

SÍ, ES VERDAD, LAS PLANTAS SIENTEN Y SE COMUNICAN

por FRANCISCA SEVILLA, M^a CARMEN MARTÍ Y ANA JIMÉNEZ

LABORATORIO DE ESTRÉS ABIÓTICO, PRODUCCIÓN Y CALIDAD, DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA DEL ESTRÉS Y PATOLOGÍA VEGETAL, CEBAS-CSIC, MURCIA

FSEVILLA@CEBAS.CSIC.ES, MCMARTI@CEBAS.CSIC.ES, AJIMENEZ@CEBAS.CSIC.ES

Resumen: Oyen, ven, sienten, se alimentan, padecen, cuidan de los suyos, duermen, toman decisiones, viven sin nosotros..., pero ¿y nosotros sin ellas? Sí, son las plantas, esos seres animados que son capaces de comunicarse con el ambiente que las rodea, con los seres que las rodean, con ellas mismas a través de señales... ¿Cómo perciben el ambiente? ¿Y el peligro? ¿Cómo hacen para comunicarse? ¿Qué tipo de señales usan y cómo las transmiten? Un mundo de química, física, biología, fisiología... todos ellos colaborando para que las plantas puedan sentir y expresarse en un ambiente a veces peligroso. “Inteligencia”, movilidad y sensibilidad vegetal conviviendo con nosotros. ¡Escúchalas!, seguro que hay mucho que aprender.

Abstract: *They hear, see, feel, feed, suffer, take care of their own, sleep, make decisions, live without us..., but what about us without them? Yes, they are the plants, those animated beings that are able to communicate with the environment that surrounds them, with the beings that surround them, with themselves through signals. How do they perceive the environment? And danger? How do they communicate? What kind of signals do they use and how do they transmit them? A world of chemistry, physics, biology, physiology... all of them collaborating so that plants can feel and express themselves in a sometime dangerous environment. “Intelligence”, mobility and plant sensitivity coexisting with us. Listen to them! there is surely a lot to learn.*

Palabras clave: comunicación en plantas, estrés, respuesta, sentidos vegetales, señales. *Keywords: plant sensing, plant communication, response, signals, stress.*

Sensibilidad y comunicación en las plantas

Hace unos quinientos millones de años se produjo la diferenciación entre plantas y animales, y mientras los animales optaron por un estilo de vida nómada, las plantas lo hicieron por uno sedentario. Los seres humanos vivimos junto a las plantas desde que aparecimos en la Tierra, y como seres vivos imprescindibles para nuestra supervivencia, es muy importante que las entendamos y ayudemos a sobrevivir en situaciones de peligro. Debido a que las plantas no se desplazan ni se refugian o huyen del peligro como nosotros, no pueden escapar del calor, del frío, de la lluvia, ni de atacantes como depredadores y patógenos incluidos virus, hongos y bacterias que les provocan enfermedades. Las plantas, por tanto, deben responder con las armas de las que disponen, pues en ello le va su supervivencia ligada completamente a la humana, ya que, si mañana las plantas desaparecieran de la Tierra, los humanos desapareceríamos en unos pocos meses y los animales poco tiempo después. A pesar de ello, todavía hoy en día seguimos consi-

derándolas como “la cenicienta” de los organismos superiores, porque creemos que no sienten ni se comunican. ¡Error!: las plantas son “sensibles” y detectan cambios en su entorno con diferentes capacidades o sentidos, tal y como veremos a continuación.

Sensibilidad a los olores

Una de las capacidades de las plantas es la de producir aromas formados por compuestos orgánicos volátiles que generan un olor. Estos compuestos se usan, por ejemplo, para definir la calidad de una fruta, como ocurre con las furanonas o el hexanal que disminuyen en la maduración de las fresas (Mostafa S. y col., 2022). Curiosamente, las plantas pueden “oler” mediante receptores de estos compuestos repartidos por toda ella y consiguen producir una cadena de señales que transmiten la información que les proporcionan. Se sabe que cada aroma, formado por un conjunto de moléculas volátiles, transporta una información concreta, por ejemplo, para comunicarse y atraer a insectos polinizadores. Las moléculas

