

Comunicación a través del olor: las plantas y sus secretos

Communication through smell: plants and their secrets

Felipe de Jesús Torres-Salazar y Paula Sosenski

Felipe de Jesús Torres-Salazar

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia,
UNAM

Es tesista de la Licenciatura en Biología en el Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). Sus intereses de investigación son las interacciones planta-polinizador, en particular, entender los mecanismos que explican las respuestas de los polinizadores a las señales de atracción visuales y químicas de las flores.


 A13001475@alumnos.uady.mx

Paula Sosenski

CONACYT - Facultad de Medicina Veterinaria y
Zootecnia, UNAM

Es Cátedra CONACYT adscrita al Departamento de Ecología Tropical del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). En la misma institución imparte cursos a nivel licenciatura y posgrado, y pertenece al Sistema Nacional de Investigadores. Sus intereses de investigación son el estudio de la ecología de la reproducción y la diversidad funcional en plantas invasoras y nativas de ecosistemas costeros.

 pau.sosenski@gmail.com

 Google scholar: Paula Sosenski

Resumen

Las interacciones que ocurren entre las angiospermas y otros organismos en la naturaleza son mediadas por una amplia diversidad de atributos de las plantas, entre los que destacan los compuestos orgánicos volátiles que participan en la comunicación química. Estos compuestos actúan como señales químicas que transmiten información específica de la planta y son detectados por organismos mutualistas o antagonistas.

Palabras clave: compuestos volátiles, comunicación química, interacciones bióticas, mutualistas, antagonistas.

Abstract

The interactions that occur between the angiosperms and other organisms are mediated by a wide variety of plant attributes. Among these attributes, the volatile organic compounds that participate in chemical communication stand out. These compounds act as chemical signals that convey plant-specific information and are detected by mutualistic or antagonistic organisms.

Keywords: volatile compounds, chemical communication, biotic interactions, mutualists, antagonist.

CÓMO CITAR ESTE TEXTO

Torres-Salazar, Felipe de Jesús y Sosenski, Paula. (2022, marzo-abril). Comunicación a través del olor: las plantas y sus secretos. *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 23(2). <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2022.23.2.3>

A lo largo del tiempo, la selección natural ha favorecido la evolución de caracteres que permiten a los organismos mediar las interacciones con su ambiente. En el caso de las angiospermas, o plantas con flores, el papel de la selección natural se hace particularmente evidente cuando se pone bajo la lupa la extraordinaria diversidad de adaptaciones morfológicas, fisiológicas y químicas que permiten a las plantas responder a distintas presiones ambientales bióticas y abióticas. Una de las peculiaridades de las plantas es que son *sésiles*, es decir, no se pueden desplazar de un lado a otro, como es el caso de los animales. Esta característica hace que presenten estrategias que incrementan su eficiencia al interactuar con organismos de la misma o distinta especie, los cuales podrían tener efectos positivos o negativos sobre su reproducción y sobrevivencia. Una de estas estrategias es la **comunicación química**, que se da a través de la emisión de compuestos orgánicos volátiles, los cuales hacen posible el paso de información química de las plantas a otros organismos.

Compuestos orgánicos volátiles ¿qué son y cuál es su función?

Los *compuestos orgánicos volátiles* (a los que de aquí en adelante llamaremos compuestos volátiles) son pequeñas y ligeras moléculas de baja polaridad, con una alta presión de vapor, que les permite una fácil dispersión dentro y fuera de la planta (cuando estos son liberados al aire). Estas moléculas y sus

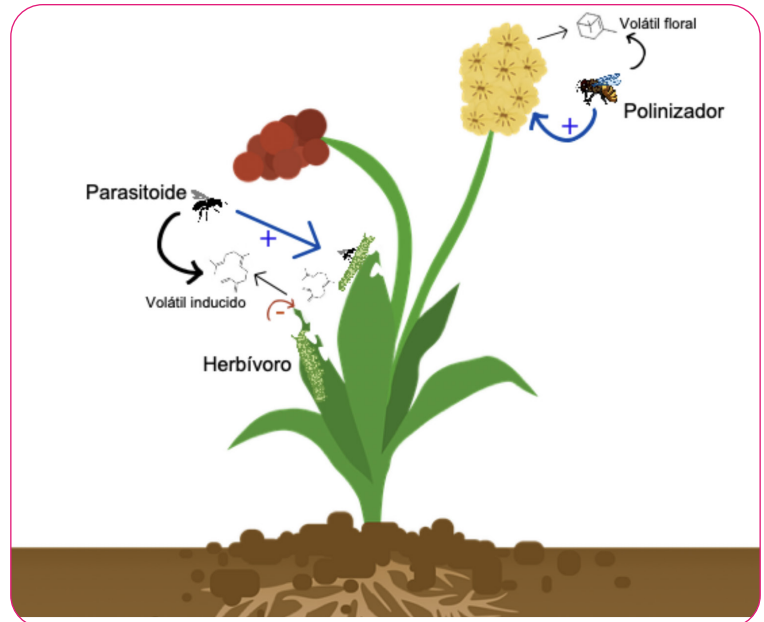
diversas combinaciones conforman lo que percibimos como aromas.

