

Efecto de dosis subletales de azadirachtina en la capacidad de búsqueda del parasitoide *Encarsia formosa* Gahan*

Oswaldo Murillo-Ramírez¹, María Camila Ramírez-Montoya² & Alberto Soto-Giraldo³

Resumen

Objetivos. Evaluar el efecto de la azadirachtina sobre la capacidad de búsqueda del parasitoide *Encarsia formosa* por volátiles provenientes de plantas de frijol infestadas por *Trialeurodes vaporariorum*. **Alcance.** La azadirachtina no afecta la capacidad de búsqueda de *E. formosa*. **Metodología.** Fue evaluado el efecto de la azadirachtina en dosis subletal sobre la capacidad de búsqueda del parasitoide *E. formosa* por volátiles provenientes de plantas de frijol infestadas por *T. vaporariorum*. **Principales resultados.** Cuando *T. vaporariorum* fue asperjado con la dosis subletal de azadirachtina, el parasitoide *E. formosa* expuesto a residuos de azadirachtina continuó prefiriendo los olores de plantas de frijol infestadas con *T. vaporariorum* a los de plantas no infestadas. **Conclusiones:** La azadirachtina aplicada en la dosis subletal no afecta la capacidad de búsqueda de *E. formosa* sobre *T. vaporariorum*.

Palabras clave: volátiles de plantas, manejo integrado de plagas, *Trialeurodes vaporariorum*, señales químicas

Effect of sublethal doses of azadirachtina on the ability to search of the parasitoid *Encarsia formosa* Gahan

Abstract


Objectives. To evaluate the effect of azadirachtina on the ability to search for the parasitoid *Encarsia formosa* by volatiles from bean plants infested by *Trialeurodes vaporariorum*. **Scope.** Azadirachtina does not affect the ability to search for *E. formosa*. **Methodology.** The effect of azadirachtina in sublethal dose on the ability to search for the parasitoid *E. formosa* by volatiles from bean plants infested with *T. vaporariorum* was evaluated. **Main results.** When *T. vaporariorum* was sprayed with the sublethal dose of azadirachtina, the parasitoid *E. formosa* exposed to azadirachtina residues continued to prefer the odors of bean plants infested with *T. vaporariorum* to those of non-infested plants. **Conclusions:** Azadirachtina applied in the sublethal dose does not affect the ability to search for *E. formosa* on *T. vaporariorum*.

Key words: volatile plants, integrated pest management, *Trialeurodes vaporariorum*, chemicals signals

* FR: 12-IX-2019. FA: 21-XI-2019.

¹ Estudiante Ingeniería Agronómica. Universidad de Caldas, Colombia E-mail: oswaldo.501320837@ucaldas.edu.co  0000-0001-7446-9475

² Estudiante Ingeniería Agronómica. Universidad de Caldas, Colombia E-mail: maria.501412640@ucaldas.edu.co  0000-0003-0560-5744.

³ I.A., M.Sc., Ph.D Entomología, Departamento de Producción Agropecuaria, Universidad de Caldas. E-mail: alberto.soto@ucaldas.edu.co  000-0002-9727-8919



CÓMO CITAR:

MURILLO-RAMIREZ, O., RAMIREZ-MONTOYA, M.C. & SOTO-GIRALDO, 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



Introducción

Cuando las plantas son atacadas por artrópodos liberan compuestos volátiles que cumplen importantes funciones ecológicas debido a las interacciones que se presentan entre dichas plantas con factores bióticos y abióticos, actuando como señales en la comunicación planta-planta, planta-ambiente y planta-animal (Mattiacci et al., 1995; Turlings et al., 1995; Röse et al., 1996; Calyecac et al., 2006; Holopainen & Gershenzon, 2010; Vivaldo et al., 2017).

