

¿Cómo hacen las plantas para transportar el agua cuesta arriba?: reseña de una muestra interactiva en el Día Internacional de la Fascinación por las Plantas

How do Plants Carry Water Uphill? Review of an Interactive Exhibition on the International Plant Fascination Day

Silvana U. Cherbiy-Hoffmann¹, Jesús D. Valdez², Silvia N. Villafañe⁴, Franco E. Calvo³
^{1,2,3}Universidad Nacional de Chilecito. Departamento de Ciencias Básicas y Tecnológicas.
 Carrera de Ingeniería Agronómica. La Rioja, Argentina.

⁴Escuela 169 "Universidad Nacional de La Plata". La Rioja, Argentina.

¹scherbiy@undec.edu.ar; ²jvaldez@undec.edu.ar; ³fcervo@undec.edu.ar

Para citar este artículo:

Cherbiy-Hoffmann, S.U., Valdez, J.D., Villafañe, S.N. y Calvo, F.D. (2023). ¿Cómo hacen las plantas para transportar el agua cuesta arriba?: reseña de una muestra interactiva en el Día Internacional de la Fascinación por las Plantas. *Revista de Educación en Biología*, 26 (1), 103-109.

Resumen

Pocas veces, o nunca, advertimos que el agua en las plantas se transporta cuesta arriba, desde el suelo hasta las hojas. Mientras que, en un río o en un grifo abierto, el agua fluye cuesta abajo con facilidad. Si pretendemos que el líquido fluya cuesta arriba, necesitaremos de una bomba para transportarla, por ejemplo, desde una cisterna hasta el tanque ubicado en el techo de nuestra vivienda. Entonces: ¿cómo hacen eso los árboles? Junto con el auditorio, estudiantes de 10 a 12 años de edad, se construyó progresivamente la respuesta buscada, utilizamos distintos recursos didácticos, que facilitaron la comprensión de algunos contenidos teóricos de la física-química del agua, de la transpiración foliar, de las características del xilema y de la pared celular.

Palabras clave: Capilaridad; Xilema; Transpiración foliar; Pared celular

Abstract

We rarely, if ever, notice that water in plants is transported uphill, from the soil to the leaves. In a river, or when turning on a faucet, water flows downhill easily and quickly. Now, if we want the water to flow uphill, we know that we will need a pump to transport it, for example, from a cistern to the tank located on the roof of our house. So: how do trees do that? Together with the audience, students from 10 to 12 years old, we progressively constructed the desired answer, using different didactic resources, which facilitated the understanding of some theoretical contents of the physic-chemistry of water, foliar transpiration, xylem and cell wall characteristics.

Keywords: Capillarity; Xylem; Leaf transpiration; Cell wall

En el Día Internacional de la Fascinación por las Plantas, la Universidad Nacional de Chilecito organizó una muestra dirigida a los estudiantes de escuelas primarias y secundarias del departamento Chilecito (provincia de La Rioja, Argentina). La muestra abordó temáticas variadas, sobre el reino vegetal, las que fueron desarrolladas a través de catorce (14) *stands* diferentes. Estos espacios estuvieron a cargo de docentes-investigadores y estudiantes de las carreras de ingeniería agronómica, licenciatura en biología, licenciatura en alimentos y *sommelier*. En nuestro caso, diseñamos el stand para interactuar con estudiantes de 10-12 años de edad (Figura 1). Al inicio de nuestra exposición, realizamos una pregunta sencilla, que problematizaba el sentido común de las y los estudiantes ¿Cómo hacen las plantas para transportar el agua cuesta arriba? Nuestra pregunta inicial tiene por objetivo llamar la atención de nuestra joven audiencia, sobre un proceso que pocas veces, o prácticamente nunca, advertimos qué ocurre desde el suelo hasta las hojas, a diferencia de lo que ocurre con un río o un grifo abierto, donde el agua siempre fluirá cuesta abajo. En cambio, si deseamos que esta fluya cuesta arriba, en general, necesitaremos de una bomba para posibilitar que el agua depositada en un tanque soterrado suba hasta la cocina y el baño de una vivienda. Durante los primeros minutos de nuestra exposición, exhibimos a las y los estudiantes, tres (3) situaciones diferentes, en las que el agua se transportaba hacia arriba: una fuente de agua ornamental en funcionamiento, un capilar vidrio que contenía agua coloreada y una persona tomando mate. El estudiantado pudo observar, tres (3) formas de ascenso del agua, afines a situaciones de su vida cotidiana: por impulsión, por capilaridad y por succión.



