

El Árbol Sintético

un desarrollo tecnológico inspirado en la naturaleza y que ayuda a comprenderla

Texto: Dr. Claudio Berli

El mecanismo que utilizan los árboles para bombear agua desde la raíz hasta las hojas ha sido objeto de controversias centenarias. Actualmente la hipótesis de mayor consenso sugiere que el agua es succionada hacia arriba a partir de la presión negativa que genera la evaporación en las hojas. El mecanismo sólo es posible debido a que los vasos del xilema son de tamaño micrométrico. Muy recientemente, científicos norteamericanos imitaron esta forma de bombeo en un pequeño árbol sintético: un dispositivo de microfluídica que básicamente consiste en una red de microcanales integrados en una placa de 3x6 cm. El dispositivo puede transportar agua entre su "raíz" y sus "hojas" generando presiones negativas equivalentes a las necesarias en los grandes árboles. Este desarrollo ha sido seleccionado por la revista *Nature* como uno de los 10 sucesos científicos más relevantes de 2008. Su importancia no se debe solamente a las enormes aplicaciones que promete la microbomba, sino a que valida experimentalmente la teoría que explica cómo los árboles llevan agua desde el suelo hasta su copa.

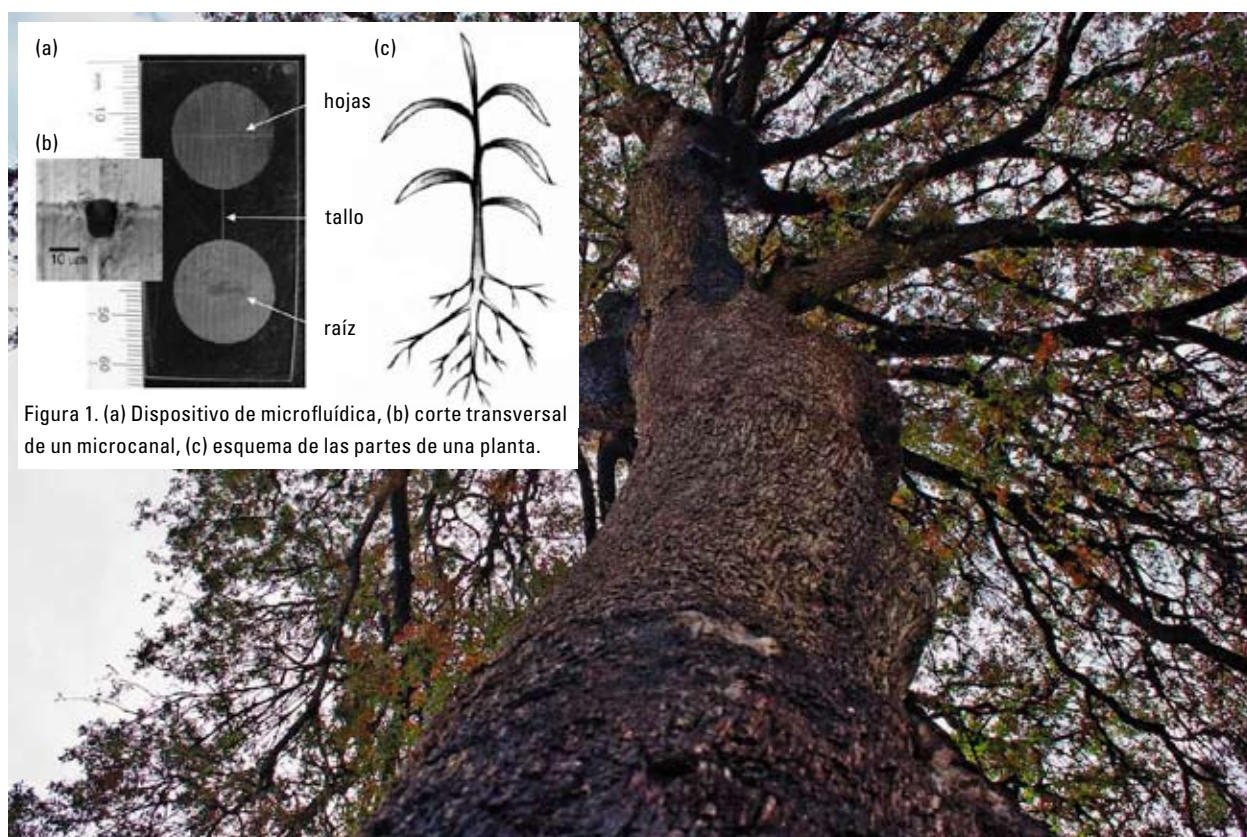


Figura 1. (a) Dispositivo de microfluídica, (b) corte transversal de un microcanal, (c) esquema de las partes de una planta.