Algunos de estos olores podrían no ser percibidos por los humanos, pero sí ser detectados por las plantas que los producen y sus interactores, para los que constituyen un universo de información; razón por la cual los compuestos volátiles también son conocidos como *infoquímicos*. Las moléculas responsables de los aromas se originan en distintas rutas del metabolismo secundario¹ de las plantas y pueden producirse en órganos aéreos (hojas, tallos, flores y frutos) y subterráneos (raíces). El papel principal de los compuestos volátiles es mediar la interacción entre las plantas y otros organismos. Esto significa que, actúan como un puente químico de comunicación a través del cual una planta (emisor) emite una señal química que otro organismo es capaz de percibir (receptor). En otras palabras, los compuestos volátiles funcionan como la moneda de cambio en el proceso de comunicación. La respuesta del organismo receptor dependerá del tipo, la intensidad y la especificidad de la señal química emitida por la planta.

Las funciones de los compuestos volátiles de las plantas son diversas, y entre éstas destacan: atraer polinizadores, frugívoros y dispersores de semillas, ahuyentar herbívoros o depredadores de semillas, atraer parasitoides de herbívoros que dañan la planta, entre otras (ver figura 1). Además, los compuestos volátiles participan en la comunicación planta-planta y en la señalización que ocurre dentro de una misma planta.

¹ El metabolismo secundario es el proceso mediante el cual las plantas sintetizan compuestos químicos (metabolitos secundarios) que les permiten desarrollar funciones no esenciales para su vida, a diferencia del metabolismo primario. Por ejemplo, la defensa de las plantas contra depredadores y patógenos.

Figura 1. Los compuestos volátiles florales atraen polinizadores a las flores, que tienen un efecto positivo sobre la reproducción de la planta. Los compuestos volátiles inducidos que son liberados por las hojas dañadas por herbívoros atraen parasitoides que eliminan a estos últimos, con un efecto positivo sobre el desempeño y la sobrevivencia de la planta. Crédito: elaboración propia.



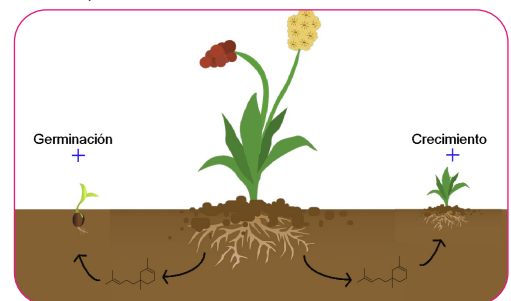
Función ecológica de los compuestos volátiles producidos por raíces y hojas

De acuerdo con el órgano del cual se emiten, los compuestos volátiles pueden mediar las interacciones planta-planta o planta-animal que ocurren por debajo o por encima del suelo. Por un lado, en el caso de las interacciones subterráneas planta-planta, la selección natural ha favorecido la evolución de los mecanismos que permiten a las plantas emitir y recibir señales químicas para comunicarse a través de las raíces. Por ejemplo, Gfeller y colaboradores (2019) demostraron que ciertos compuestos volátiles emitidos por las raíces de la especie *Centaurea stoebe* facilitan la germinación y el crecimiento de otras especies en su vecindario, al potenciar ciertos procesos fisiológicos (ver figura 2). Aunque el crecimiento de plantas de otras especies podría

resultar desventajoso para *C. stoebe*, al competir por los mismos recursos, los compuestos volátiles producidos por las raíces también podrían proteger a las plantas de herbívoros y patógenos.

Casos como el anterior han generado una gran curiosidad por entender cómo ocurre la comunicación química entre plantas vecinas por debajo del suelo y, en particular, qué mecanismos desencadenan la síntesis y la emisión de compuestos volátiles en las raíces, cuáles son sus efectos sobre las plantas vecinas, o qué mecanismos permiten a las plantas responder ante las señales químicas emitidas por otras plantas.

Figura 2. Los volátiles emitidos por las raíces de algunas especies pueden inducir la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas que se encuentran alrededor. Crédito: elaboración propia.