Figura 1: Vista panorámica del stand en el Día Internacional de la Fascinación por las Plantas en la Universidad Nacional de Chilecito. En la imagen se observan los recursos utilizados durante el desarrollo de la muestra interactiva.

¿Acaso las plantas utilizarán alguna de las formas de movimiento exhibidas para transportar el agua cuesta arriba?

Para averiguarlo, las y los estudiantes necesitaron entender primero por dónde circula el agua en las plantas. Para ello, les propusimos que observaran una rodaja

pulida del tronco de una especie arbórea nativa conocida como “visco” (*Parasenegalia visco*) utilizando una lupa binocular. La pieza de madera tenía incrustada en su interior un segmento de capilar de vidrio (Figura 2 a), para facilitarles la comparación entre los conductos del xilema y el capilar. Cuando el estudiantado advirtió los orificios presentes en la madera (Figura 2 b) les indicamos que es a través de esos conductos -denominados en su conjunto como xilema- por donde el agua circula por toda la planta. Luego, cuando realizaron la comparación, entre los diámetros del capilar de vidrio (Figura 2 a) y de los conductos del xilema (Figura 2 b), pudieron dar cuenta que estos conductos son tan finos como un cabello humano.

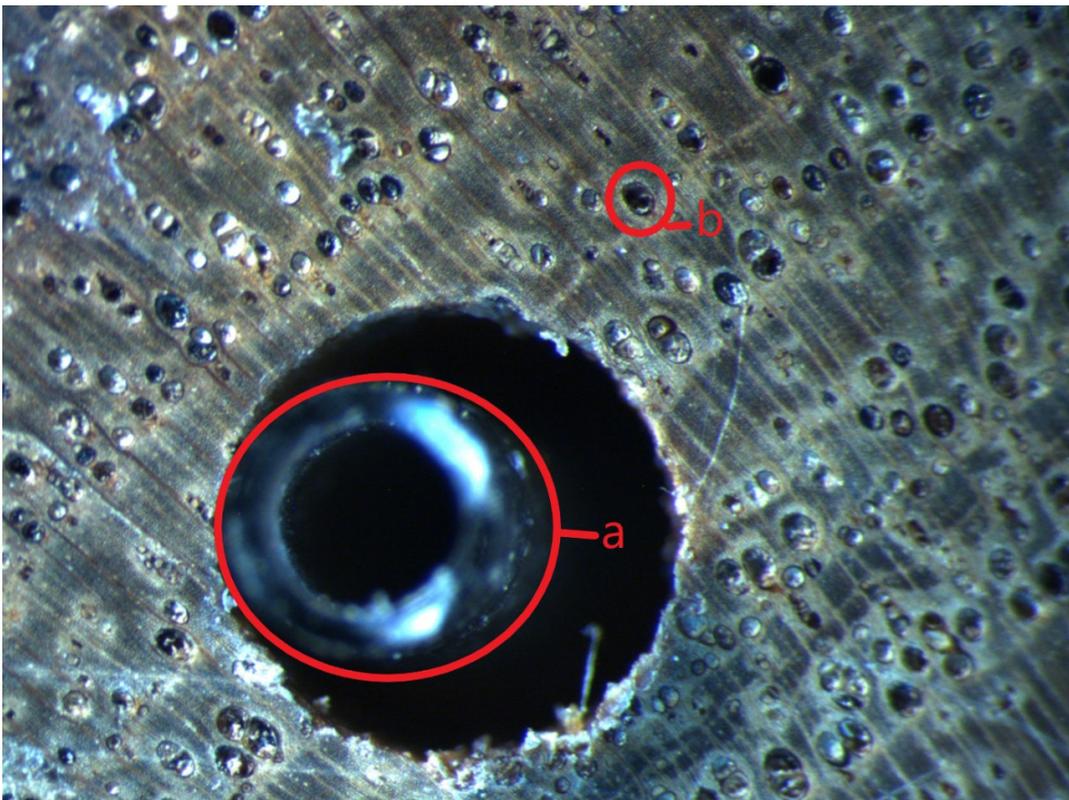


Figura 2: Capilar de vidrio (a) y conducto del xilema (b) observados en una sección transversal de una rodaja pulida del tronco de *Parasenegalia visco* (X25). Nótese que el capilar de vidrio fue incrustado en la rodaja de madera para facilitar su comparación.

¿El agua asciende por las plantas porque los conductos del xilema se comportan como un capilar de vidrio?

Sabemos que el agua puede ascender por un capilar de vidrio o por los conductos del xilema, debido al fenómeno de la capilaridad. Con la ayuda de un video didáctico (recuperado de: <https://youtu.be/0YX9yUIPsBU>), las y los estudiantes pudieron apreciar que el agua se eleva por conductos estrechos debido a tres fuerzas intermoleculares. Una de ellas se conoce como cohesión, y ocurre cuando las moléculas de agua se unen entre sí. La adhesión, en cambio, sucede cuando las moléculas de agua se unen a superficies hidrófilas (ávidas por el agua), como el vidrio o los conductos del xilema. La tercera fuerza es la tensión superficial que ocurre cuando las moléculas de agua de la superficie