Los compuestos volátiles de las plantas son sustancias químicas generalmente líquidas y lipofílicas, con una presión de vapor alta que les permite atravesar las membranas celulares libremente y salir hacia la atmósfera o el suelo en ausencia de una barrera de difusión (Pichersky et al., 2006), los cuales son emitidos por las partes vegetativas de las plantas cuando están expuestas a estímulos bióticos o abióticos (Scala et al., 2013; Dong et al., 2016; Cantúa et al., 2019). Estos compuestos volátiles son importantes para las plantas por que actúan como mecanismos de defensa para repeler insectos, atraer parasitoides y depredadores, los cuales actúan como mensajeros intra e interespecíficos (Takabayashi & Dicke, 1996; De Moraes et al., 1998; Du et al., 1998; Venzon et al., 1999; Arimura et al., 2000; Knudsen & Gershenzon, 2006; Marín & Céspedes, 2007; Khan et al., 2008; D'Alessandro et al., 2009; Dicke & Baldwin, 2010; Filella et al., 2011; Ángeles et al., 2012., Patiny, 2012; Ponzio et al., 2013; Schettino et al., 2017).

Michereff et al. (2011) determinó alta producción de compuestos volátiles (*E*, *E*)- α -farneseno, salicilato de metilo, (*Z*)-3-hexenil acetato y (*E*)-2-octen-1-ol, en estudios realizados sobre volátiles emitidos por el daño de herbívoros en plantas resistentes, comparado con plantas susceptibles de soja (*Glycine max* L.). Ángeles et al. (2012), detectaron un total de 36 compuestos orgánicos volátiles diferentes, 23 terpenoides, decanal, decano y salicilato de metilo producidos por plantas de tomate infestadas con mosca blanca de los invernaderos *T. vaporariorum*. Zabala (2010) menciona que frente al ataque de insectos las plantas responden produciendo compuestos volátiles como los monoterpenos o sesquiterpenos, que atraen a insectos carnívoros o parasitoides que se alimentan de las larvas que dañan las hojas. El ácido jasmónico regula la activación no solo de las defensas directas sino también las indirectas (volátiles), coordinando la defensa contra los insectos herbívoros. Tanto los insectos carnívoros como los parasitoides tienen receptores que pueden detectar los diferentes compuestos volátiles que emiten las plantas.

Los compuestos volátiles vegetales se podrían utilizar como una alternativa adicional para integrarla en los programas de manejo integrado de plagas, la cual ofrece un enfoque nuevo y ambientalmente racional para la protección de cultivos (James, 2005; Arab & Bento, 2006; Martínez, 2013; Peñaflor & Bento, 2013). También podrían explotarse como una alternativa importante para el manejo de plagas con el fin de

reducir la aplicación de insecticidas de síntesis utilizados para su control, disminuir la contaminación ambiental, aumentar la resistencia de las plantas a los insectos, particularmente la resistencia inducida, también puede ser manipulada con el uso de elicitores químicos de metabolitos secundarios, que confieren resistencia a los insectos (Sharma et al., 2012; Stenberg et al., 2015).

En este trabajo fue estudiado el efecto de dosis subletales del aceite de Neem en la respuesta olfativa del parasitoide *E. formosa* a olores de plantas de fríjol no atacadas y atacadas con *T. vaporariorum*

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). Fue evaluado el efecto de la azadirachtina sobre la capacidad de búsqueda del parasitoide *E. formosa* por volátiles provenientes de plantas de fríjol infestadas por *T. vaporariorum*. El aceite de Neem (4,5 mg/L de azadirachtina) fue aplicado en dosis de 0,2 mg i.a/L, valor este definido previamente por el análisis de Probit y que corresponde a CL_{53} , o sea a cuando la tasa instantánea de crecimiento poblacional $r_i = 0,1$ para el parasitoide *E. formosa* (Gutiérrez, 2016).

El experimento correspondiente a la respuesta olfativa de hembras *E. formosa* a los volátiles de la planta hospedera infestada con *T. vaporariorum* asperjados con azadirachtina fue evaluado 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 fueron colocadas las fuentes de olores, representadas por plantas de fríjol no atacadas por fitófagos o plantas de fríjol atacadas con *T. vaporariorum*. El flujo de aire fue producido 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 al interior del olfatómetro fue de 0,45 m/s en cada brazo, medida por fluxómetros digitales y calibrada por registro manual. Las hembras fueron colocadas en la extremidad basal del olfatómetro, contra la corriente de aire formada en el interior del aparato. Fueron consideradas en el análisis aquellas hembras 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 de la hembra hasta la extremidad de uno de los brazos del olfatómetro.

