.
- Salamanca, J., Souza, B. y Rodríguez-Saona, C. (2018). Cascading effects of combining synthetic herbivore-induced plant volatiles with companion plants to manipulate natural enemies in an agro-ecosystem. *Pest Management Science*, 74, 2133-2145.
- Scala, A., Allmann, S., Mirabella, R., Haring, M. A. y Schuurink, R. C. (2013). Green Leaf Volatiles: A Plant's Multifunctional Weapon against Herbivores and Pathogens. *Inter. J. Mol. Sci.*, 14(9): 17781-17811.
- Schetino, M., Grasso, D. A., Weldegergis, B. T., Castracani, C., Mori, A., Dicke, M., Van Lenteren, J. C. y Van Loon, J. J. A. (2017). Response of a predatory ant to volatiles emitted by aphid and caterpillar-infested cucumber and potato plants. *J. Chem. Ecol.*, 43(10): 1007-1022.
- Silva, G., Filho, J. G., Ribeiro, M. M. M., De Souza, C. W. O. y Ferreira, M. D. (2022). Antibacterial activity of nanoemulsions based on essential oils compounds against species of *Xanthomonas* that cause citrus canker. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 12(2): 1835-1846. <https://bit.ly/3LUeWNa>
- Sokal, R. R. y Rohlf, F. J. (1995). *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research*. W.H. Freeman.
- Soto, A. (2011). Parasitismo de *Trigonospila* sp. (Díptera: Tachinidae) sobre adultos delpicudo de los cítricos *Compsus* sp. en condiciones de campo. En [Socolen] Sociedad Colombiana de Entomología. *Resúmenes xxxviii Congreso Socolen* (p. 38). Socolen.
- Soto, A. (2009). Control del ácaro *Oligonychus ilicis* con caldo sulfocálcico. *Revista Agronomía*, 17(1): 7-11.
- Soto, A., Venzon, M. y Pallini, A. (2011). Integración de control biológico y de productos alternativos contra *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Revista U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica*, 14(1): 23-29.
- Teodoro, A. V. (2003). *Interferências subletais de acaricidas em uma teia alimentar de cafeeiro* (dissertação de mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Ton, J., D'Alessandro, M., Jourdie, V., Jakab, G., Karlen, D., Held, M., Mauch-mani, B. y Turlings, T. C. (2007). Priming by airborne signals boosts direct and indirect resistance in maize. *Plant Journal*, 49: 16-26.
- Turlings, T. C. J. y Wäckers, F. L. (2004). Recruitment of predators and parasitoids by herbivore-damaged plants. Pp. 21-75. In: R. T. Cardé y J. G. Miller (Eds.). *Advances in Insect Chemical Ecology*, Cambridge University Press.
- Venzon, M., Janssen, A. y Sabelis, M. W. (1999). Attraction of a generalist predator towards herbivore-infested plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 93: 305-314.
- Venzon, M., Pallini, A., Fadini, M. A. M., Oliveira, H., Miranda, V. S. y de Andrade, A. P. S. (2007). Controle alternativo de ácaros em hortaliças. (In) L. Zambolim (ed.) *Manejo integrado de doenças e pragas hortaliças*. (607-625). UFV.
- Vinasco, N., Vallejo, L. F. y Soto, A. (2017). New species of the genus *Trigonospila* Pokorny (Díptera: Tachinidae) parasitises adult *Compsus* sp. Schoenherr (Coleoptera: Curculionidae) in Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 21(2): 207-219. DOI: 10.17151/bccm.2017.21.2.14