Por otro lado, los compuestos volátiles producidos por las estructuras vegetativas aéreas también juegan un papel central en mediar interacciones bióticas, como la *herbivoría* (cuando una planta es consumida por un organismo que daña sus tejidos). Por ejemplo, los compuestos volátiles emitidos por las hojas — consideradas como las máquinas de producción de energía dado que realizan la fotosíntesis— han sido estudiados por su papel en la defensa de las plantas contra los herbívoros. Aunque es común que las hojas produzcan compuestos volátiles, se sabe que cuando éstas sufren un daño dichos compuestos son emitidos con mayor intensidad. Esta respuesta funciona como una señal que informa a plantas cercanas de la misma especie del riesgo, lo cual puede desencadenar la activación de defensas químicas en el grupo de plantas (ver video). Esto a su vez advierte a los herbívoros que las plantas han sido dañadas y que han producido una defensa para evitar seguir siendo consumidas.



Video . Comunicación entre plantas (NCTV7, 2012).

El frijol lima (*Phaseolus lunatus*) es un buen ejemplo de plantas que emiten señales químicas para advertir peligro. Kost y Heil (2006) descubrieron que el daño por herbivoría en esta especie no sólo induce la producción de compuestos volátiles en las hojas, sino que éstos también funcionan como señales químicas que les permiten **atraer**

organismos como los parasitoides, lo que las ayudan a defenderse contra sus herbívoros. Los *parasitoides* son insectos, en su mayoría del grupo de las avispas, que parasitan a los herbívoros para asegurar que sus larvas puedan desarrollarse en el interior o exterior de la superficie corporal de estos organismos, con el fin de obtener los recursos necesarios y cumplir su ciclo de vida. Dicha dinámica genera un beneficio para la planta, ya que los compuestos volátiles inducidos permiten el “control biológico” de los herbívoros por parte de los parasitoides.

De Moraes y colaboradores (1998) encontraron que especies de importancia económica como el maíz, el tabaco y el algodón inducen la producción de compuestos volátiles específicos dependiendo del herbívoro que las daña. Esto permite que los compuestos volátiles actúen como una señal altamente específica, que ayuda a los parasitoides a detectar los herbívoros que habrán de parasitar. Este ejemplo demuestra la alta complejidad de las señales químicas producidas por las plantas y su efecto en múltiples interacciones bióticas.

El papel de los compuestos volátiles en la polinización y dispersión de frutos y semillas

Dado que las plantas son organismos sésiles, requieren de *vectores* para transferir el polen de una planta a otra y, así, llevar a cabo su reproducción sexual. Por un lado, los *vectores bióticos* son los animales a los que se denomina *polinizadores*. Por el otro, los *vectores abióticos* son el agua y viento.

En el caso de las plantas que dependen de la polinización animal, las flores presentan un conjunto de atributos que atraen a distintos tipos de polinizadores, por ejemplo: abejas, mariposas, pájaros, murciélagos, entre muchos otros. Estas características no sólo hacen a las flores atractivas, sino que funcionan como señales que aportan información sobre la cantidad y la calidad de las recompensas florales, que son los recursos de los que se alimentan los polinizadores cuando visitan una flor (como néctar y polen).

Uno de los rasgos florales asociados con las preferencias de los polinizadores es el aroma o *bouquet* floral, que es producido por una combinación de compuestos volátiles específicos, que pueden ser emitidos por distintas partes de la flor, como los pétalos, las estructuras sexuales o, incluso, los granos de polen. Hasta la fecha, se han detectado más de 1700 compuestos volátiles florales, pero todavía faltan muchos por identificar. A pesar de que su función principal es mediar las interacciones de las plantas con los polinizadores también pueden atraer o repeler *florívoros* (organismos que consumen y dañan el tejido de las flores), depredadores de semillas, y patógenos (que afectan a las flores o a los polinizadores).

Un ejemplo que ilustra el papel de los compuestos volátiles en la atracción de polinizadores es el de las abejas euglosinas y las orquídeas que ellas polinizan. Cuando los machos de estas abejas visitan una orquídea, colectan fragancias florales al frotar sus patas con la superficie de la flor. Los machos almacenan estos compuestos aromáticos en pequeñas

bolsas que tienen en las tibias de las patas traseras. Después, durante el cortejo sexual, exponen estas fragancias que actúan como sustitutos de las feromonas², por lo que ayudan en la atracción de las hembras. Así, esta peculiar interacción nos permite imaginar cómo las señales químicas emitidas por las plantas pueden ser usadas por los animales con los que interactúan en su beneficio.

