

Los superpoderes de las plantas: los metabolitos secundarios en su adaptación y defensa

Plants' superpowers: secondary metabolites in their adaptation and defense

Hermes Lustre Sánchez

Resumen

Los metabolitos primarios de las plantas están implicados en su crecimiento, desarrollo y reproducción, mientras que los metabolitos secundarios juegan un papel muy importante en su adaptación ante el estrés ambiental y en la defensa frente a potenciales depredadores y patógenos (organismos que causan enfermedades). Las plantas producen y liberan estos metabolitos cuando se encuentran en condiciones de estrés, ocasionadas por otros organismos vivos, factores no vivos o por desastres naturales. Esto ha llamado la atención de investigadores de distintas áreas de ciencia y tecnología, y se han descubierto los enormes beneficios de los metabolitos secundarios en los sectores de la industria farmacéutica, cosmética, agrícola y nutracéutica (alimentos), principalmente.

Palabras clave: compuestos químicos, crecimiento vegetal, estrés ambiental, funciones ecológicas, metabolismo secundario.

Abstract

Primary metabolites of plants are involved in their growth, development and reproduction, while secondary metabolites play a very important role in their adaptation to environmental stress and in defense against potential predators and pathogens (organisms that cause disease). Plants produce and release these metabolites when they are under stress conditions, caused by other living organisms, non-living factors, or natural disasters. This has drawn the attention of researchers from different areas of science and technology, therefore the enormous benefits of secondary metabolites have been discovered in the pharmaceutical, cosmetic, agricultural and nutraceutical (food) industry sectors, mainly.

Keywords: chemical compounds, plant growth, environmental stress, ecological functions, secondary metabolism.

CÓMO CITAR ESTE TEXTO

Lustre Sánchez, Hermes. (2022, marzo-abril). Los superpoderes de las plantas: los metabolitos secundarios en su adaptación y defensa. *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 23(2). <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2022.23.2.10>



Hermes Lustre Sánchez

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional

Licenciada en Biología y Maestra en Educación Ambiental. Es profesora investigadora adscrita Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIDIIR), Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional (IPN), Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. Es responsable técnico del Jardín Botánico Regional "Cassiano Conzatti" de la misma Institución. Ha participado en proyectos de investigación institucionales en el área de etnobotánica y educación ambiental.

 hlustre@ipn.mx

 orcid.org/0000-0003-3703-5162

 Google Académico: [Hermes Lustre Sánchez](#)

No tienen manos, pero sí superpoderes

¿Alguna vez has escuchado o dicho la frase “me van a salir raíces de tanto esperar”? Esto hace alusión a las plantas, las cuales no son capaces de desplazarse; sin embargo, tampoco pueden esperar a que venga alguien y las alimente, o las proteja. Si tú tienes hambre, vas a la cocina. Si te enfermas, vas a la clínica o al hospital. Si tienes frío, te pones un suéter. Si te da calor, te pones ropa fresca, pero... ¿Has pensado como le hacen las plantas para alimentarse y defenderse?

Mientras los seres humanos necesitamos de algunas plantas y animales para alimentarnos, las plantas son capaces de producir su propio alimento, al convertir el dióxido de carbono, el agua y los minerales del suelo en azúcares, a través de un proceso llamado *fotosíntesis*. ¿No es esto maravilloso? Además, para defenderse de los daños de otros organismos y de las condiciones ambientales adversas, las plantas cuentan con mecanismos para su protección, que funcionan como “superpoderes vegetales”.

