

Gladys Iliana Cassab López
Instituto de Biotecnología, UNAM
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

Delfeena Eapen
Instituto de Biotecnología, UNAM

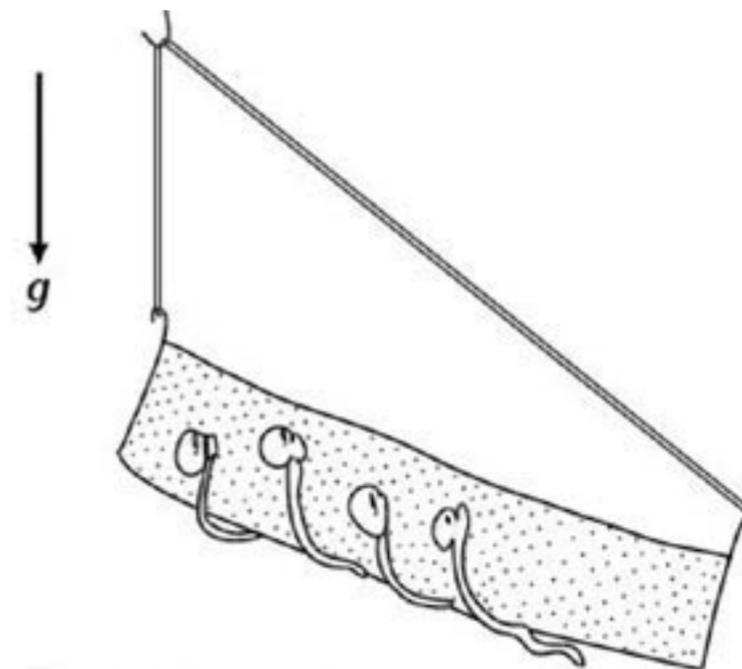
Las plantas que habitan ambientes áridos y calurosos muestran adaptaciones a nivel celular que son comunes a todos los organismos vivos, las cuales les permiten reducir el impacto de estas condiciones adversas. En algunas familias, como en las *Agavaceae* o *Cactaceae*, las plantas tienen características morfológicas que les permiten almacenar agua, como es la succulencia, cubiertas cerosas en sus hojas y un tipo de fotosíntesis más eficiente, que les permite transformar la energía de la luz solar en energía metabólica (azúcares) durante la noche, disminuyendo la pérdida de agua mediante evapotranspiración. Tan importante como lo anterior, es el papel de la raíz. Por ejemplo, las raíces laterales ayudan a absorber el agua de lluvia mientras que las raíces que penetran la capas

más profundas del suelo pueden encontrar zonas con mayor humedad y/o mantos freáticos. Actualmente, la falta de agua es el factor limitante más importante que afecta a nivel mundial el crecimiento, desarrollo, y productividad de cultivos, y por lo tanto tiene un impacto económico y sociológico devastador. Aunque existen algunos casos relativamente exitosos que confieren resistencia a sequía (en arroz y en la planta modelo *Arabidopsis*) en algunos cultivos esta resistencia está por lo general relacionada negativamente con la productividad. Plantas transgénicas de arroz que expresan un gene que da resistencia a sequía produce entre 15 a 25% menos grano en condiciones de sequía que plantas en condiciones normales. Por lo que, durante una sequía, la supervivencia de la planta no es suficiente ni benéfica para mantener la productividad del cultivo. El mejoramiento del manejo del agua conocido como "más cultivos por gotas de agua" requiere por lo tanto de nuevos enfoques experimentales. Por ejemplo, las raíces de plantas cul-

tivables frecuentemente no pueden acceder a fuentes de agua que se encuentran distribuidas no uniformemente en el suelo, ni a las zonas profundas. Por lo que, mejorar la capacidad de las raíces para adquirir agua de todas las posibles fuentes sería considerablemente ventajoso para mejorar la productividad agrícola. Dentro de los sistemas agrícolas de temporal es de suponerse que cuando las plantas experimentan sequía y calor, un proceso biológico tal como el hidrotropismo (de *hidros*, agua; *trope*, curvatura o movimiento en curva de un organismo en respuesta a un estímulo ambiental, en este caso el agua) juega un papel primordial en la evasión a estas condiciones adversas. El crecimiento de las raíces dirigido por el hidrotropismo es un comportamiento reconocido desde hace ya varios siglos, pero aún no muy comprendido. El análisis del hidrotropismo ha sido siempre difícil de lograr ya que el gravitropismo, o crecimiento dirigido al vector de la gravedad de la Tierra, interactúa fuertemente con la respuesta hidrotropica. De ahí que,

Hidrotropismo: una respuesta de las raíces de plantas terrestres a la humedad del suelo?

¿Cómo buscan las raíces de plantas terrestres la humedad del suelo?



