

La inteligencia de las raíces de las plantas

FABIOLA GUADALUPE LEÓN-GARCÍA E ILEANA ECHEVARRÍA-MACHADO

Posgrado en Ciencias Biológicas opción Bioquímica y Biología Molecular de Plantas,
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Calle 43 No. 130,
Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México.
fabiolaleong@outlook.com

Las plantas son organismos que no pueden moverse de un lugar a otro para tomar el agua y los nutrientes que necesitan, para ello, sus raíces se adaptan a diferentes condiciones ambientales. Aquí presentamos algunas respuestas trópicas de las raíces de las plantas para poder acceder a fuentes de agua y nutrientes.

Palabras clave: cofia, gravitropismo, nutrientes, obstáculos, quimotropismo.

Es común escuchar que las plantas son organismos sésiles (inmóviles) dado que crecen ancladas al suelo, impidiendo que puedan moverse para obtener agua y nutrientes. En contraste, los animales - al tener hambre - somos capaces de transportarnos hacia la comida. Pero entonces, ¿Cómo obtienen las plantas los nutrientes necesarios para crecer y desarrollarse? Ellas tienen algo en común a nosotros ¡un cerebro!, que se localiza en sus raíces; y aunque no es precisamente como el nuestro, puede activar una serie de respuestas a los diversos obstáculos y señales a los que se enfrentan. ¡Veamos los secretos de su adaptación para sobrevivir!

Las plantas forman parte de nuestro planeta y nos proveen de oxígeno y energía. Son la base en la cadena alimenticia (productores primarios), captan la energía externa; es decir, la del sol para fabricar materia orgánica y posteriormente liberar oxígeno, en un proceso llamado fotosíntesis (Nelson y Cox 2008), de esa forma los

consumidores, entre ellos nosotros y muchos herbívoros, pueden hacer provecho de ellas.

Muchas plantas son usadas como medicina natural, como alimento, como materia prima para construir casas y fabricar muebles, como decoración en nuestro hogar o lugar de trabajo, entre otros usos. Sin embargo, las plantas son tan comunes en nuestra vida cotidiana que pasamos por alto que son seres vivos que nacen, se desarrollan, se reproducen y mueren. En este hilo de su vida suceden miles de procesos interesantes y sorprendentes en su interior; como, por ejemplo, todas las respuestas que tienen que generar para adaptarse, lograr crecer y desarrollarse en su medio.

A través de los años, las plantas han evolucionado y con ello han desarrollado diferentes novedades evolutivas fundamentales para sobrevivir y coexistir en el medio, una de ellas ha permitido clasificarlas en plantas no vasculares y vasculares. Las primeras carecen de tejidos conductores de agua y nu-