Los tratamientos correspondieron a la exposición de los parasitoides *E. formosa* a agua destilada (control) y a *T. vaporariorum* con residuos de azadirachtina (aceite de Neem 0,2 mg i.a/L). Como fuentes de olores fueron utilizadas plantas de fríjol con 10 hojas

no infestadas y plantas infestadas con cerca de 1000 formas inmaduras y adultos de *T. vaporariorum* por planta. Hembras *E. formosa* fueron liberadas individualmente en el olfatómetro y evaluadas una a una, en un total de 20 parasitoides por repetición, totalizando tres repeticiones por tratamiento. A cada cinco hembras evaluadas, las posiciones de las fuentes de olores fueron invertidas y, al final de cada repetición, las hojas de frijol fueron trocadas con el fin de evitar la pseudorepetición (Ramirez 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 & Rohlf, 1995) considerando una frecuencia esperada de 0,5 para cada fuente de olor (Pallini et al., 1997).

Resultados y Discusión

En los análisis de olfatómetro, el parasitoide *E. formosa* pulverizado con agua prefirió los olores de plantas de frijol infestadas con *T. vaporariorum* a olores de plantas no infestadas ($G_p = 33,25$; $g.l. = 1$; $p < 0,0001$) (figura 1). De estos parasitoides, el 81 % prefirieron plantas de frijol infestadas con *T. vaporariorum* a plantas no infestadas. Estos resultados muestran evidencia de que volátiles de la planta hospedera atacada por *T. vaporariorum* tienen un papel relevante en la localización de la presa por parte de *E. formosa*.

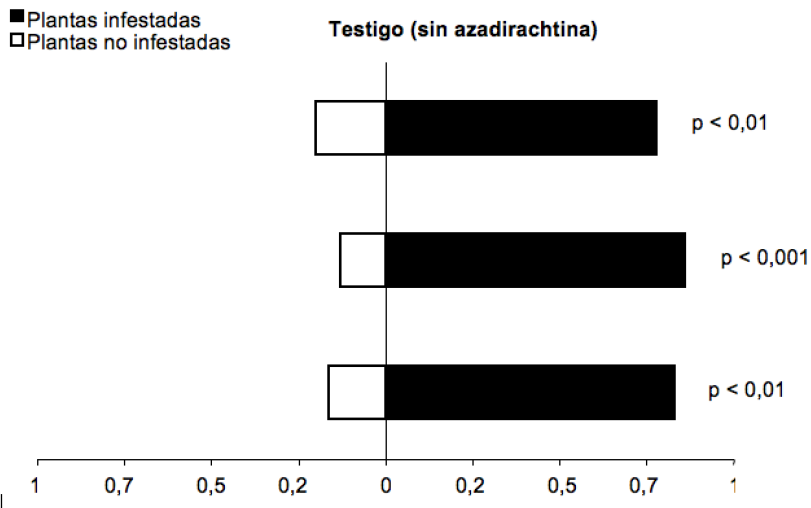


Figura 1. Respuesta del parasitoide *E. formosa* a los olores de plantas no infestadas y plantas de frijol infestadas por *T. vaporariorum* en olfatómetro tipo "Y". Cada barra corresponde a una repetición ($n = 20$ parasitoides). ($G_p = 33,25$; $g.l. = 1$; $p < 0,0001$)

Cuando *T. vaporariorum* fue asperjado con la dosis subletal de azadirachtina, el parasitoide *E. formosa* expuesto a residuos de azadirachtina continuó prefiriendo los olores de plantas de fríjol infestadas con *T. vaporariorum* a los de plantas no infestadas ($G_p = 45,23$; $g.l. = 1$; $p < 0,0001$) (figura 2). De estos parasitoides, 86 % prefirieron plantas de fríjol infestadas con *T. vaporariorum* asperjadas con azadirachtina, lo que indica que en la dosis subletal aplicada de azadirachtina el producto no afecta la capacidad de búsqueda de *E. formosa*.