volátiles individuales son también señales de socorro en situaciones de estrés biótico, que incluyen defensa contra herbívoros e insectos, bacterias, hongos, etc., además de participar en situaciones ambientales de estrés abiótico, como temperaturas altas/bajas, sequía, salinidad, alta energía solar, falta de oxígeno atmosférico o en las raíces, como resultado de una inundación, o presencia de contaminantes en el aire o en el suelo, como los pesticidas, metales y sales (Kasote D. y col., 2023). Mediante los compuestos volátiles, la planta afectada puede comunicarse con las vecinas o incluso con otras más alejadas, como hacen con el jasmonato de metilo, que se produce en respuesta a herbívoros y heridas, y se transmite por contacto físico o por el aire para producir una reacción defensiva en las plantas sanas (Bouwmeester H. y col., 2019). Otra utilidad de los aromas es la de disuadir a los depredadores de acercarse como lo haríamos de algo o alguien que ¡huele mal! (Loreto F. y D'Auria S., 2022). Se ha comprobado además que los aromas generados por una planta debido a un daño tienen un efecto positivo en otras plantas y, de hecho, el tratamiento de la soja con compuestos volátiles de plantas de vara de oro (una maleza) dañadas, aumenta la cantidad de saponinas e isoflavonas en las semillas; es más, el arroz tratado con estos compuestos volátiles aumenta la producción de grano (Hagiwara T. y col., 2021). Estos ejemplos de clara comunicación entre las plantas por medio de compuestos volátiles se están considerando muy útiles para el desarrollo de una agricultura ecológica sostenible.

Sensibilidad a la luz

Como es sabido, las plantas se encuentran en la base de la cadena alimentaria, lo que quiere decir que todo lo que comemos es vegetal o se alimenta de vegetales. Otra importante dependencia que tenemos de las plantas es el oxígeno (O_2) que respiramos, ya que nuestra supervivencia depende de él. Las plantas producen este O_2 a través de la fotosíntesis, un proceso por el que captan la energía de la luz para generar moléculas orgánicas (como glucosa, otros azúcares y almidón) a partir de dióxido de carbono (CO_2) y agua, liberando O_2 a la atmósfera. La fotosíntesis se inicia con la absorción del CO_2 a través de unas estructuras similares a poros llamadas “estomas” localizados en las hojas, y por la incidencia de la luz en unas moléculas que la absorben, como son los pigmentos clorofilas y carotenoides. Las plantas además obtienen la información sobre la calidad de la luz mediante unas moléculas sensoriales denominadas fotorreceptores, que distinguen los diferentes rangos

del espectro, desde el ultravioleta B al rojo lejano. Toda esta información se integra y permite que las plantas “sientan” y distingan la luz de la oscuridad y puedan “moverse” al crecer y buscar la luz, así como cambiar la posición de las hojas para recibirla de manera adecuada. La fotosíntesis, por tanto, es un proceso esencial no sólo para las plantas, sino para muchos seres vivos, ya que es la fuente de alimentos para animales y humanos, además de generar el O_2 que necesitamos los seres aerobios para vivir.

Sensibilidad a viajes muy largos (*jet lag*)

La Tierra gira sobre su eje generando ciclos de luz y oscuridad cada 24 h. Los humanos poseemos un reloj interno, llamado reloj circadiano, que nos ayuda a medir ese paso del tiempo al comunicar a nuestro cuerpo cuándo es la hora de dormir o de comer, por ejemplo. Si hacemos un viaje largo por el planeta hasta otro lugar con un huso horario diferente, el reloj interno se reajusta para permitirnos que se sincronicen los ritmos diarios del cuerpo y la hora del día de la nueva zona horaria. Mientras tanto, nos sentimos cansados, irritables, apáticos... A todos estos síntomas se les llama *jet lag*. Pues bien, las plantas también poseen un reloj circadiano y si viajan con nosotros, también padecen el *jet lag*, puesto que su reloj circadiano controla la fotosíntesis, la posición de las hojas, la apertura de los pétalos en las flores, la emisión de volátiles y la floración entre otros procesos. Hasta que el ritmo interno no se le sincronice con el sitio de destino, la planta no será capaz de realizar sus funciones correctamente y estará más expuesta a los daños producidos por situaciones ambientales adversas. Así pues, las plantas, al igual que nosotros, están adaptadas a vivir en una zona de nuestro planeta y son capaces de anticipar, detectar y responder a los cambios que se producen en el ambiente como consecuencia de la rotación de la Tierra. Es más, no solo están adaptadas a vivir en un sitio concreto del planeta, sino que están adaptadas a vivir con un periodo de rotación de 24 h, que es el óptimo para su crecimiento.