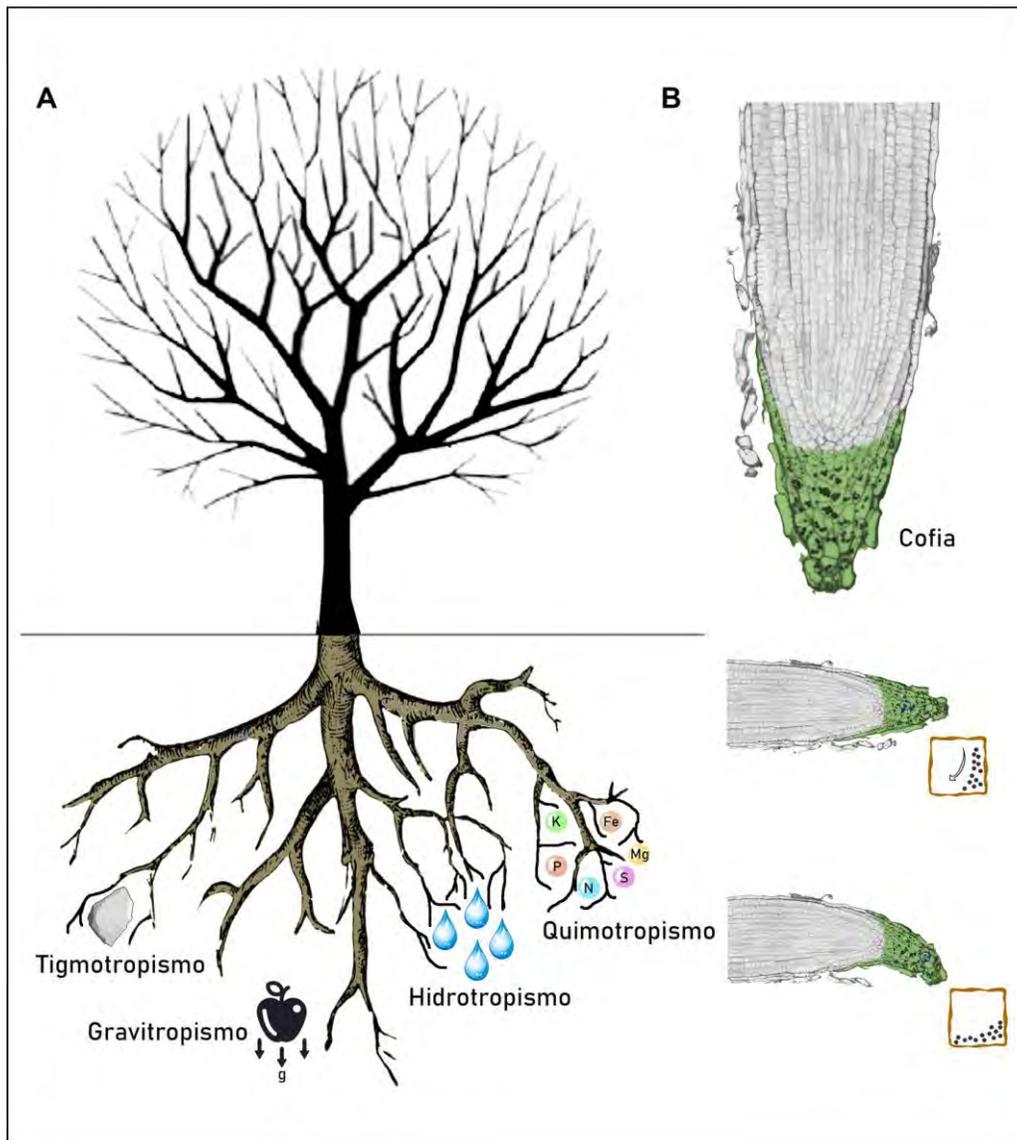


Figura 1. A. Tropismos de las raíces. Gracias a las respuestas trópicas, las raíces pueden acceder a fuentes de agua (hidrotropismo), nutrientes (quimotropismo), rodear obstáculos (tigmotropismo) y continuar creciendo en el sentido de la gravedad (gravitropismo) para explorar nuevos volúmenes de suelo. **B.** Ápice de una raíz de chile habanero, donde se muestra la cofia (verde) y la presencia de los gránulos de almidón en ésta. En la parte inferior se esquematiza la reorientación de los gránulos de almidón cuando las raíces son graviestimuladas. (Imagen elaborada por el Arq. Luis Manuel Martínez Echevarría).

trientes, éstas absorben los recursos necesarios a través de todo su cuerpo vegetativo. Por otro lado, las plantas vasculares tienen un sistema vascular desde sus raíces hasta las hojas por el que se transportan, principalmente, agua, minerales y nutrientes (Hetherington y Dolan 2019).

Existe una diversidad de factores a los cuales han tenido que adaptarse las raíces de las plantas y en este artículo hablaremos de dos: 1) El suelo y los obstáculos físicos; y 2) los nutrientes disponibles, el agua, y cómo acceder a ellos.

Sabemos que las raíces de las plantas responden de manera direccional a numerosos estímulos, a través de la modificación de sus patrones de crecimiento; esto es, alejándose o acercándose a estos estímulos. A estas respuestas las llamamos tropismos, y pueden ser positivos, si la raíz se acerca al estímulo, o negativos, si se aleja de éste (Figura 1A). Pero, ¡cuidado, no nos confundamos con los movimientos násticos! Ambos son respuestas de las plantas a estímulos externos, pero la dirección de los movimientos násticos es independiente de la posición del estímulo y puede ocurrir por cambios de turgencia o de crecimiento, a diferencia de los tropismos, que son movimientos por crecimiento cuya dirección siempre dependerá de la dirección del estímulo. El gravitropismo es el único tropismo al que la raíz se expone todo el tiempo y con una magnitud o fortaleza constante el cual favorece el crecimiento de este órgano hacia abajo; sin embargo, al encontrarse con un impedimento rocoso -por ejemplo, la laja tan común en el estado de Yucatán (Figura 2)- la raíz tiene que rodear el obstáculo, y, en caso de no poder hacerlo crecerá en paralelo, únicamente con el ápice en contacto con este obstáculo (Gilroy y Massa

2003); este comportamiento es conocido como tigmotropismo.

Pero si la raíz no tiene un cerebro como el nuestro, ¿cómo “piensa” y “decide” hacia dónde dirigir su crecimiento ante la presencia de obstáculos? Ella posee una estructura en su ápice llamada cofia, la cual le confiere protección mecánica, y, además, percibe y procesa diversos estímulos internos y externos, lo que es esencial para la regulación del crecimiento radical (Hahn *et al.* 2008). Esto lo ejemplifica Palacios-Medel (2011) en sus experimentos, donde, al separar quirúrgicamente la cofia en raíces de plantas de chile habanero se observa que la raíz no logra percibir ni la gravedad ni la fuente de alimento. En cambio, las raíces con cofia perciben y crecen a favor de ambos estímulos. Lo anterior se logra gracias a que la cofia contiene unos depósitos llamados estatolitos los cuales son gránulos de almidón que le confieren peso o densidad a la raíz, de manera que se sitúan en un punto donde hagan inclinarse a la punta de raíz en un ángulo en dirección a la gravedad (Figura 1B) (Vandenbrink y Kiss 2019). Imaginémoslo como un conjunto de canicas en una media.