del líquido entran en contacto con el aire; allí, su unión intermolecular es más fuerte y, en consecuencia, la tensión en la superficie del líquido aumenta. Las tres fuerzas en su conjunto -fenómeno conocido como capilaridad- elevan la columna de agua dentro de un tubo estrecho venciendo la fuerza de gravedad. Lo mismo ocurre cuando el agua asciende por los conductos del xilema.

Si un árbol tiene 20 metros de altura: ¿la capilaridad permite que el agua ascienda hasta esa altura?

Si el agua ascendiera únicamente por capilaridad, en un árbol de 20 metros de altura subiría solo hasta los 50 centímetros. Entonces: ¿cómo llega este líquido hasta la última hoja de ese árbol? Acaso : ¿participará otra fuerza en cooperación con la capilaridad del xilema para acarrear el agua? Les propusimos a las y los estudiantes que pensarán en dos posibilidades: una fuerza de impulsión que empuja el agua “hacia arriba” (como lo hace una bomba), o una fuerza de succión que la aspira el agua “desde arriba” (como lo hacemos al tomar mate), y que opten por una de ellas. La mayoría de la audiencia supuso que a nivel de las hojas ocurre una fuerza de succión, que aspira el agua, aunque hasta ese momento no comprendían cómo y dónde se produce.

¿Qué ocurre en las hojas?

El 95 % del agua que fue absorbida por las raíces, sale por las hojas en forma de vapor, proceso conocido como transpiración (Sanchez-Diaz y Aguirreolea, 2008). En el *stand*, las y los estudiantes visualizaron la transpiración de las plantas observando, por un lado, una planta de poroto (*Phaseolus vulgaris*) con una hoja embolsada. En cuyo interior se podían apreciar gotas de agua, como consecuencia de la condensación del vapor de agua. Y por el otro lado, se les mostró una rama de geranio unida de forma hermética a una manguera de silicona, la cual estaba a su vez conectada a una bureta graduada que contenía agua (este dispositivo se conoce como: potómetro). Nuestra audiencia observó el descenso del agua en la bureta como consecuencia de la evaporación de esta en las hojas. En este momento de la muestra interactiva, invitamos al alumnado a realizar un recorrido hacia el interior de una hoja, para explicarles cómo ocurre la transpiración en las plantas.

