

## La fresa y su lenguaje químico

Neby M. Mérida-Torres<sup>1</sup> y Samuel Cruz-Esteban<sup>2\*</sup>

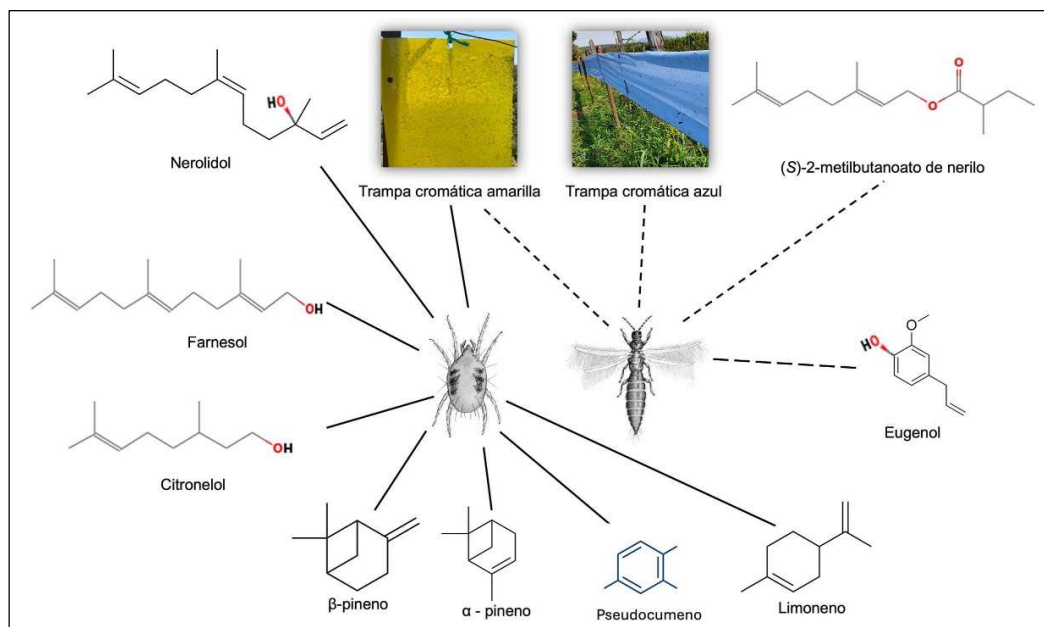
<sup>1</sup> Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente, El Colegio de la Frontera Sur

<sup>2</sup> Investigador independiente, Tapachula, Chiapas

\* Dirección para correspondencia: [cruzestebansam@gmail.com](mailto:cruzestebansam@gmail.com)

La fresa (*Fragaria spp.*, Rosaceae) es uno de los frutos más apreciados en todo el mundo, no solo por su sabor y aroma característicos, sino también por su relevancia económica en países productores como México. Sin embargo, su cultivo enfrenta serias amenazas derivadas de plagas que afectan tanto el rendimiento como la calidad del fruto. Entre las más importantes destacan la araña roja de dos manchas (*Tetranychus urticae* Koch, Acari: Tetranychidae) y el trips occidental de las flores (*Frankliniella occidentalis* Pergande, Thysanoptera: Thripidae) (Figura 1), cuya presencia puede ocasionar pérdidas significativas para los agricultores.

Lejos de atacar al azar, estas plagas utilizan un sofisticado sistema de localización basado en la detección de compuestos orgánicos volátiles (COVs), pequeñas moléculas orgánicas que las plantas liberan para interactuar con su entorno (Figura 1) (Dudareva *et al.*, 2006). Estos infoquímicos cumplen funciones esenciales en la ecología de las plantas: pueden atraer polinizadores que aseguren la reproducción, repeler herbívoros indeseados o incluso convocar a los enemigos naturales de las plagas. Sin embargo, este mismo lenguaje químico puede convertirse en una vulnerabilidad, pues ciertos herbívoros lo aprovechan para localizar más fácilmente a sus hospederos (Bruce y Pickett, 2011).



**Figura 1.** Interacción entre *Tetranychus urticae* con el color amarillo y algunos compuestos volátiles de plantas de fresa y conespecíficos, así como la interacción de *Frankliniella occidentalis* con los colores azul y amarillo, y con compuestos volátiles (Edición: Neby M. Mérida-Torres).

