

# SEBBM DIVULGACIÓN

## LA CIENCIA AL ALCANCE DE LA MANO



### Cómo ser una planta y no morir en el intento

DOI: [http://dx.doi.org/10.18567/sebbmdiv\\_RPC.2017.08.1](http://dx.doi.org/10.18567/sebbmdiv_RPC.2017.08.1)

Carmen Fenoll

Grupo de Biotecnología y Biología Molecular de Plantas, Universidad de Castilla-La Mancha (Toledo)

#### Biografía

Doctora en Biología (UAM), es Catedrática en la Facultad de Ciencias Ambientales y Bioquímica de la Universidad de Castilla-La Mancha (Toledo), donde coordina el Grupo de Biotecnología y Biología Molecular de Plantas (<http://gbbmp.uclm.es/>), interesado en la regulación de la expresión génica durante el desarrollo de la epidermis aérea y la interacción de las plantas con nematodos endoparásitos (ver publicaciones en [orcid.org/0000-0003-4653-6268](https://orcid.org/0000-0003-4653-6268)). Realizó su tesis doctoral en el CIB-CSIC y fue postdoctoral Fulbright (University of California-San Diego), Profesora Titular (UAM), investigadora visitante (Salk Institute-La Jolla) y Tinker Full Profesor (Universidad de Wisconsin-Madison). Ha sido Vicerrectora (UCLM) y Secretaria General del Consejo de Universidades (MICINN). Actualmente es Presidenta de la Sociedad Española de Fisiología Vegetal, Directora del Departamento de Ciencias Ambientales y miembro del Comité Directivo del IEP (European University Association). Obtuvo el Premio Antama a la divulgación científica en biotecnología. Activa en Mujer y Ciencia, trabaja en AMIT ([www.AMIT.org](http://www.AMIT.org)) y en la Asociación de Rectoras Europeas (<https://www.ewora.org/>).

<http://www.sebbm.es/>

#### HEMEROTECA:

[http://www.sebbm.es/ES/divulgacion-ciencia-para-todos\\_10/la-ciencia-al-alcance-de-la-mano-articulos-de-divulgacion\\_29](http://www.sebbm.es/ES/divulgacion-ciencia-para-todos_10/la-ciencia-al-alcance-de-la-mano-articulos-de-divulgacion_29)

#### Resumen

**Incapaces de moverse, las plantas se defienden de sus enemigos con un arsenal de compuestos tóxicos. Estas defensas se acumulan tras el reconocimiento del agresor gracias a receptores vegetales, disparando señales moleculares que provocan inmunidad. Como los cultivos carecen de toxinas, patógenos e insectos proliferan, constituyendo plagas.**

#### Summary

**Unable to move, plants fight their enemies using an arsenal of toxic compounds. These defenses accumulate after the recognition of the aggressor by plant receptors, triggering molecular signals that provoke immunity. As the crops lack toxins, pathogens and insects proliferate, constituting pests.**

Situadas en la base de la cadena trófica, las plantas son la fuente directa de alimento para los herbívoros e indirecta para prácticamente todos los heterótrofos. Así que tienen innumerables enemigos: desde animales -sobre todo insectos, mamíferos y aves- que se alimentan de hojas, raíces o frutos hasta los invisibles hongos y bacterias que proliferan en las estructuras vegetales. ¿Cómo se defienden? Si un mosquito intenta chuparnos la sangre, lo apartamos de un manotazo. Y ante un perro amenazante, corremos sin pensarlo dos veces. Las plantas son sésiles, pero no están inermes; al contrario, poseen sistemas de contraataque tan diversos como lo son sus muchos enemigos, y se defienden desplegando un formidable arsenal