Con la ayuda de un esquema de corte transversal de un tejido foliar (Figura 3), les mostramos las principales características de una hoja: en las superficies superior e inferior encontramos: la epidermis, la cual asemejamos a un film de plástico como el usado en la cocina, indicándoles que su función es impermeabilizar las células superficiales para evitar su deshidratación. En el esquema también se observa que, en la superficie inferior o envés, la epidermis se encuentra interrumpida por orificios circulares y diminutos llamados: estomas, lugar por donde el vapor de agua sale hacia la atmósfera. Los estomas se pueden asemejar a válvulas porque las plantas controlan su apertura y cierre durante el día, a fin de permitir una mayor o menor salida del agua en forma de vapor.

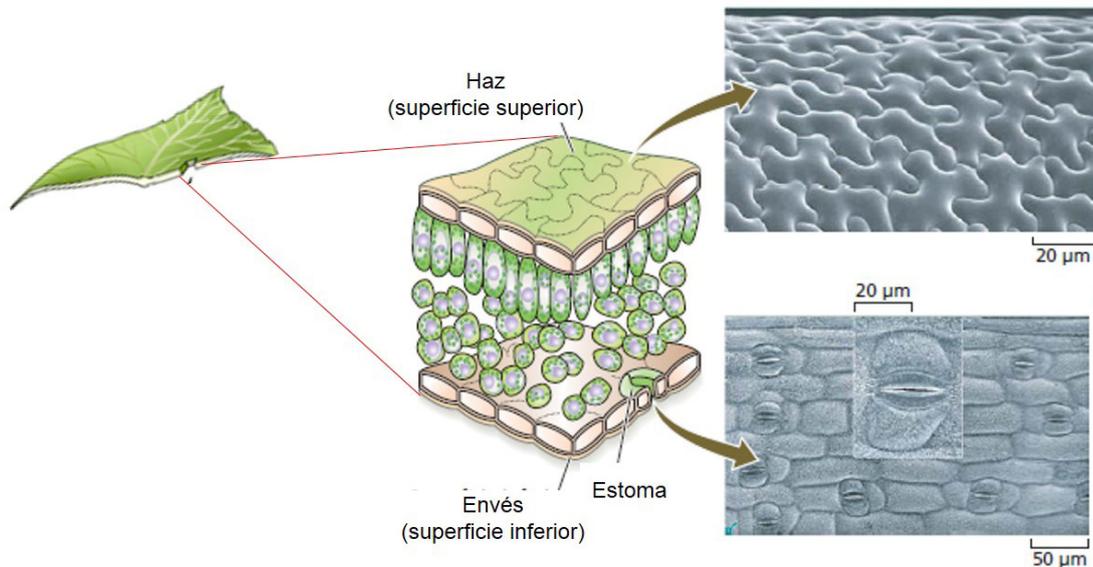


Figura 3: Esquema de corte transversal de una hoja (extraído y adaptado desde Taiz et al. 2017).

Una vez que las y los estudiantes localizaron el sitio por donde el agua sale hacia la atmósfera en forma de vapor, les guiamos hacia el interior de la hoja (Figura 3). Para que identifiquen dos grandes grupos de células: el primero se encuentra cerca de la epidermis superior (haz). Está conformado por: células alargadas y ubicadas muy próximas entre sí, sin dejar espacio entre ellas. Este tejido se conoce como: parénquima en empalizada. En cambio, el segundo grupo se encuentra próximo a la epidermis inferior (envés). Está formado por células globosas y más separadas entre sí, lo que posibilita la aparición de grandes espacios de aire. Este tejido se conoce como: parénquima esponjoso. Posteriormente, les indicamos que el cambio de estado del agua, de fase líquida a vapor, ocurre en el parénquima esponjoso. Pero, ¿cómo ocurre?