En el caso particular de la fresa, investigaciones recientes han demostrado que los perfiles de compuestos volátiles emitidos por la planta cambian de acuerdo con su estado fisiológico, es decir, si se encuentra sana o dañada. Esta variación en las emisiones influye en el comportamiento de plagas como *T. urticae* y *F. occidentalis*, que ajustan sus preferencias en función de dichas señales químicas (Zhang *et al.*, 2022; Mérida-Torres *et al.*, 2023). Además, se ha confirmado que la composición de COVs emitidos por las plantas de fresa no solo depende de su estado fenológico (brotación, floración o fructificación), sino también de las condiciones agroecológicas locales, lo que añade un nivel extra de complejidad a la interacción. Este conocimiento ha permitido identificar una posible secuencia de

ataque de ambas plagas. Los cultivos pueden ser invadidos de manera independiente por cualquiera de ellas, pero cuando coinciden, se ha observado que *T. urticae* tiende a colonizar primero, generando daños iniciales que posteriormente favorecen la atracción de *F. occidentalis*. Este último es igualmente atraído por plantas sanas y por aquellas previamente infestadas por la araña roja, lo que crea un escenario de infestación más rápido y difícil de manejar (Mérida-Torres *et al.*, 2024).

Estos hallazgos amplían nuestra comprensión de la ecología química en la fresa y abren nuevas oportunidades para el diseño de estrategias de manejo basadas en contextos regionales, como el desarrollo de trampas cromáticas y selectivas (atrayentes) que imiten compuestos volátiles específicos, reduciendo así la dependencia de insecticidas de amplio espectro y promoviendo un control más sostenible de las plagas (Mérida-Torres *et al.*, 2023 y 2024).

## **El lenguaje invisible: compuestos volátiles de la fresa**

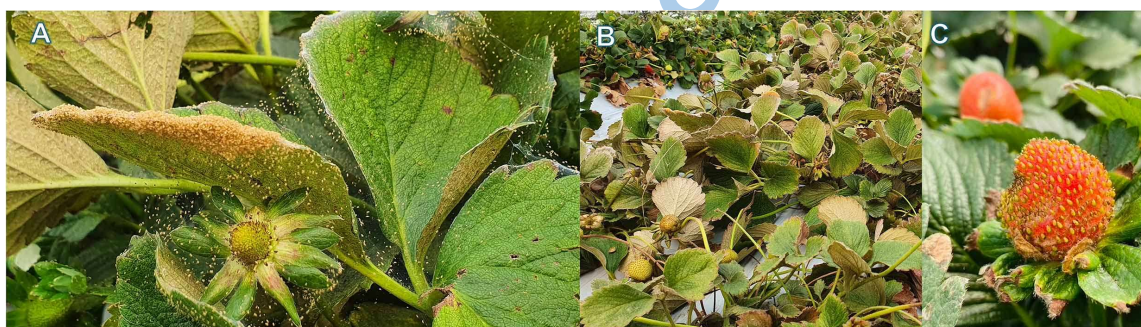
Las plantas cuentan con un sofisticado sistema de comunicación química basado en la liberación de COVs. Estas moléculas son emitidas por hojas, flores y frutos, y su producción se intensifica en condiciones de estrés, como sequías, heridas mecánicas o ataques de herbívoros (Dudareva *et al.*, 2006). En el caso de la fresa, este lenguaje químico cumple múltiples funciones: atraer polinizadores, repeler insectos herbívoros y, en algunos casos, convocar a depredadores o parasitoides

naturales de las plagas (Bruce y Pickett, 2011). Este sistema de defensa, sin embargo, también puede convertirse en un arma de doble filo. Plagas como la araña roja (*T. urticae*) y el trips (*F. occidentalis*) han desarrollado la capacidad de interpretar estas señales químicas para identificar y localizar a sus plantas hospedantes, aumentando así la probabilidad de infestación (Figura 1) (Zhang *et al.*, 2022; Mérida-Torres *et al.*, 2024). Comprender cómo estas plagas se “aprovechan” del lenguaje de las plantas no solo revela la complejidad de las interacciones ecológicas, sino que también abre la puerta al diseño de estrategias de manejo más inteligentes y sostenibles, basadas en manipular o imitar estos compuestos volátiles.