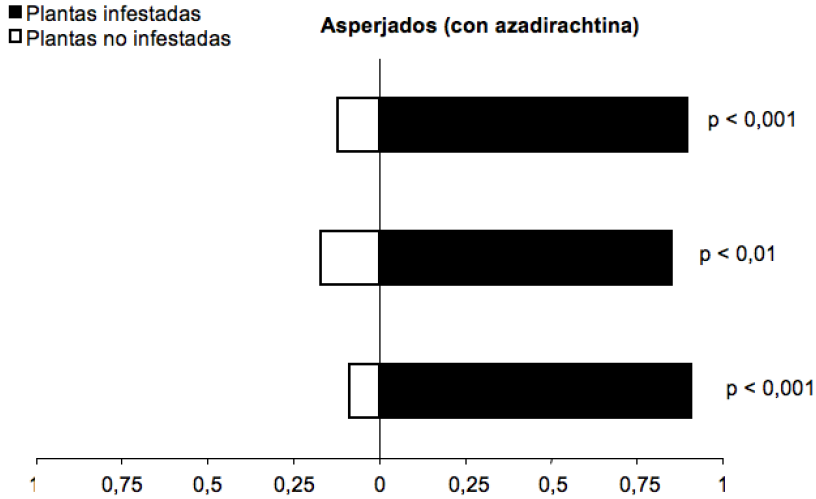


Figura 2. Respuesta del parasitoide *E. formosa* a los olores de plantas no infestadas y plantas de fríjol infestadas por *T. vaporariorum* con aplicación de azadirachtina en olfatómetro tipo "Y". Cada barra corresponde a una repetición ($n = 20$ parasitoides). ($G_p = 45,23$; $g.l. = 1$; $p < 0,0001$)

Los resultados muestran que *E. formosa* puede diferenciar entre olores de plantas de fríjol no atacadas y plantas de fríjol atacadas por *T. vaporariorum*. La azadirachtina en la concentración de 0,2 mg i.a/L (equivalente a la concentración cuando $ri = 0,1$ para el parasitoide) no interfirió en la respuesta olfativa de *E. formosa* alimentado de presas asperjadas, pudiendo discriminar entre plantas infestadas por *T. vaporariorum* y plantas no infestadas. La olfatometría es utilizada para estudiar la respuesta olfativa de parasitoides a olores de larga distancia, o sea, plantas no atacadas y plantas atacadas, así como colonias de insectos fitófagos dentro de la planta. Por tanto, *E. formosa* expuesta a concentraciones subletales de azadirachtina en el campo, al conseguir encontrar sus presas, no compromete el control biológico natural ejercido sobre *T. vaporariorum*. De esta manera *E. formosa* puede aumentar la eficiencia en la localización de presas, pudiendo reducir el tiempo necesario para localizarlas. Los resultados aquí encontrados evidencian que el Neem en la dosis aplicada se podría

utilizar en plantaciones de frijol cuando la mosca blanca *T. vaporariorum* alcance los niveles de daño económico, complementando el control con liberaciones del parasitoide *E. formosa*, sin que dicho producto afecte al enemigo natural.

Los volátiles de plantas dañadas por herbivoría se consideran que actúan como defensas indirectas de las plantas ya que sirven como señales confiables de que están presentes los hospederos y presas de los parasitoides y depredadores (Turlings & Wackers, 2004). Ton et al. (2007) en experimentos de laboratorio realizados con plantas de maíz, observaron el aumento en la concentración de compuestos orgánicos volátiles provocado por el daño de *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) a la planta, los cuales generaron una fuerte atracción del parasitoide *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae). Ortiz et al., (2019) encontraron que los volátiles liberados por plantas de maíz sanas son atractivos para las hembras de *Cotesia insularis* (Hymenoptera: Braconidae) y los volátiles que liberan las plantas dañadas por *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) son aún más atractivos, por lo que deducen que los volátiles juegan un papel clave en las decisiones de localización del hospedante.

Shi et al. (2016) encontraron que el ácido salicílico induce resistencia en las plantas contra patógenos biotróficos e insectos que se alimentan del floema; las aplicaciones de ácido salicílico podrían usarse para repeler, reducir la fecundidad, longevidad y supervivencia de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) en los cultivos y que aplicaciones de ácido salicílico también aumentan la cantidad y la composición de volátiles liberados por las plantas, especialmente la cantidad de metil salicilato y δ -limoneno.

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, se abren caminos 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 & Bento, 2013).

Conclusiones

En este trabajo se determinó que la azadirachtina aplicada en la dosis subletal no afecta la capacidad de búsqueda de *E. formosa* sobre *T. vaporariorum*.

Agradecimientos

A la Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados de la Universidad de Caldas por la financiación de la investigación.