Sensibilidad al contacto y al sonido

Las plantas también son capaces de captar vibraciones o el contacto con algo. Igual que lo que sucede con los olores, activan unos pequeños órganos localizados por toda su superficie llamados “canales mecanosensibles”, presentes en las células epidérmicas que están en contacto con el exterior. Además, se ha comprobado que en estas situaciones se generan

señales eléctricas (como un calambre) para responder y de hecho, se considera asimilable a una señal “nerviosa” pero transmitida por vasos conductores y no por nervios (Yang A., 2023). Un ejemplo de esta sensibilidad es el de la planta *Mimosa pudica*, capaz de retraer las hojas cuando se la toca. Es interesante señalar que este comportamiento es específico para el tacto y no para otras situaciones (viento, lluvia, polinizador) que pudieran provocar una respuesta mecanosensible. Otros ejemplos son el cierre de algunas flores como respuesta a los insectos polinizadores antes de dejarlos escapar para asegurarse de que el insecto entre en contacto con el polen y al salir finalice con éxito su misión, o las plantas carnívoras, que atrapan al insecto cuando se posa sobre sus hojas (figura 1). Todos estos ejemplos nos muestran la capacidad que tienen las plantas para distinguir de forma específica el contacto con otros organismos. A su vez, los “canales mecanosensibles” les permiten detectar vibraciones tanto en las raíces como en las hojas, y, por lo tanto, las dotan de otra capacidad para responder a sus necesidades. Recientemente se ha demostrado que la exposición al sonido altera la expresión de algunos genes de las plantas y que determinadas frecuencias sonoras, las más bajas, influyen positivamente en la germinación de las semillas, en el desarrollo de la planta y en el crecimiento de las raíces. En este sentido, se ha observado que algunas plantas parecen crecer mejor cuando están acompañadas, o cuando oyen música. Está demostrado que las viñas ¡parecen preferir a Mozart! Incluso recientemente se ha comprobado que algunas plantas emiten ultrasonidos cuando se estresan (Khait I. y col., 2023). ¿Serán entonces capaces de cantar?

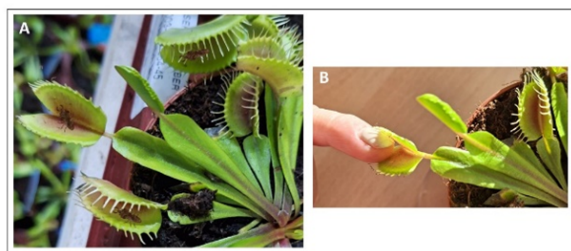


Figura 1. (A) Planta carnívora venus atrapamoscas (*Dionaea muscipula*) cerrando sus hojas para atrapar bichos, ¡O A TI... cuidado! (B).

La respuesta al estrés

Una vez detectado el peligro, las plantas también ponen en marcha su ejército de respuesta formada por redes internas de señales que, junto con las señales externas que antes hemos comentado, actúan como

“soldados” específicos para cada situación, componentes celulares que encajan unos con otros de forma similar a las piezas de Lego. Entre estos soldados hay moléculas derivadas del O₂ generadas, entre otros procesos, por la fotosíntesis y respiración de las plantas y que llamamos especies reactivas del oxígeno (ERO), tales como superóxido y peróxido de hidrógeno (o agua oxigenada, H₂O₂). Estas formas reactivas dañan por oxidación a todo tipo de moléculas y se generan en todos los organismos (Sevilla F. y col., 2023). A su vez, estas ERO tienen “una doble personalidad”, ya que, si no son demasiado abundantes, actúan como señales positivas que modifican la química y la estructura de otras moléculas, que pueden llegar al núcleo donde está el ADN, con el fin de aumentar las defensas celulares y producir, entre otros, diferentes compuestos y proteínas antioxidantes que luchen contra la agresión que ha puesto en marcha su generación. Por otro lado, si el estrés produce muchas ERO, acabarán oxidando de forma peligrosa a todo tipo de moléculas, y es entonces cuando la capacidad de síntesis incrementada de los compuestos y proteínas antioxidantes resulta imprescindible para una respuesta óptima de defensa encaminada a destruirlos. Entre ellos se encuentran compuestos como el glutatión (GSH), las vitaminas como la C (ácido ascórbico) y la E (α-tocoferol), y las enzimas de las familias superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT) y diferentes peroxidasas (PX) (figura 2).