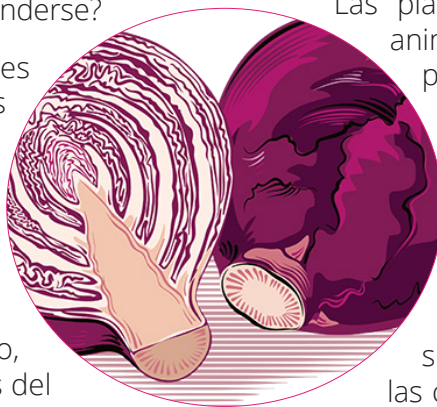
Un ejemplo de estos superpoderes es el de la col silvestre (*Brassica oleracea*), que al sentirse amenazada por el ataque de larvas de la polilla de las coles (*Plutella xylostella*) produce compuestos volátiles que atraen a insectos parasitoides que se alimentan de dichas larvas (Zavala, 2010). No obstante, no todas las

plantas utilizan de igual forma sus superpoderes. En este sentido, el romero (*Rosmarinus officinalis*) acumula sustancias para protegerse del daño por la excesiva radiación UV que afecta su desarrollo (Molina, 2018; Sharma et ál. 2011). Vale la pena resaltar que estos superpoderes de las plantas han sido descubiertos gracias a las técnicas bioquímicas y el auge de la biología molecular.

¡Las plantas sí se defienden!

Las plantas, al igual que los animales, incluyéndonos, poseen infinidad de células. En cada una de ellas se llevan a cabo una serie de reacciones químicas para sintetizar sustancias complejas a partir de otras más simples, o para degradar las complejas y obtener las simples (Ávalos y Pérez-Urria, 2009). A este conjunto de reacciones se le denomina *metabolismo*.

Una característica importante de las plantas es que realizan dos tipos de metabolismo: el primario y el secundario. El primero se lleva a cabo en las células de todos los seres vivos y las sustancias producidas se llaman *metabolitos primarios*. Estos últimos están directamente implicados en el crecimiento, desarrollo y reproducción. Como ejemplo de estos compuestos están los azúcares, proteínas, aminoácidos y ácidos nucleicos (Adeyemi, 2011). Sin embargo, las plantas, también cuentan con un metabolismo secundario, que les permite producir y acumular



compuestos de naturaleza química diversa (Ávalos y Pérez-Urria, 2009), que si bien, no son imprescindibles para la vida como los primarios, sí juegan un papel muy importante en la adaptación al estrés ambiental y en la defensa frente a potenciales predadores y patógenos (Valares Masa, 2011). A los compuestos que resultan de este proceso se denominan *metabolitos secundarios* y son los que les proporcionan superpoderes a las plantas.

Lo curioso es que estos metabolitos secundarios no están presentes en cualquier planta. Algunos sólo se encuentran en una especie, en un género o en una familia de plantas, por lo que han sido considerados al momento de identificar taxonómicamente a las especies vegetales. Además, los metabolitos secundarios se caracterizan por su baja abundancia (Bourgaud et al., 2001). Podemos decir, entonces, que algunas especies tienen más superpoderes que otras. Asimismo, aplica la frase: “lo que no te mata te hace más fuerte”, debido a que las plantas que se encuentran bajo estrés, es decir, en condiciones externas que afectan negativamente su crecimiento, desarrollo o productividad (Gull et al., 2019), producen una gama específica de metabolitos secundarios que inciden directamente en su capacidad de supervivencia.

Las plantas han evolucionado y se han seleccionado estrategias que les permiten protegerse para perpetuar su especie. Cuando las plantas se encuentran amenazadas, ya sea por el daño causado por otros organismos vivos (bacterias, virus, insectos y malezas), por factores no vivos (radiación ultravioleta, temperaturas extremas) o por

desastres naturales (inundaciones, tornados), éstas hacen uso de sus superpoderes para evitar que sus procesos de crecimiento, desarrollo y reproducción se alteren (Rioja Soto, 2020; Gull et al., 2019; Taiz y Zeiger, 2010; Sepúlveda et al., 2003; Singer et al., 2003). Las plantas sólo pueden usar sus superpoderes con la ayuda de los metabolitos secundarios para responder a las amenazas mencionadas anteriormente, ante las cuales, a menudo salen victoriosas. Entonces, ¡las plantas sí se defienden! No tienen manos, pero sí superpoderes.