Arcilla húmeda

Figura 1. Canasta de Sachs. En este sistema experimental se demostró por primera vez (en 1887) el hidrotropismo en plantas. Las semillas de chícharo se sembraron en una canasta colgante con sustrato húmedo, la cual se colocó en una cámara sin humedad, y se observó que las raíces crecían siguiendo a la humedad de la canasta y no al vector de la gravedad (g).

diversos métodos que utilizan plantas mutantes sin respuesta a la gravedad, o micro-gravedad en el espacio (en una nave espacial), hayan sido utilizados para diferenciar entre la respuesta hidrotropica de la gravitropica. Una planta mutante es un ser vivo tipo silvestre que ha sufrido una mutación inducida con un mutágeno. Un mutágeno es un agente físico, químico o biológico que altera la información genética. Una mutación se refiere a una alteración en la información genética de un ser vivo que produce un cambio de características que se heredan a la descendencia. Una de las cualidades que las plantas han adquirido durante su evolución es la capacidad para percibir las señales del ambiente, las cuales gobiernan en gran medida la dirección de su crecimiento. El crecimiento dirigido de los órganos vegetales en función de la posición de los estímulos ambientales constituye lo que se conoce como tropismo. Pese a su importancia, los mecanismos de operación de los tropismos vegetales, como el hidrotropismo, continúan siendo poco claros desde que fueron descritos por primera vez por von Sachs (1877) (ver figura 1). Los tropismos más estudiados son el gravitropismo y el fototropismo (crecimiento dirigido a la luz) para los cuales ya han sido identificados varios de los genes que regulan

estas actividades. Un gen es una secuencia ordenada de nucleótidos en la molécula de ADN, que contiene la información necesaria para la síntesis de una macromolécula con función celular específica, normalmente proteínas. Esta función puede estar vinculada a una función fisiológica, tal como al fototropismo. Uno de los genes que ha sido claramente involucrado en este tropismo es fitocromo. Sin embargo, a pesar de que la baja disponibilidad de agua es el factor que más afecta a la agricultura, el interés en el estudio del hidrotropismo ha fluctuado a través de los años. El hidrotropismo juega un papel crucial para el establecimiento de la estructura del sistema radicular y, por lo tanto, tiene implicaciones en la habilidad de las plantas de sobrevivir a condiciones limitantes de agua. A la fecha no se conoce con detalle cuáles son los mecanismos que regulan la respuesta de crecimiento de las raíces ante los gradientes de agua. Lo que sí se sabe gracias a los experimentos de Charles Darwin (1881) es que la coifa, estructura localizada en la punta de la raíz, es la zona de percepción del estímulo, pero no solo de humedad, sino también de obstáculos, gravedad, calor, etc. El análisis genético del hidrotropismo se inició en *Arabidopsis*, ya que es una planta modelo de laboratorio, tanto por su tamaño

estás a un click de tus estrenos favoritos

Las mejores películas, series y conciertos ahora también en tu computadora

Lynch
Rango
Fast & Furious 5
127 HOURS

Si ya cuentas con el paquete de canales Moviecity ¡Qué esperas! ingresa a moviecity.com y comienza a usarlo SIN COSTO

contrátalo
01 800 522 2530
moviecity.com

Cablemás. www.cablemas.com

moviecity

*Para ingresar al servicio es indispensable contar con un usuario y contraseña, para obtener este acceso ingresa www.cablemas.com/mx, selecciona el menú "Servicios en Línea", opción "Pagos en Línea".