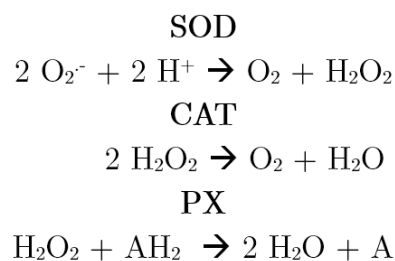


Figura 2. Reacciones catalizadas por SOD, CAT y PX para la dismutación del O₂⁻ y la eliminación del H₂O₂ en agua (H₂O). AH₂ es el sustrato reducido; A es el sustrato oxidado.

Los humanos, al igual que las plantas, sufrimos también este proceso oxidativo derivado de las ERO generadas durante el metabolismo celular, por lo que el consumo de alimentos ricos en antioxidantes, como frutas y verduras, es una alternativa importante y necesaria para eliminarlos y mantenerlos en concentraciones aceptables. Además, junto a la cantidad adecuada de ERO, la síntesis de proteínas específicas, antioxidantes, hormonas y elementos como el calcio, entre otros, ayudan a que la planta esté alerta y transmita a las células las señales de respuesta

específicas para defenderse del estrés. Todo ello con el fin primordial de sobrevivir.

Conclusión

Todas las capacidades de respuesta que tienen las plantas nos están indicando claramente que no son “insensibles”, que se comunican y se comportan

con una cierta “inteligencia” natural, que les permite ajustar el metabolismo y así adaptarse y crecer en ambientes desfavorables a los que, cada vez con más frecuencia e intensidad, se enfrentan nuestras cosechas debido al cambio climático. Entender cómo las plantas “sienten” y su comportamiento ante un estrés mediante nuestra investigación científica se plantea entonces como un desafío, no solo muy interesante sino también necesario para nuestra supervivencia.

Referencias

- [1] Bouwmeester H y col. The role of volatiles in plant communication. *Plant J.* 2019, (100), 892–907. (<https://doi.org/10.1111/tpj.14496>)
- [2] Hagiwara T y col. Effective distance of volatile cues for plant–plant communication in beech. *Ecol Evol.* 2021, (11), 12445–12542. (<https://doi.org/10.1002/ece3.7990>)
- [3] Kasote D y col. Editorial: Volatilomics in plant and agricultural research: recent trends. *Front Plant Sci.* 2023, (14), 289998. (doi: 10.3389/fpls.2023.1289998)
- [4] Khait I. y col. Sounds emitted by plants under stress are airborne and informative. *Cell.* 2023, (186), 1328–1336. (<https://doi.org/10.1016/j.cell.2023.03.009>)
- [5] Loreto F, y D’Auria S. How do plants sense volatiles sent by other plants? *Trends Plant Sci.* 2022, (27), 29–38. (<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.08.009>)
- [6] Mostafa S y col. Floral scents and fruit aromas: Functions, compositions, biosynthesis, and regulation. *Front Plant Sci.* 2022, (13). (<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.860157>)
- [7] Sevilla F y col. Redox regulation, thioredoxins, and glutaredoxins in retrograde signalling and gene transcription. *J Exp Bot.* 2023, (74), 5955–5969. (<https://doi.org/10.1093/jxb/erad270>)
- [8] Yang A. Plants can talk. Yes, really. Here’s how. *National Geographic.* 2023, (12 april). <https://www.nationalgeographic.com/science/article/plants-can-talk-yes-really-heres-how>.