Ataque al enemigo

Pero... ¿Cómo se dan cuenta las plantas de que se encuentran ante alguna amenaza? Es interesante la manera en que pueden distinguir entre las heridas generales (como las causadas por una enfermedad) y las puntuales (como las producidas por la alimentación de insectos) (Adeyemi, 2011). Para defenderse del daño provocado por cualquiera de estos organismos, las plantas cuentan con un sistema de vigilancia, que les permite reconocer la amenaza: identifican las señales y generan una respuesta (Lamb et al., 1989).

Por ejemplo, las plantas reconocen a los compuestos químicos presentes en la saliva de insectos y ácaros, y responden incrementando los niveles de metabolitos secundarios y con la posterior emisión de *Compuestos Volátiles Orgánicos Inducidos por Herbívoros* (CVOIH), que son una mezcla de terpenos (compuestos que dan aroma y sabor a las plantas) y de compuestos aromáticos, que

pueden repeler a los insectos dañinos o incluso atraer a sus enemigos naturales, como depredadores y parasitoides que eliminan la plaga que aqueja a la planta (Rioja Soto, 2020; Adeyemi, 2011).

Algunas plantas, para estar más protegidas, cuentan también con “armadura”, que consiste en estructuras especiales que dificultan el ataque de sus depredadores. Como ejemplos podemos encontrar las espinas, espigas, o tricomas (también llamados pelos vegetales que permiten a las plantas tolerar condiciones de alta radiación o sequía) (Sepúlveda et al., 2003).

Pero, aquí no acaba la historia. Los metabolitos secundarios no sólo sirven a las plantas para su adaptación y defensa. Además, cumplen otras funciones: como *agentes alelopáticos*, es decir, que provocan un efecto perjudicial o

benéfico sobre la germinación, el crecimiento o el desarrollo de otras plantas en los alrededores (Blanco, 2006), o funcionan como atrayentes de polinizadores o dispersores de semillas y protegen a la planta de las radiaciones uv (Valares Masa, 2011).

El equipo de defensa

Hasta ahora se han descubierto más de 50,000 metabolitos secundarios en las plantas (Teoh, 2016). La enorme diversidad vegetal existente es proporcional a la gran variedad de metabolitos secundarios descubiertos.

Existen distintas clasificaciones de los metabolitos secundarios según su diversidad en estructura, función y biosíntesis (proceso en el que compuestos simples se convierten en otros más complejos). Adeyemi (2011) y Hopkins (2003) los clasifican en tres