Referencias

- Ángeles, L.Y.I., Martínez, G.N.A., Ramírez, R.R., López, M.G., Sánchez, H.C. & 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), 1376-1386.
- Arab, A. & Bento, J.M.S. (2006). Plant volatiles: new perspectives for research in Brazil. *Neotropical Entomol.*, 35(2), 151-158.
- Arimura, G., Ozawa, R., Shimoda, T., Nishiokai, T., Boland, W. & Takabayashi, J. (2000). Herbivory-induced volatiles elicit defense genes in lima bean leaves. *Nature*, 406, 512-515.
- Calyecac, C.H.G., Cibrián, T.J., López, C.J. & García, V.R. (2006). Emisores de los volátiles de atracción de *Trichobaris championi* Barber. *Agrociencia*, 40(5), 655-663.
- Cantúa, J.A., Flores, A. & Valenzuela, J.H. (2019). Compuestos orgánicos volátiles de plantas inducidos por insectos: situación actual en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10 (3), 729-742.
- D'Alessandro, M., Brunner, V., Von Mérey, G. & Turlings, T.C. (2009). Strong attraction of the parasitoid *Cotesia marginiventris* towards minor volatile compounds of maize. *Journal of Chemical Ecology*, 35, 999-1008.
- De Moraes, C.M., Lewis, W.J., Pare, P.W., Alborn, H.T. & Tumlinson, J.H. (1998). Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids. *Nature*, 393, 570-573.
- Dicke, M. & Baldwin, I.T. (2010). The evolutionary context for herbivore-induced plant volatiles: beyond the 'cry for help'. *Trends Plant Sci.*, 15(3), 167-175.
- Dong, F., Fu, X., Watanabe, N., Su, X. & Yang, Z. (2016). Recent advances in the emission and functions of plant vegetative volatiles. *Molecules*, 21(2), 1-10.
- Du, Y., Poppy, G.M., Powell, W., Pickett, J.A., Wadham, L.J. & Woodcock, C.M. (1998). Identification of semiochemicals released during aphid feeding that attract parasitoid *Aphidius ervi*. *Journal of Chemical Ecology*, 24, 1355-1368.
- Filella, I., Bosch, J., Llusà, J., Peñuelas, A. & Peñuelas, J. (2011). Chemical cues involved in the attraction of the oligolectic bee *Hoplitis adunca* to its host plant *Echium vulgare*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 39(4-6), 498-508.
- Gutiérrez, J.C. (2016). Efecto insecticida de extractos vegetales sobre *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) y sobre el parasitoido *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) (tesis de pregrado). Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.
- Holopainen, J.K. & Gershenzon, J. (2010). Multiple stress factors and the emission of plant VOCs. *Trends in Plant Science*, 15(3), 176-184.
- James, D.G. (2005). Further evaluation of synthetic herbivore-induced plant volatiles as attractants for beneficial insects. *Journal of Chemical Ecology* 31, 481-495.
- Khan, Z.R., James, D.G., Midega, C.A.O. & Pickett, J.A. (2008). Chemical ecology and sustainable biological control. *Biological Control*, 45, 210-224.
- Knudsen, J.T. & Gershenzon, J. (2006). The chemical diversity of floral scent. In N. Dudareva. & E. Pichersky. (Eds.), *Biology of Floral Scent* (pp. 27-45). Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Marín, L.J.C. & Céspedes, C.L. (2007). Compuestos volátiles de plantas. Origen, emisión, efectos, análisis y aplicaciones al agro. *Rev. Fitotec. Mex.*, 30(4), 327-351.
- Martínez, A. (2013). Introducción a la ecología química y su uso en el manejo de insectos plaga en sistemas forestales. En J. Villalide y J. Corley. (Eds), *Manejo integrado de plagas forestales* (pp. 1-14). Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Mattiacci, L., Dicke, M. & Posthumus, M.A. (1995). β -glucosidase: an elicitor of herbivore-induced plant odor that attracts host-searching parasitic wasps. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 92, 2036-2040.
- Michereff, M. F. F., Laumann, R. A., Borges, M., Michereff, F. M., Diniz, I. R., Neto, A.L.F. & Moraes, M. C. B. (2011). Volátiles mediating a plant-herbivore-natural enemy interaction in resistant and susceptible soybean cultivars. *J. Chem. Ecol.*, 37(3), 273-285.
- Ortiz, F.R., Hernández, J.C. & Malo, E.A. (2019). Respuesta olfativa de *Chelonus insularis* Cresson, 1865 (Hymenoptera: Braconidae) a compuestos volátiles emitidos por plantas de maíz. *Entomología mexicana*, 6, 346-351.
- Pallini, A., Janssen, A. & Sabelis, M. W. (1997). Odour-mediated responses phytophagous mites to conspecific and heterospecific competitors. *Oecologia*, 110, 179-185.
- Patiny, S. (2012). *Evolution of plant-pollinator relationships*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Peñaflor, M.F.G.V. & Bento, J.M.S. (2013). Herbivore-induced plant volatiles to enhance biological control in agriculture. *Neotropical Entomol.*, 42(4), 331-343.
- Pichersky, E., Noel, J.P. & Dudareva, N. (2006). Biosynthesis of plant volatiles: nature's diversity and ingenuity. *Science*, 311(5762), 808-811.
- Ponzio, C., Gols, R., Pieterse, C.M.J. & 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.
- Ramírez, C.C., Fuentes, E., Rodríguez, L.C. & Niemeyer, H.M. (2000). Pseudoreplication and its frequency in olfactometric laboratory studies. *Journal of Chemical Ecology*, 26: 1423-1431.
- Röse, U.S.R., Manukian, A., Heath, R.R. & Tumlinson, J.H. (1996). Volatile semiochemicals released from undamaged cotton leaves. *Plant Physiology*, 111, 487-495.
- Scala, A., Allmann, S., Mirabella, R., Haring, M.A. & Schuurink, R.C. (2013). Green Leaf Volatiles: A Plant's Multifunctional Weapon against Herbivores and Pathogens. *Inter. J. Mol. Sci.*, 14(9), 17781-17811.
- Schettino, M., Grasso, D.A., Weldegergis, B.T., Castracani, C., Mori, A., Dicke, M., Van Lenteren, J.C. & 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.
- Sharma, H.C., Ward, A.R., Paulraj, M.G., Ahmad, T., Buhro, A.H., Hussain, B. & Ignacimuthu, S. (2012). Mechanisms of plant defense against insect herbivores. *Plant Signaling and Behavior*, 7(10), 1306-1320.