## **La araña roja de dos manchas (*Tetranychus urticae*)**

La araña roja es un ácaro diminuto que se alimenta de las células de las hojas de fresa, causando manchas cloróticas, debilitamiento general de la planta y, en infestaciones severas, incluso su muerte (Figura 2B). Investigaciones recientes revelan que *T. urticae* no solo es atraída por plantas sanas, sino que muestra una marcada preferencia por aquellas previamente dañadas por sus congéneres, debido a la composición específica de los COVs que estas liberan (Figura 2A). Este comportamiento facilita la colonización y rápida expansión de la plaga (Mérida-Torres *et al.*, 2023). Entre los compuestos asociados a esta atracción se encuentran moléculas como el  $\alpha$ -pineno, el pseudocumeno y el limoneno, que actúan como

señales químicas detectables por el ácaro (Figura 1) (Mérida-Torres *et al.*, 2023). Por otro lado, se ha demostrado que los machos de *T. urticae* muestran una fuerte atracción hacia el color amarillo, además de responder de manera sensible a compuestos como el farnesol, el nerolidol y el citronelol, los cuales han sido propuestos como posibles componentes feromonales (Figura 1) (Royalty *et al.*, 1993). Sin embargo, la efectividad de esta feromona aún requiere ser confirmada bajo condiciones de campo para validar su función ecológica. Este tipo de hallazgos abre la posibilidad de diseñar trampas cromáticas de nueva generación, que integren de forma sinérgica señales visuales y químicas para mejorar la captura y el monitoreo de la plaga en sistemas agrícolas.



**Figura 2.** A) Cultivo de fresa con alta incidencia de *Tetranychus urticae* y *Frankliniella occidentalis*, B) Cultivo después de ser atacado por *Tetranychus urticae* y C) Frutos de fresa deformes, posiblemente por daños de *Frankliniella occidentalis* (Fotografías: Samuel Cruz-Esteban).

## El trips occidental de las flores (*Frankliniella occidentalis*)

El trips es un insecto diminuto que ocasiona daños directos al raspar flores, hojas tiernas y frutos, y daños indirectos al transmitir virus como los tospovirus, que

reducen significativamente la productividad (Figura 2A, C). En cultivos de fresa, se ha demostrado que *F. occidentalis* ajusta su comportamiento de infestación según los volátiles emitidos por las plantas. Por ejemplo, puede sentirse atraído tanto hacia plantas sanas como hacia aquellas previamente infestadas por la araña roja (*T. urticae*), lo que sugiere una posible secuencia de ataque cuando ambas plagas coinciden en el cultivo (Zhang *et al.*, 2022; Mérida-Torres *et al.*, 2024). Además, no solo los COVs de las plantas influyen en esta interacción: también los volátiles emitidos por los adultos y huevos de *T. urticae* podrían desempeñar un papel clave en la atracción de *F. occidentalis*, ya que este trips se alimenta de los huevos de la araña roja. Esto indica que la presencia de *T. urticae* puede facilitar el establecimiento de *F. occidentalis*, generando un escenario de infestación más complejo y difícil de manejar en los cultivos de fresa. Por otro lado, se sabe que *F. occidentalis* presenta una marcada atracción hacia determinados colores, en especial el azul y el amarillo, además de responder de manera sensible a diversos compuestos volátiles como el eugenol y el (S)-2-metilbutanoato de nerilo (Figura 1) (Cruz-Esteban *et al.*, 2020; Cruz-Esteban, 2024). Este conocimiento ha sido aprovechado en el desarrollo de trampas cromáticas mejoradas, que combinan estímulos visuales y químicos para potenciar su eficacia. La sinergia entre ambos tipos de señales permite no solo incrementar la captura de individuos adultos, sino también optimizar el monitoreo de las poblaciones en campo. Estas herramientas representan un ejemplo claro de cómo la investigación en ecología química puede

traducirse en innovaciones prácticas para la agricultura, ofreciendo alternativas más selectivas y sostenibles frente al uso intensivo de insecticidas.