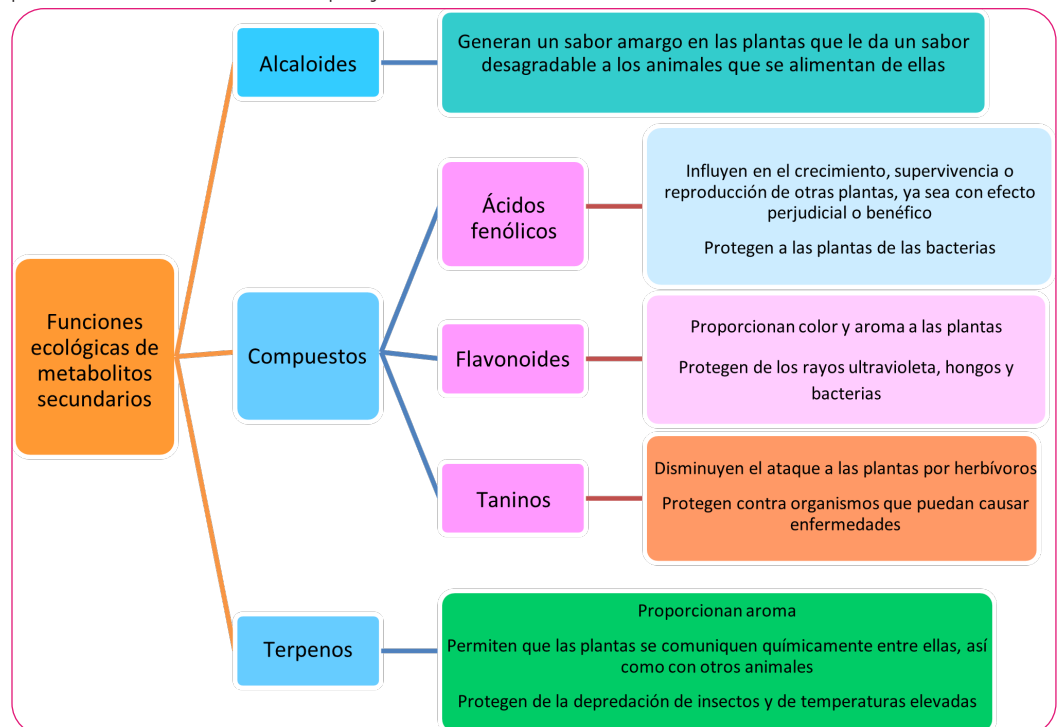


Figura 1. Funciones ecológicas de los principales metabolitos secundarios. Elaboración propia con datos de Chomel et al., 2016.

grandes clases químicas: *terpenoides* (compuestos aromáticos y volátiles que dan aroma y sabor a las plantas), *fenólicos* (compuestos que tienen función de protección frente a otros organismos, así como de generador de colores atractivos para la polinización de las plantas y dispersión de semillas), y *alcaloides* (compuestos naturales para alejar a los organismos herbívoros) (ver figura 1).

Un gran potencial

Actualmente, los metabolitos secundarios se emplean en la elaboración de productos farmacéuticos (antibióticos, agentes antitumorales, antimicrobianos), para cosméticos (fragancias, tintes), para mejorar la productividad agrícola (plaguicidas, insecticidas), como promotores del crecimiento de plantas y animales, en la fórmula de productos químicos finos y, más recientemente, para ampliar la pirámide de nutrición saludable, al formar parte de pigmentos y nutraceuticos (Thirumurugan et al., 2018; Bourgaud et al., 2001). Así, los metabolitos secundarios, no sólo dan superpoderes a las plantas, sino que también tienen un gran potencial en diversas áreas de investigación y aplicación para la solución de problemas socioambientales, por lo que representan productos de gran valor económico (Thirumurugan et al., 2018), de manera que se requiere de mayor investigación científica sobre ellos.

A pesar de los avances en la investigación sobre el potencial de los metabolitos secundarios de las

plantas, aún existen campos poco explorados, como la evaluación de la actividad pesticida de plantas con uso tradicional como insecticida y medicinal, y como desarrolladores de enzimas degradantes de contaminantes orgánicos (biorremediación) (Singer et al., 2003). Otro tema poco estudiado es el análisis de los compuestos de las plantas que crecen en ambientes desérticos, debido a que éstas presentan defensas adicionales para atenuar los efectos de altas temperaturas, rayos ultravioletas, sequía y salinidad (Rioja Soto, 2020).



Un problema que se puede presentar en un futuro no muy lejano es el aumento del estrés en las plantas, causado por el cambio climático. Considerando que las especies vegetales cumplen una función muy importante no sólo para mantener en equilibrio de los ecosistemas terrestres y marinos, sino que aportan múltiples beneficios a los seres humanos, es necesario también investigar cómo los metabolitos secundarios inciden en el ajuste de la función y la estructura de las plantas bajo estrés, en su interacción ecológica con otras especies (como la polinización, dispersión y germinación de semillas), y en su supervivencia.

Gracias a sus superpoderes, las plantas han prosperado en nuestro planeta. A la par, nuestras sociedades han aprovechado sus metabolitos secundarios, así como sus múltiples bienes y servicios ecosistémicos, como alimentos, agua,

madera y fibras, regulación del clima y valores recreativos, todos los cuales contribuyen a nuestro bienestar espiritual, a la formación del suelo, la fotosíntesis y el ciclo de los nutrientes. Sin embargo, nuestra intervención en el medio ambiente ha provocado un fuerte desequilibrio ecológico y una enorme crisis ambiental. Está en nuestras manos promover la conservación de la diversidad biológica, que facilitará la regeneración de los ecosistemas y, con ello, la restauración de sus interacciones ecológicas, indispensables para la vida en el planeta.

