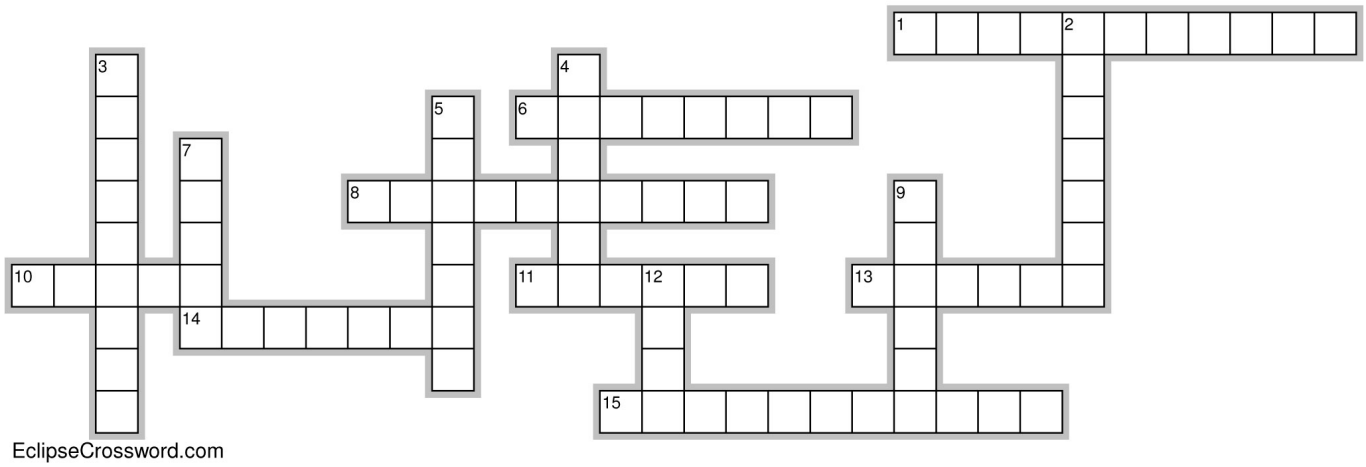
Bombeo a gran altura

08/10/2026

BOMBEO A GRAN ALTURA

A. REQUENA & VALLE DE ELDA, © 2026



EclipseCrossword.com

HORIZONTALES

1. El ensanchamiento de los vasos del árbol reduce ésta al movimiento del agua y compensa, al menos en parte, el mayor recorrido que debe realizar desde las raíces hasta la copa.
6. Subir agua hasta la copa de un árbol de setenta metros parece, a primera vista, una proeza de este tipo.
8. . La investigación indica que los modelos forestales deberían incorporar con mayor detalle la anatomía del xilema, la tolerancia de las hojas y la capacidad de ajuste de este tipo.
10. Sin bombas, sin motores y sin electricidad, los árboles gigantes mantienen columnas de agua sometidas a fuertes tensiones y las conducen desde aquí hasta hojas situadas decenas de metros más arriba.
11. El árbol gigante no es simplemente un árbol pequeño estirado verticalmente, sino una estructura que modifica sus propiedades conforme aumenta de éste.
13. En un estudio reciente se concluye que tampoco apareció una relación clara entre ésta y el deterioro de la función hidráulica.
14. Se genera una tensión que se transmite hacia abajo y tira de la columna de agua. El sistema funciona mientras la continuidad de éste se mantenga y los vasos sean capaces de resistir tensiones extremas sin perder eficacia.
15. Las hojas también participan en esa compensación. Los árboles más altos poseen hojas capaces de soportar un estrés hídrico mayor antes de que les ocurra ésto.

VERTICALES

2. Un árbol de estos metros presenta, en la base, vasos aproximadamente 2,2 veces más anchos que los de un árbol de diez metros.
3. Durante mucho tiempo se ha supuesto que esa altura debía imponer una penalización de este tipo.
4. En un estudio reciente se concluye que los árboles más altos no mostraron una pérdida de crecimiento superior a la de los individuos pequeños durante ésta.
5. El hallazgo de este estudio cuestiona algunos de ellos que suponen que la vulnerabilidad a la sequía aumenta necesariamente con la altura.
7. La conclusion del estudio es que el gran tamaño, por sí solo, no condena a éste a transportar peor el agua ni a sufrir más cuando disminuyen las lluvias.
9. En los dipterocarpos estudiados, la anatomía cambia con la altura. A medida que el árbol crece, los vasos de éste aumentan de diámetro.
12. Ésta asciende por el xilema, una red de vasos finos y huecos en los que la evaporación desde las hojas genera presiones muy bajas.