químico que refuerza barreras mecánicas, mata al agresor o transforma el apetecible alimento en un caramelo envenenado. La primera línea de defensa es disuasoria; espinas, pelos y una resistente cubierta llamada cutícula y constituida por fibras de poliésteres (bioplástico) impregnadas de ceras hidrofóbicas, son suficientes para desanimar a algunos. Pero además las plantas producen decenas de miles de especies químicas: fenoles, taninos, flavonoides, terpenos, alcaloides, glucósidos cianogénicos.... Muchos de estos compuestos son microbicidas o fungicidas y otros actúan contra los animales como tóxicos cardiacos (la digitalina), agentes psicotrópicos (los opiáceos), citotóxicos (el taxol) o alucinógenos (el estramonio). Las plantas también producen proteínas defensivas, como enzimas que refuerzan la pared o generan especies reactivas de oxígeno, quitinasas antifúngicas o inhibidores de proteasas digestivas de insectos. También liberan compuestos orgánicos volátiles que alertan del ataque a otras partes de la planta o incluso a otras plantas próximas, induciendo sus defensas. Por ejemplo, debemos el olor a hierba recién cortada a aldehídos y alcoholes de alerta -la herida infligida por el cortacésped y por un herbívoro se parecen mucho-. Estos volátiles pueden tener funciones aún más complejas, como ahuyentar al atacante o atraer a sus depredadores. Fragancias como el mentol o la limonina pertenecen también a este grupo de compuestos, y el aroma del jazmín se basa en el metil-jasmonato, el mediador maestro de las respuestas defensivas contra herbívoros. El intenso olor de coles y mostazas, ajos

y cebollas, así como las propiedades conservantes de las especias (pimienta, perejil, orégano...) también se deben a compuestos defensivos. Todos estos metabolitos son específicos de las plantas y tienen importantes aplicaciones farmacéuticas y en alimentación. Para limitar el coste energético que supone la biosíntesis de todos estos compuestos, la mayoría solo se producen en respuesta a la presencia de un patógeno o un herbívoro (Fig. 1). Los mecanismos moleculares que median la respuesta a patógenos se basan en la interacción física entre receptores de membrana de la planta y patrones moleculares del patógeno (PAMPs). Los compuestos reconocidos como patrones son comunes a muchos patógenos, como la quitina de los hongos o la flagelina bacteriana. La interacción del PAMP con el receptor vegetal de reconocimiento de patrones (denominado PRR) activa una cascada de señalización desde la membrana hasta el núcleo celular que termina con cambios en la expresión de un amplio conjunto de genes y conduce a la denominada inmunidad activada por patógenos (PTI). Si esta respuesta general falla, otro grupo de receptores pueden reconocer moléculas muy específicas que secreta cada patógeno para apoyar la invasión denominadas efectores, o bien una proteína vegetal que es modificada por el efector. En este caso, el receptor se denomina proteína de Resistencia y su interacción con el efector desencadena una respuesta muy agresiva (inmunidad activada por efector, ETI). La ETI puede provocar la muerte de las células infectadas y por tanto, detiene al patógeno con una estrategia de tierra quemada, formando las motas negruzcas que vemos en frutas y hojas. Entre las sustancias que se acumulan localmente en estas respuestas a patógenos está el salicilato y otras señales móviles que se transportan a larga distancia induciendo lo que se denomina respuesta sistémica adquirida (SAR), una respuesta defensiva en toda la planta. En el caso de los herbívoros, los HAMPs o elicitores –producidos por el propio herbívoro o por la herida que éste causa– se cree que interactúan con receptores vegetales aún desconocidos, induciendo localmente la síntesis de moléculas defensivas y