Referencias

- ❖ Adeyemi, M. (2011). A review of secondary metabolites from plant materials for post harvest storage. *International Journal of Pure & Applied Sciences & Technology*, 6(2), 94-102.
- ❖ Ávalos, G. A., y Pérez-Urria C. E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal*, 2(3), 119-145.
- ❖ Blanco, Y. (2006). La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. *Cultivos Tropicales*, 27(3), 5-16.
- ❖ Bourgaud, F., Gravot, A., Milesi, S., y Gontier, E. (2001). Production of plant secondary metabolites: A historical perspective. *Plant Science*, 161(5), 839-851. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(01\)00490-3](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(01)00490-3)
- ❖ Chomel, M., Guittonny-Larchevêque, M., Fernandez, C., Gallet, C., DesRochers, A., Paré, D., y Baldy, V. (2016). Plant secondary metabolites: a key driver of litter decomposition and soil nutrient cycling. *Journal of Ecology*, 104(6), 1527-1541. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12644>
- ❖ Gull, A., Lone, A. A., y Wani, N. U. I. (2019). Biotic and Abiotic Stresses in Plants. En A. Bosco de Oliveira (Ed.), *Abiotic and Biotic Stress in Plants*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.85832>
- ❖ Hopkins, W. G. (2003). *Physiologie Vegetale*. De Boeck y Larcier.
- ❖ Lamb, C. J., Lawton, M. A., Dron, M., y Dixon, R. A. (1989). Signals and transduction mechanism for activation of plant defenses against microbial attack. *Cell*, 56, 215-224.
- ❖ Luis, J. C., Pérez, R. M., y González, F. V. (2007). UV-B radiation effects on foliar concentrations of rosmarinic and carnosic acids in rosemary plants. *Food Chemistry*, 101(3), 1211-1215. <https://doi.org/fqvfzh>
- ❖ Molina, A. (2018). *La influencia del estrés abiótico en la síntesis de metabolitos secundarios de plantas medicinales* [Trabajo de fin de grado. Universidad de la Laguna].
- ❖ Rioja Soto, T. C. (2020). Los metabolitos secundarios de las plantas y potencial uso en el manejo de plagas agrícolas en agroecosistemas desérticos. *Idesia (Arica)*, 38(1), 3-5. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292020000100003>
- ❖ Sepúlveda, J. G., Porta, D. H. y Rocha, S. M. (2003). La Participación de los Metabolitos Secundarios en la Defensa de las Plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(3), 355-363.
- ❖ Sharma, M., Sharma, A., Kumar, A., y Basu, S. K. (2011). Enhancement of secondary metabolites in

cultured plant cells through stress stimulus. *American Journal of Plant Physiology*, 6(2), 50–71.

- ❖ Singer, A. C., Crowley, D. E., y Thompson, I. P. (2003). Secondary plant metabolites in phytoremediation and biotransformation. *Trends in Biotechnology*, 21(3), 123-130. [https://doi.org/10.1016/S0167-7799\(02\)00041-0](https://doi.org/10.1016/S0167-7799(02)00041-0)
- ❖ Taiz, L., y E. Zeiger. (2010). *Plant physiology* (5ª ed.). Sinauer associates.
- ❖ Teoh E. S. (2016). Secondary Metabolites of Plants. En *Medicinal Orchids of Asia*. (pp. 59-73). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24274-3_5
- ❖ Thirumurugan, D., Cholarajan, A., y Vijayakumar, S. S. R. a. (2018). An Introductory Chapter: Secondary Metabolites. En R. Vijayakumar, y S. S. Raja (Eds.), *Secondary Metabolites. Sources and Applications*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.79766>
- ❖ Valares-Masa, C. (2011). *Variación del metabolismo secundario en plantas debida al genotipo y al ambiente* [Memoria para obtener el grado de doctorado en Ciencias, Universidad de Extremadura, España]. Repositorio Institucional. <https://biblioteca.unex.es/tesis/9788469494332.pdf>
- ❖ Zavala, J. A. (2010). Respuestas inmunológicas de las plantas frente al ataque de insectos. *Revista Ciencia Hoy*, 20(117), 53-59.