Sabemos que toda célula vegetal tiene la particularidad de presentar una pared celular, y como lo hace una caja, funciona conteniendo a la célula en su interior. Debido a su composición química, su apariencia puede asemejarse con una esponja; pues absorbe y contiene agua con mucha facilidad. El agua que humedece las paredes celulares del parénquima esponjoso procede del xilema y se encuentra en estado líquido. El agua se evapora en las paredes celulares y difunde hacia el espacio aéreo que las rodea debido a la temperatura que alcanza la hoja. En este momento, les solicitamos a las y los estudiantes que visualicen una hoja expuesta al sol en un día despejado; dedujeron que, a mayor temperatura de la hoja, aumentaría la pérdida de agua en forma de vapor, siempre que los estomas lo permitan.

¿La transpiración favorecerá el ascenso del agua en las plantas?: Demostración experimental

En el *stand*, el alumnado observó un modelo físico que recreaba el efecto de la pared celular del parénquima esponjoso al usar segmentos humedecidos de esponja vegetal, mientras que la influencia del sol fue simulada con una lámpara reflectora encendida (60

watts); la acción capilar del xilema fue representada a través de los capilares de vidrio (Figura 4). Las y los estudiantes pudieron comprobar que los capilares de vidrio que estaban conectados a una esponja húmeda, mantuvieron una columna de agua continua y sin interrupción, desde el líquido hasta la esponja (Figura 4 a, tubo central y derecho). A continuación, les preguntamos: ¿qué ocurrirá si quitamos la esponja húmeda conectada al capilar? Luego de un breve intercambio de respuestas entre estudiantes, pudieron comprobar que la columna de agua coloreada se desplazó instantáneamente hacia abajo cuando el fragmento de esponja fue desconectado (Figura 4 b, tubo de la derecha). De este modo, las y los estudiantes comprendieron que a medida que la esponja pierde agua en forma de vapor, succiona el agua contenida en el capilar para reponer el agua evaporada. Este proceso se detendrá cuando se haya agotado el líquido del tubo.