Los árboles y el agua

Sabemos que el agua entra en las plantas por la raíz, asciende por el sistema vascular del xilema, y finalmente sale por las hojas en forma de vapor. No obstante, al observar árboles de gran talla como las araucarias y los eucaliptos, es difícil imaginar cómo logran transportar agua hasta lo más alto de su follaje. El ejemplo más sorprendente es la secuoya roja que crece en el norte de California y supera los 100 m de altura. Debemos recordar que los fenómenos de absorción en la raíz, notablemente el fenómeno de ósmosis en suelos bien húmedos, pueden generar una presión positiva en la base de la planta, pero ésta alcanza para elevar agua sólo un corto tramo en el tallo.

A continuación comentaremos muy resumidamente las bases fisicoquímicas de la teoría actual, con el objeto de comprender mejor la noticia del árbol sintético. Mayores detalles pueden encontrarse en cualquier texto de biología o fisiología vegetal. En primer lugar, las plantas utilizan canales sumamente delgados, en los cuales el fenómeno del ascenso capilar cobra importancia: el líquido forma un menisco y asciende por las paredes interiores debido a las fuerzas de adhesión entre las moléculas de agua y la pared del tubo. Si el diámetro del tubo es de unos pocos micrómetros, el agua puede ascender varios metros de altura. Asimismo, es crucial otra propiedad del agua que es la fuerte cohesión que existe entre sus moléculas debido a los llamados puentes de hidrógeno. En canales muy delgados se forma una especie de cadena de moléculas de agua, la cual puede ser traccionada con una fuerza relativamente grande sin que se corte.

Ahora bien, los fenómenos de adhesión y cohesión son necesarios, pero no explican la fuerza impulsora del agua hacia arriba, sino la resistencia de

una columna de varios metros de altura, en la medida que el canal sea micrométrico. Lo que succiona el agua hacia arriba es la evaporación que ocurre en las hojas: el menisco disminuye en el extremo de los canales y el líquido asciende para re-llenarlos. Más esquemáticamente, se puede pensar que por cada molécula de agua que pasa a la fase vapor en las hojas, una molécula de agua debe ser restituida en la raíz para mantener llenos los microcanales, lo cual produce un desplazamiento neto hacia arriba. El proceso completo se denomina comúnmente transpiración, y es la teoría actualmente aceptada para explicar el transporte de agua a través del xilema en los grandes árboles.

La microfluídica

La microfluídica es una disciplina científica nueva, que estudia la manipulación de fluidos en sistemas artificiales donde los canales, válvulas y orificios tienen diámetros micrométricos. Para ello se aprovechan los fenómenos fisicoquímicos propios de la escala microscópica. Si bien se estudian dispositivos sintéticos, hechos por el hombre, en muchos casos es muy ventajoso imitar el diseño de estructuras y funciones biológicas. En otras palabras, no podemos ignorar la gran cantidad de soluciones eficientes que la naturaleza ha desarrollado durante millones de años de evolución, por ejemplo el transporte de agua en el lecho vascular de las plantas. Otros ejemplos de desarrollos tecnológicos inspirados en los seres vivos fueron descritos en un artículo previo (*ECO Ciencia & Naturaleza* 3, 2007, 12-16).

El pequeño árbol sintético

El dispositivo de microfluídica desarrollado por Wheeler y Stroock en la Universidad de Cornell (*Nature* 455, 2008, 208-212) consta de un arreglo de cientos de microcanales paralelos (la "raíz"), conectados mediante

un microcanal (el "tallo") a otro arreglo de microcanales paralelos (las "hojas"), como se muestra en la Figura 1. El material es un hidrogel de alta afinidad por el agua, similar a los que constituyen la pared de los vasos del xilema. La "raíz" se pone en contacto con aire húmedo, y las "hojas" se exponen a una corriente suave de aire más seco. En estas condiciones, se establece un flujo de agua a través del "tallo", desde la "raíz" hacia las "hojas", debido a que los canales que evaporan agua en su extremo producen una succión en la tubería para permanecer llenos. En realidad este dispositivo no se parece mucho a un arbolito plantado en la tierra, pero su funcionamiento imita correctamente el proceso de transpiración de las plantas.

Se trata de un método pasivo que no requiere de ninguna fuente de energía adicional.

Este sistema de bombeo es de gran interés para ser aplicado en dispositivos miniaturizados para ensayos de laboratorio, pero también en sistemas de enfriamiento y para mejorar la remediación de suelos. Asimismo, el diseño permitirá estudiar algunos detalles de las propiedades del agua en la microescala. No obstante, lo más relevante de este experimento es que valida la hipótesis de que la fuerza impulsora del transporte de agua en las plantas es la presión negativa generada por la evaporación en las hojas.

Vemos entonces que la posibilidad de fabricar dispositivos de microfluídica y luego experimentar con ellos, además de producir avances tecnológicos notables, aporta conocimientos para interpretar mejor las bases físicas que subyacen en los procesos biológicos. En efecto, el árbol sintético es un precioso ejemplo de cómo un desarrollo inspirado en la naturaleza finalmente ayuda a comprender mejor la naturaleza.

Fin Nota