Respuesta innata de las plantas a la sequía

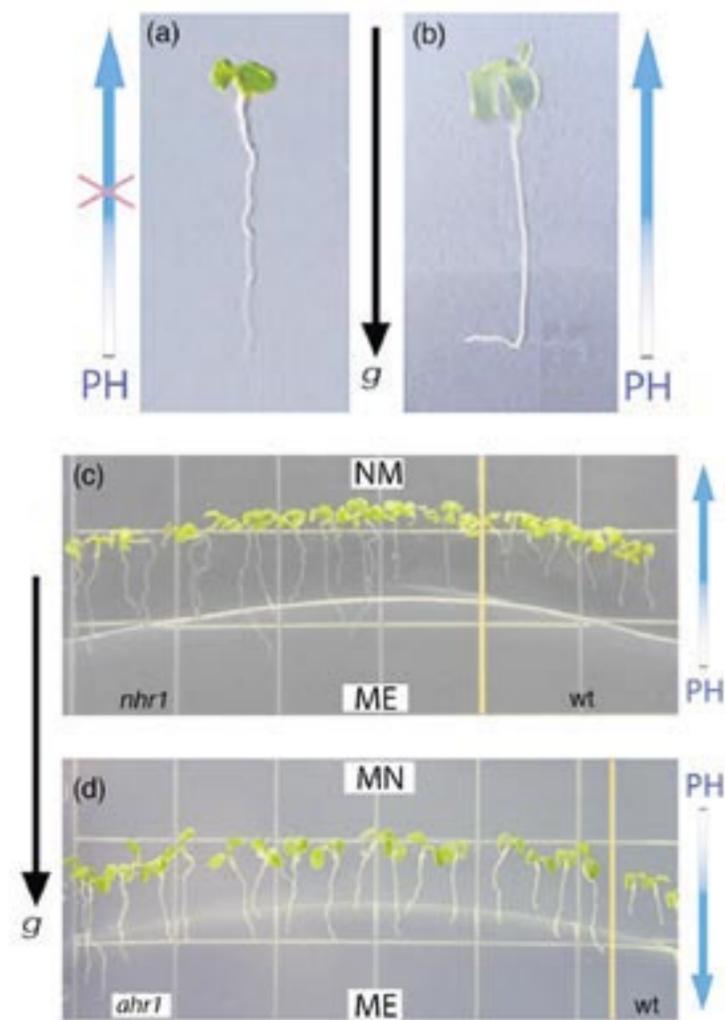


Figura 2. Análisis genético del hidrotropismo en *Arabidopsis*. (a) Raíz de plántula tipo silvestre mostrando respuesta gravitropica positiva en medio de cultivo sin gradiente de agua, ver flecha (b) Raíz de plántula tipo silvestre en el medio de selección que deja de crecer a los 5 días y desarrolla hidrotropismo después de percibir una disminución en el nivel de agua en el medio, ver flecha. MN, medio normal; ME, medio estresante, PH, potencial de agua, *g*, vector de la gravedad. Las raíces responden gravitropicamente si no se presenta un gradiente de potencial de agua o (c) hidrotropicamente en cuando se presenta un gradiente de potencial de agua.(d)

reducido como porque su ADN ha sido completamente secuenciado. Nuestro laboratorio fue el primero en el mundo en reportar a *nhr1*, una mutante de *Arabidopsis* que es incapaz de mostrar hidrotropismo a largo plazo, pero con un gravitropismo más fuerte que el de raíces de tipo silvestre en un medio de cultivo con un gradiente de agua. Posteriormente, se aisló a otro mutante sin respuesta hidrotropica designado *mizu kussei* (*mizu*, agua; y *kussei*, tropismo en japonés) (*miz1*). El gen *MIZ1* codifica para una proteína con función desconocida. Un segundo mutante no hidrotropico es *miz2*, el cual está afectado en *gnom*, una proteína que facilita el movimiento de moléculas dentro de la célula.

Para analizar la respuesta hidrotropica en plantas, hemos utilizado a dos mutantes de *Arabidopsis* aisladas en nuestro laboratorio, *nhr1* y *ahr1* (respuesta hidrotropica alterada) mediante el diseño de

dos sistemas de escrutinio basados en la generación gradual de un gradiente de agua, mostrados en la figura 2. El primer sistema permite el aislamiento de mutantes no hidrotropicos, tipo *nhr1*. Éste está compuesto de una caja de Petri cuadrada orientada verticalmente con un medio nutritivo normal (NM) en la parte superior (donde se germinan las semillas) y un medio estresante (ME) en la parte inferior de la misma que contiene glicerol, y que con el tiempo desarrolla un gradiente de agua (ver la figura 2c). Las raíces de plántulas tipo silvestre (wt) crecen en dirección de la gravedad y después de 5 ó 6 días muestran una curvatura positiva en respuesta al estímulo hidrotropico, por lo que evitan el sustrato con baja cantidad de agua (ver la figura 2b). Las mutantes tipo *nhr1* fueron seleccionadas basándonos en su incapacidad de desarrollar una curvatura hidrotropica positiva (ver la figura 2a), y por no

mantener un crecimiento continuo en las condiciones severas de falta de agua del medio de la parte inferior de la caja por más de 10 días (ver la figura 2c). Este último punto es importante recalcarlo, ya que nos permite distinguir a las mutantes hidrotropicas de las mutantes resistentes a falta de agua. El segundo sistema, al igual que el anterior, está compuesto de una caja de Petri cuadrada orientada

verticalmente pero con el medio estresante (ME) en la parte superior y el medio normal (MN) en la parte inferior (ver la figura 2d). Las mutantes tipo *ahr* crecen continuamente bajo condiciones severas de falta de agua por 10 días para alcanzar las condiciones de agua moderadas presentes en la sección inferior de la caja (ver la figura 2d), y además, desarrolla en el tiempo un extenso sistema

radicular. El aislamiento y caracterización de este tipo de mutantes representa una fuente genética invaluable para el estudio del hidrotropismo en raíces, así como para futuros proyectos biotecnológicos para mejorar la respuesta hidrotropica en plantas de interés agrícola que sean cultivadas en zonas de riesgo a sequía.



EN SERIO

Información Inteligente

RADIO Lunes a Viernes
15:00 a 16:00 Hrs.

TV. Lunes a Viernes
16:00 a 17:00 Hrs.
22:30 a 23:00 Hrs.

GRUPO SONPROSA