Después de que ocurre la reproducción, las plantas dispersan las semillas contenidas en los frutos, para asegurar la propagación de nuevas plántulas. Las especies con frutos carnosos presentan adaptaciones que les permiten atraer a los mutualistas³ que se alimentan de sus frutos (conocidos como *frugívoros*), y dispersan sus semillas luego de que éstas pasan a través de su tracto intestinal (*endozoocoria*⁴). Entre estas adaptaciones se encuentran las señales de atracción visuales, olfativas y táctiles que son percibidas por dichos animales. La interacción entre las plantas y los dispersores de semillas implica un intercambio, ya que estos últimos obtienen la energía necesaria de los frutos que consumen y las plantas logran asegurar su permanencia a través de la dispersión de las semillas. Aunque el olor de los frutos ha sido poco estudiado en comparación con otros atributos como su color o tamaño, se ha demostrado que puede tener un efecto importante sobre las preferencias de los frugívoros. Por ejemplo, la evolución del aroma de los frutos de algunas especies se relaciona con la atracción de animales como murciélagos, elefantes y lémures que se alimentan de noche. Ellos tienen

² Las *feromonas* son sustancias químicas producidas naturalmente por los animales. Juegan un papel fundamental en la comunicación química durante la respuesta sexual.

³ Los mutualistas son individuos de dos especies que mantienen una interacción en la que ambos se benefician.

⁴ La endozoocoria es el proceso de dispersión de semillas por medio de animales que ingieren frutos o semillas y las excretan a través de las heces.

un sistema olfativo capaz de detectar a grandes distancias el aroma de los frutos que consumen, por lo que son dispersores muy eficientes.

que el proceso de dispersión de estas semillas sea muy eficiente. Dado que las avispas no logran consumir las presas que necesitan, pero las plantas sí aseguran la dispersión de

Figura 3. Las semillas de *Stemona tuberosa* son dispersadas por la avispa *Vespa velutina*, que es atraída por los compuestos químicos presentes en la cubierta de las semillas. Créditos: Jidanni, 2018 y Solabarrieta, 2012.



Asimismo, existe una gran diversidad de insectos que también dispersan semillas. Un ejemplo descrito recientemente por Chen y colaboradores (2018) destaca la eficiencia de las avispas de la especie *Vespa velutina*, también conocidas como avispones, en la dispersión de semillas de la planta *Stemona tuberosa* (ver figura 3). Sus semillas están cubiertas por una reserva de sustancias nutritivas a la que se conoce como *elaiosoma*. Esta cubierta emite hidrocarburos volátiles que son atractivos para las avispas, porque su olor se asemeja al de sus presas. Por lo tanto, al visitar la planta, la avispa colecta y se lleva a la semilla como si fuese una presa. En particular, se han detectado diez compuestos activos en el elaiosoma que regulan la interacción de esta planta con las avispas. Hay que resaltar que la respuesta a estos compuestos volátiles tiene una base genética, por lo que, tanto las preferencias como el comportamiento experimentado de las avispas hacen

sus semillas, esta interacción podría considerarse como un engaño de no ser porque las avispas obtienen nutrientes esenciales del elaiosoma.

Efecto de las variables ambientales sobre la emisión de compuestos volátiles

Uno de los intereses de los ecólogos químicos, en los últimos años, ha sido tratar de entender el efecto del cambio global sobre la emisión de compuestos volátiles en plantas. En particular, se ha demostrado que la producción de dichos compuestos responde al estrés ambiental, como consecuencia de cambios drásticos en factores como la temperatura, la humedad ambiental, la humedad del suelo, la concentración de dióxido de carbono (CO₂) y/o de ozono (CO₃), entre otros. El ozono, por ejemplo, considerado uno de los

gases de efecto invernadero más contaminantes, puede afectar positiva o negativamente la emisión de ciertos compuestos volátiles, según el nivel al que estén expuestas las plantas. De manera reciente, Saunier y Blande (2019) detectaron que la emisión de compuestos conocidos como *diterpenos*⁵ y su contribución relativa al *bouquet* floral fue afectada en plantas de cuatro especies de *Brassicáceas* que fueron expuestas a dos concentraciones diferentes de ozono (80 y 120 partes por billón), lo cual podría tener **un efecto sobre las preferencias de los polinizadores**.