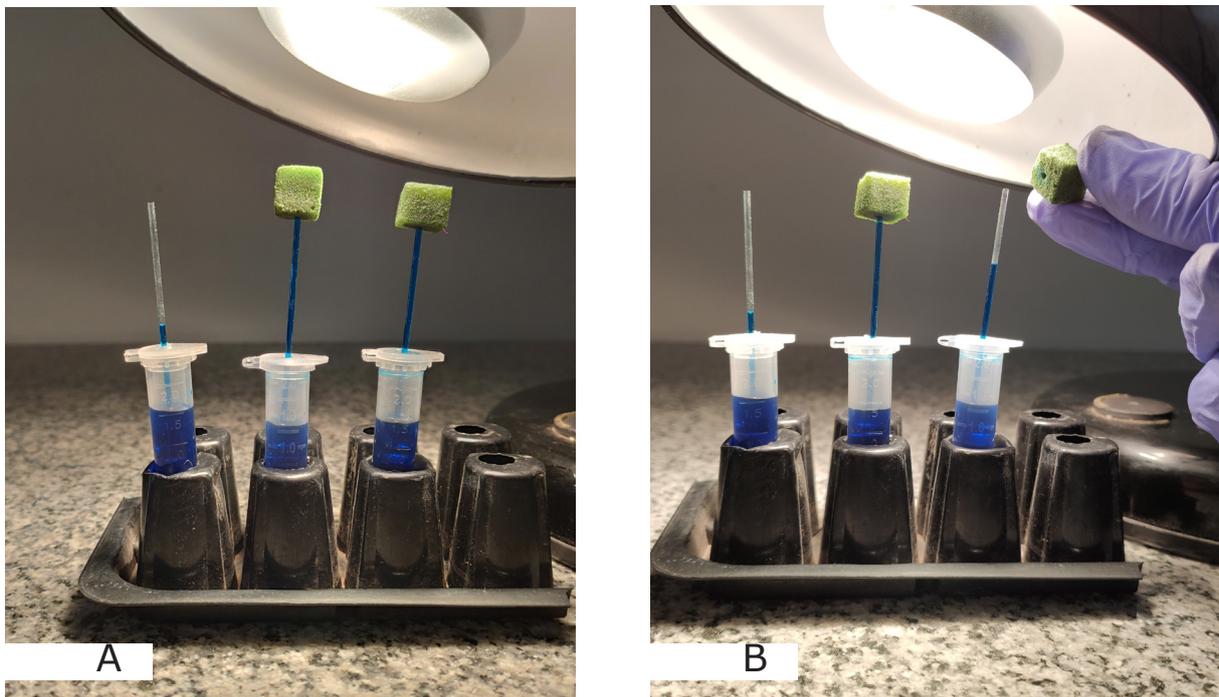


Figura 4: Modelo físico usado para verificar el ascenso del agua debido al efecto de la capilaridad (a y b, tubo izquierdo) y el efecto combinado de la capilaridad y la evaporación del agua (a y b, tubo central). Adicionalmente, se muestra cómo se interrumpe la continuidad de la columna de agua cuando ambos efectos físicos no están combinados (b, tubo derecho).

Conclusión y reflexiones finales

A medida que las hojas transpiran, el agua abandona el suelo y sube por la planta. Impulsada solamente por fuerzas físicas (capilaridad + succión), sin que sea necesaria la participación de ninguna bomba. En las superficies evaporantes de las paredes celulares del parénquima esponjoso, se genera la fuerza de succión que aspira el agua, y en combinación con la capilaridad del xilema, el agua puede transportarse cuesta arriba en las plantas. ¿Habían notado que este proceso admirable y silencioso ocurre todos los días, sin que lo notemos?

El Día Internacional de la Fascinación por las Plantas nos permitió generar un ámbito extra áulica de enseñanza, aprendizaje e intercambio de conocimiento. Sobre una temática compleja de las relaciones hídricas en el sistema continuo Suelo-Planta-Atmósfera. Diseñamos nuestra muestra interactiva para despertar y sostener el interés de las y los jóvenes visitantes durante veinte minutos, a fin de maximizar su capacidad para comprender y apropiarse del conocimiento expuesto mediante la problematización. Los ámbitos de aprendizaje fuera del aula constituyen espacios con altas potencialidades para incentivar la enseñanza de Ciencias Naturales y favorecer el pensamiento científico y crítico en los niños, al mismo tiempo que, se fortalece lo aprendido en el aula (Ribas-Borrego, 2020; Güemes-González y Ribas-Borrego, 2020).

Referencias bibliográficas

- Güemes-González, E. y Ribas-Borrego, M. (2020). Educación STEM y escalas para valorarlas. *Revista Padres y Maestros*, 384, 48-52. <https://doi.org/10.14422/pym.i384.y2020.007>
- Ribas-Borrego, M. (2020). Proyecto de investigación acerca de la promoción de la Educación STEM: Análisis de recursos interactivos en ámbitos no formales. Tesis para optar al doble grado de Educación Primaria y Educación Infantil. Universidad Pontificia Comillas. Recuperado de: <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/43013/TFG%20-%20Ribas%20Borrego%2C%20Maria.pdf?sequence=1>
- Sanchez-Diaz, M. y Aguirreolea, J. (2008). Transpiración y control estomático. En: Azcón-Bieto y M. Talón (Ed.), *Fundamentos de Fisiología Vegetal* (pg. 41-56). McGraw-Hill Interamericana.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I.M. y Murphy, A. (2017). Arquitetura da célula e do vegetal. En: L. Taiz, E. Zeiger, I.M. Moller y A. Murphy. (Eds.). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Armed Editora Ltda.