- Shi, X., Chen, G., Tian, L., Peng, Z., Xie, W., Wu, Q., Wang, S., Zhou, X. & Zhang, Y. (2016). The salicylic Acid-mediated release of plant volatiles affects the host choice of *Bemisia tabaci*. *Inter. J. Mol. Sci.*, 17 (7), 1-11.
- Sokal, R. R. & Rohlf, F. J. (1995). *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research*. New York: W.H. Freeman.
- Stenberg, J.A., Heil, M., Ahman, I. & Björkman, C. (2015). Optimizing Crops for Biocontrol of Pests and Disease. *Trends Plant Sci.*, 20(11), 698-712.
- Takabayashi, J. & Dicke, M. (1996). Plant-carnivore mutualism through herbivore-induced carnivore attractants. *Plant Science.*, 1, 109-113.
- Ton, J., D'Alessandro, M., Jourdie, V., Jakab, G., Karlen, D., Held, M., Mauch-Mani, B. & Turlings, T.C. (2007). Priming by airborne signals boosts direct and indirect resistance in maize. *Plant Journal*, 49, 16-26.
- Turlings, T.C.J. & Wäckers, F.L. (2004). Recruitment of predators and parasitoids by herbivore-damaged plants. In R. T. Cardé & J. G. Miller (Eds), *Advances in Insect Chemical Ecology* (pp. 21-75). New York: Cambridge University Press
- Turlings, T.C.J., Loughrin, J.H., McCall, P.J., Rose, U.S.R., Lewis, W.J. & Tumlinson, J.H. (1995). How caterpillars-damaged plants protect themselves by attracting parasitic wasps. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 92, 4169-4174.
- Venzon, M., Janssen, A. & Sabelis, M.W. (1999). Attraction of a generalist predator towards herbivore-infested plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 93, 305-314.
- Vivaldo, G., Masi, E., Taiti, C., Caldarelli, G. & Mancuso, S. (2017). The network of plants volatile organic compounds. *Scientific Reports*, 7(1), 1-18.
- Zabala, J.A. (2010). Respuestas inmunológicas de las plantas frente al ataque de insectos. *Universidad Católica de Argentina*, 20 (117), 53-59