Además, la poca disponibilidad de agua en el suelo también puede afectar la emisión de compuestos volátiles, pues induciría el cierre de estomas y reduciría la evapotranspiración en hojas y pétalos, lo que limitaría los recursos que las plantas tendrían disponibles para invertir en la síntesis de compuestos químicos. Lo anterior es una posible explicación a la reducción en la emisión de diversos compuestos volátiles florales o vegetativos reportada en plantas que crecen en condiciones de estrés hídrico. En el mismo sentido, la baja emisión de ciertos compuestos volátiles florales activos podría afectar la detección del aroma por parte de polinizadores especializados, con consecuencias negativas sobre la polinización de las plantas. Estos ejemplos muestran la relevancia de entender cómo las variables climáticas asociadas al calentamiento global pueden modificar las señales químicas emitidas por las plantas, así como las respuestas de los organismos con los que interactúan.

⁵ Los diterpenos son compuestos químicos que pertenecen al grupo de los terpenos, los metabolitos secundarios más comunes en plantas. Los terpenos se clasifican según el número de unidades de carbono que contienen, los diterpenos están formados de 20 carbonos.

Conclusión

La comunicación química mediada por compuestos volátiles ha jugado un papel central en la evolución y el mantenimiento de las interacciones entre las plantas y otros organismos. En los últimos años se ha reportado un avance importante en el estudio de estos compuestos, lo cual ha facilitado su identificación y cuantificación en un gran número de especies. Aunque esto ha permitido tener una mejor comprensión del lenguaje químico en distintos grupos de angiospermas, todavía queda mucho trabajo por hacer. Por ejemplo, aún existe muy poca información sobre los compuestos volátiles de especies nativas, endémicas e invasoras que integran las comunidades vegetales en diferentes ecosistemas. Esta información, asociada a una caracterización más completa de las interacciones multiespecíficas (entre varias especies) de las plantas, así como de la función ecológica de los principales compuestos volátiles que median estas interacciones, nos permitirá contribuir con una perspectiva integral al estudio de la evolución y la diversidad de las señales químicas en plantas.

Referencias

- ❖ Blande J. D., y R. Glinwood (Eds.). (2016). *Deciphering chemical language of plant communication*. Springer.
- ❖ Chen, G., Wang Z.-W., Wen, P., Wei, W., Chen, Y., H., Ai, y Sun W.-B. (2018). Hydrocarbons mediate seed dispersal: a new mechanism of vespicochory. *New Phytologist*, 220, 714-725. <https://doi.org/10.1111/nph.15166>

- ❖ De Moraes, C. M., Lewis, W. J., Paré, P. W., Alborn, H. T., y Tumlinson, J. H. (1998, 11 de junio). Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids, *Nature*, 393, 570-573. <https://doi.org/10.1038/31219>
- ❖ Farré-Armengol, G., Filella, I., Llusia, J., y Peñuelas, J. (2013). Floral volatile organic compounds: Between attraction and deterrence of visitors under global change. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 15(1), 56-67. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2012.12.002>
- ❖ Gfeller, V., Huber, M., Förster, C., Huang, W., Köllner, T. G., y Erb, M. (2019). Root volatiles in plant-plant interactions I: High root sesquiterpene release is associated with increased germination and growth of plant neighbours. *Plant, Cell & Environment*, 42(6), 1950-1963. <https://doi.org/10.1111/pce.13532>
- ❖ Jidanni. (2018, 28 de noviembre). Yam family Dongshi [fotografía]. Wikimedia Commons. https://en.wikipedia.org/wiki/File:Yam_family_Dongshi.jpg
- ❖ Kost, C., y Heil, M. (2006, 10 de abril). Herbivore-induced plant volatiles induce an indirect defence in neighbouring plants. *Journal of Ecology*, 94(3), 619-628. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01120.x>
- ❖ NCTV7. (2012, 23 de febrero). *Las plantas hablan entre ellas Video* BBC Mundo [video]. YouTube. https://youtu.be/_vTWswng0k
- ❖ Raguso, R. A. (2008, 1 de diciembre). Wake Up and Smell the Roses: The Ecology and Evolution of Floral Scent. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 39, 549-569. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.38.091206.095601>
- ❖ Saunier, A., y Blande, J. D. (2019). The effect of elevated ozone on floral chemistry of *Brassicaceae* species. *Environmental Pollution*, 255, 113257. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113257>
- ❖ Schiestl, F. P. (2015). Ecology and evolution of floral volatile-mediated information transfer in plants. *New Phytologist*, 206(2), 571-577. <https://doi.org/10.1111/nph.13243>
- ❖ Solabarrieta, D. (2012, 9 de octubre). *Vespa velutina* 0001 [fotografía]. Wikimedia Commons. https://en.wikipedia.org/wiki/File:Vespa_velutina_0001.jpg

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por Ciencia de Frontera CONACYT (840803).