Respecto al segundo punto –cómo acceder a los nutrientes y el agua disponibles-, las plantas, además de tener una raíz primaria que proviene directamente del embrión, también forman raíces laterales (RLs), las cuales, se originan de las células del periciclo de la raíz primaria. Sus orígenes influyen en que las primeras, al ser más dependientes de la genética, sean muy gravitropicas pero muy poco responsivas a otros estímulos ambientales, como los nutrientes y el agua (Laskowski *et al.* 1995). En cambio, el desarrollo de las RLs depende grandemente de la presencia de estos



Figura 2. ¡Qué difícil es vivir aquí! Caliche yucateco 4-5 km al sur del Corchito (Yucatán). En primer plano la laja de caliza y detrás algunas plantas típicas de este ambiente: *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. (Fabaceae), *Ipomoea carnea* Jacq. (Convolvulaceae), *Marshallocereus aragonii* subsp. *eichlamii* (Britton & Rose) Guiggi., *Nopalea inaperta* Schott ex Griffiths, (Cactaceae) y un poco más escondida *Agave angustifolia* Haw. var. *angustifolia* (Agavaceae) y *Croton* sp. (Euphorbiaceae). (Fotografía: José Ramón Grande).

estímulos y se promueve de la necesidad de la planta de obtener nutrientes y agua.

Conjuntamente, las raíces, son capaces de “localizar” los nichos de agua y nutrientes en los suelos y “guiar” el crecimiento de sus RLs hacia sus orígenes. Por ejemplo, las plantas de chícharo localizan fuentes de agua provenientes de tuberías cercanas al detectar las vibraciones generadas por el líquido dentro de las tuberías, ¡sí, como si lo “escucharan”! (Gagliano *et al.* 2017); parecido a esto, las plantas de girasol dirigen el crecimiento de sus raíces

hacia parches ricos en nutrientes. Pero eso no es todo, cuando la raíz de una planta está a la misma distancia de la raíz de otra planta contigua -en cuanto al parche, ambas envían menos raíces a la fuente de nutrientes ¡por increíble que parezca! Con este último comportamiento, pareciera que están “conscientes” de la existencia de la otra, permitiendo el aprovechamiento equitativo del nutriente (Ljubotina y Cahill 2019).

Ya para terminar, ¿Te imaginabas que las plantas y en especial, las raíces, son

capaces de hacer estas cosas? ¿Incluso de comunicarse y apoyar a sus vecinas? Estas son tan solo dos formas en que estos maravillosos seres enfrentan las adversidades a las que se encaran día a día. ¿Cuáles anexarías a la lista?

Agradecimientos

A Gisell Martínez Reyes, Julio A. Salas Rabaza y al Dr. José Luis Andrade Torres por su ayuda y gentileza en previas revisiones al escrito.

Referencias

- Gagliano M., Grimonprez M., Depczynski M. y Renton M. 2017.** Tuned in: plant roots use sound to locate water. *Oecologia* 184: 151–160.
- Hahn A., Zimmermann R., Wanke D., Harter K. y Edelmann H.G. 2008.** The root cap determines ethylene-dependent growth and development in maize roots. *Molecular Plant* 1(2): 359–367.
- Hetherington A.J. y Dolan L. 2019.** Rhynie chert fossils demonstrate the independent origin and gradual evolution of lycophyte roots. *Current Opinion in Plant Biology* 47: 119–126.

- Laskowski M.J., Williams M.E., Nussbaum H.C. y Sussex I.M. 1995.** Formation of lateral root meristems is a two-stage process. *Development* 121(10):3303–3310.
- Ljubotina M.K. y Cahill J.F. 2019.** Effects of neighbour location and nutrient distributions on root foraging behaviour of the common sunflower. *Proceedings of the Royal Society B* 286(1911): 20190955.
- Gilroy S y Massa G.D. 2003.** Touch modulates gravity sensing to regulate the growth of primary roots of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Journal* 33: 435–445.
- Medel E.P. 2011.** Caracterización del efecto quimiotrópico del glutamato en raíces de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica de Yucatán. Mérida, Yucatán.
- Nelson D.L. y Cox M.M. 2008.** *Lehninger. Principles of biochemistry*, 5. W-H- Freeman and Company 41 Madison Avenue. New York, NY 10010 pp. 1158.
- Vandenbrink J.P. y Kiss J.Z. 2019.** Plant responses to gravity. In *Seminars in Cell & Developmental Biology* 92: 122–125.

Desde el Herbario CICY, 12: 159–163 (13-Agosto-2020) es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 110, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editores responsables: Rodrigo Duno de Stefano y Lilia Lorena Can Itzá. Reserva de Derechos al Título Exclusivo No. 04-2016-041413195700-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: 2395-8790. Responsable de la publicación: José Fernely Aguilar Cruz, Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 13 de agosto de 2020. Las opiniones expuestas por los autores no necesariamente expresan la postura del editor de la publicación. De la misma manera, la responsabilidad sobre la veracidad y la precisión de los contenidos, le corresponde totalmente a los autores de los ensayos.