volátiles orgánicos. Estos volátiles median la respuesta sistémica y entre ellos se encuentra el importante señalizador jasmonato. El jasmonato también reprime la división celular para que la planta dedique sus recursos a la defensa frente al agresor y no al crecimiento. La producción de bonsáis mediante poda continua se debe a los jasmonatos y otras hormonas que reprimen el crecimiento, como el etileno. Estos mecanismos moleculares se explotan en agricultura, ya que jasmonatos, salicilatos, elicitores, PAMPs y efectores pueden usarse de diversos modos para inducir la SAR. Estos y otros componentes de las respuestas defensivas también pueden producirse en la planta mediante ingeniería genética, mejorando las defensas de las cosechas frente a patógenos y predadores. Además, los genomas vegetales pueden poseer centenares de diferentes genes R que producen resistencia a patógenos específicos. Una de las razones para la importancia de la conservación de germoplasma silvestre es que nuevos genes R de una especie silvestre se pueden introducir en sus parientes cultivadas mediante sencillos cruces genéticos, ampliando el rango de resistencia del cultivo. Esto es importante porque los patógenos con frecuencia inutilizan un gen R dado gracias a la aparición de versiones mutantes de los efectores que los hacen irreconocibles por el receptor. Solo desplegando una amplia colección de receptores R diferentes y renovando su repertorio pueden las plantas asegurar el reconocimiento del patógeno. De este modo, la co-evolución de las plantas y sus agresores emula una carrera armamentista en que, a nuevas formas de ataque, responden contraataques, en un vaivén constante entre intereses contrapuestos, de modo que ninguna de las partes gana. Sin embargo, del mismo modo que la domesticación del perro pasó por eliminar su agresividad, las variedades vegetales cultivadas se seleccionaron por su alto valor nutritivo y su baja toxicidad. Son pobres en sustancias de defensa y tan apetecibles y a la vez susceptibles a patógenos e insectos que estos proliferan fácilmente en ellas, alcanzando dimensiones epidémicas que constituyen plagas. La plaga del hongo *Phytophthora* en la Irlanda del siglo XIX acabó con la cosecha de

patata y provocó la emigración de millones de irlandeses a EEUU huyendo de la hambruna que ya había matado a más de un millón de personas. Así que las plagas son consecuencia colateral de la mejora genética, y son raras en la naturaleza porque las batallas entre la planta y sus atacantes rara vez terminan en guerra mundial.

Otra consecuencia de la co-evolución de plantas y otros organismos ha sido la aparición de asociaciones beneficiosas para las plantas. Es el caso de los insectos polinizadores o las bacterias simbiotas fijadoras de N<sub>2</sub>, o las micorrizas. Pero además estamos descubriendo que existen complejas sociedades de microorganismos denominadas microbiomas que pueblan las plantas. Sus efectos beneficiosos, incluida la protección frente a patógenos, empiezan a construir otra visión – más compleja y fascinante aún– de las interacciones de las plantas con su entorno biótico. Pero esa sería ya otra historia.

## Referencias

1. <http://www.arabidopsisbook.org/topical/interkingdom-communicationbiotic-response/>
2. <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/vivanco-et-al-2005.pdf>
3. [https://www.porquebiotecnologia.com.ar/adc/uploads/EI%20Cuaderno%2093\\_1\\_doc](https://www.porquebiotecnologia.com.ar/adc/uploads/EI%20Cuaderno%2093_1_doc)
4. <http://www.sidalc.net/reprodoc/a2097e/a2097e.pdf>
5. [https://es.wikipedia.org/wiki/Defensas\\_vegetales\\_contra\\_la\\_herbivor%C3%ADa](https://es.wikipedia.org/wiki/Defensas_vegetales_contra_la_herbivor%C3%ADa)

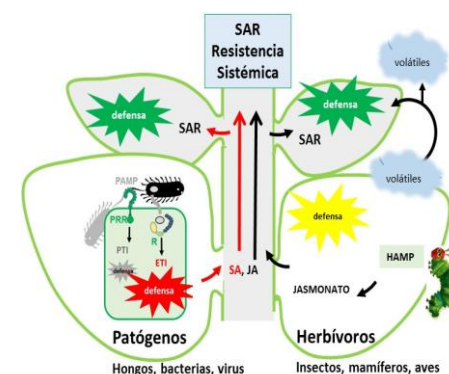


Figura 1. El reconocimiento de patógenos y herbívoros induce respuestas defensivas en las plantas.