## Implicaciones para un manejo agrícola sostenible

El estudio del lenguaje químico de la fresa abre oportunidades para una agricultura más sostenible. El desarrollo de trampas cromáticas aromáticas con atrayentes sintéticos basados en COVs puede optimizar el monitoreo y control de plagas (Figura 1; El-Sayed *et al.*, 2006; Cruz-Esteban *et al.*, 2020; Cruz-Esteban, 2024). Además, la selección de variedades de fresa menos atractivas para *T. urticae* y *F. occidentalis* representa una estrategia prometedora para reducir infestaciones (Zhang *et al.*, 2022; Mérida-Torres *et al.*, 2023). Por último, la implementación de estrategias agroecológicas adaptadas a las condiciones locales favorece la acción de enemigos naturales y disminuye la dependencia de insecticidas de amplio espectro (Mérida-Torres *et al.*, 2024).

Una de las principales limitaciones de estas técnicas son sus elevados costos, lo que dificulta su adopción por los agricultores. No obstante, si se consideraran los daños ambientales y a la salud que podrían prevenirse mediante la implementación de estas estrategias en el manejo integrado de plagas, se evidencia que su aplicación resulta cada vez más necesaria.



## Conclusión

La fresa es un cultivo de alto valor económico; y es un organismo dinámico que mantiene un constante diálogo químico con su entorno. A través de la emisión de COVs que señalizan su estado fisiológico, atrae polinizadores y puede incluso atraer enemigos naturales de las plagas. Sin embargo, este sofisticado sistema de señales también puede ser interceptado: plagas como la araña roja de dos manchas y el trips occidental de las flores han aprendido a detectar y aprovechar este lenguaje químico para localizar con mayor eficacia a su hospedero. Comprender estas interacciones amplía nuestro conocimiento científico sobre la ecología de cultivos y abre la puerta al desarrollo de estrategias de manejo innovadoras, como trampas cromáticas cebadas con aromas específicos, selección de variedades menos atractivas o prácticas agroecológicas adaptadas a cada región.

## Referencias

Bruce TJ and Pickett JA (2011). Perception of plant volatile blends by herbivorous insects—finding the right mix. *Phytochemistry* 72(13):1605-1611. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2011.04.011>.

Cruz-Esteban S (2024). Colour shade and chemical influences on the capture of adults *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in blackberry crops. *Journal of Applied Entomology* 148(1):106-116. <https://doi.org/10.1111/jen.13213>.

Cruz-Esteban S, Rojas JC and Hernández-Ledesma P (2020). Trap colour and aggregation pheromone dose affect the catch of western flower thrips in blackberry crops. *Journal of Applied Entomology* 144(9):755-763. <https://doi.org/10.1111/jen.12815>.



Dudareva N, Negre F, Nagegowda DA and Orlova I (2006). Plant volatiles: recent advances and future perspectives. *Critical Reviews in Plant Sciences* 25(5):417-440. <https://doi.org/10.1080/07352680600899973>.

El-Sayed AM, Suckling DM, Byers JA, Jang EB and Wearing CH (2009). Potential of "lure and kill" in long-term pest management and eradication of invasive species. *Journal of Economic Entomology* 102(3):815-835. <https://doi.org/10.1603/029.102.0301>.

Mérida-Torres NM, Cruz-López L, Malo EA and Cruz-Esteban, S (2023). Attraction of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), to healthy and damaged strawberry plants mediated by volatile cues. *Experimental and Applied Acarology* 91(3):413-427. <https://doi.org/10.1007/s10493-023-00852-w>.

Mérida-Torres NM, Garay-Serrano E and Cruz-Esteban S (2024). Effect of variation in plant-emitted volatiles on the infestation behavior of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in strawberry crops. *Experimental and Applied Acarology* 93(4):817-830. <https://doi.org/10.1007/s10493-024-00963-y>.

Royalty RN, Phelan PL and Hall FR (1993). Comparative effects of form, colour, and pheromone of two spotted spider mite quiescent deutonymphs on male guarding behaviour. *Physiological Entomology* 18(3):303-316. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.1993.tb00603.x>.