Subir agua hasta la copa de un árbol de setenta metros parece, a primera vista, una proeza mecánica. Sin bombas, sin motores y sin electricidad, los árboles gigantes mantienen columnas de agua sometidas a fuertes tensiones y las conducen desde el suelo hasta hojas situadas decenas de metros más arriba. Durante mucho tiempo se ha supuesto que esa altura debía imponer una penalización creciente y a más longitud de conducción, mayor efecto de la gravedad, más dificultad para mantener el flujo y, por tanto, más vulnerabilidad frente a la sequía. Sin embargo, una investigación realizada en Borneo obliga a matizar esa idea.

El estudio de Lucy Rowland, investigadora de la Universidad de Exeter, en el Reino Unido, examinó treinta y ocho árboles pertenecientes a cinco especies de la familia Dipterocarpaceae, dominante en muchas selvas del sudeste asiático y responsable de algunos de los árboles con flores más altos del planeta. Los individuos estudiados medían entre 7,1 y 71 metros. Los investigadores evaluaron rasgos hidráulicos y tasas de crecimiento en distintos puntos del tronco antes, durante y después de la intensa sequía asociada al episodio de El Niño de 2023 y 2024.



El resultado principal fue sorprendente. Los árboles más altos no mostraron una pérdida de crecimiento superior a la de los individuos pequeños durante la sequía. Tampoco apareció una relación clara entre altura y deterioro de la función hidráulica. Esto significa que el gran tamaño, por sí solo, no condena al árbol a transportar peor el agua ni a sufrir más cuando disminuyen las lluvias.

La explicación reside en la capacidad de adaptación del sistema vascular. El agua asciende por el xilema, una red de vasos finos y huecos en los que la evaporación desde las hojas genera presiones muy bajas. Esa tensión se transmite hacia abajo y tira de la columna de agua. El sistema funciona mientras la continuidad del líquido se mantenga y los vasos sean capaces de resistir tensiones extremas sin perder eficacia.

En los dipterocarpos estudiados, la anatomía cambia con la altura. A medida que el árbol crece, los vasos del xilema aumentan de diámetro. Un árbol de setenta metros presenta, en la base, vasos aproximadamente 2,2 veces más anchos que los de un árbol de diez metros. Ese ensanchamiento reduce la resistencia al movimiento del agua y compensa, al menos en parte, el mayor recorrido que debe realizar desde las raíces hasta la copa.

Las hojas también participan en esa compensación. Los árboles más altos poseen hojas capaces de soportar un estrés hídrico mayor antes de marchitarse. Así, el sistema no depende de una única adaptación, sino de una coordinación entre la conducción interna y la resistencia de los tejidos foliares. El árbol gigante no es simplemente un árbol pequeño estirado verticalmente, sino una estructura que modifica sus propiedades conforme aumenta de tamaño.

Este hallazgo cuestiona algunos modelos que suponen que la vulnerabilidad a la sequía aumenta necesariamente con la altura. Si se introduce esa relación de forma automática, pueden sobreestimarse los riesgos que afrontan los árboles gigantes bajo el cambio climático. La investigación indica que los modelos forestales deberían incorporar con mayor detalle la anatomía del xilema, la tolerancia de las hojas y la capacidad de ajuste hidráulico.

La cuestión tiene importancia ecológica global. Los árboles gigantes son poco frecuentes, pero almacenan una fracción extraordinaria del carbono situado sobre el suelo. Según los autores, el uno por ciento de los árboles más altos contiene más de la mitad del carbono aéreo de los bosques. Comprender cómo sobreviven, crecen y responden a las sequías resulta, por tanto, esencial para estimar la estabilidad futura de los ecosistemas y su contribución al ciclo del carbono.

El estudio no significa que los árboles gigantes sean invulnerables. La sequía extrema puede seguir reduciendo el crecimiento, alterar el transporte de agua y llevar al sistema hidráulico hacia situaciones críticas. Lo que cambia es la interpretación, ya que la altura no puede considerarse, por sí misma, una sentencia de fragilidad.

El bombeo a gran altura de los árboles es, en realidad, un ejemplo extraordinario de ingeniería biológica. La

gravedad impone una carga, pero la evolución responde modificando vasos, hojas y tolerancias. La selva evidencia que un sistema vivo puede compensar restricciones físicas mediante organización, ajuste anatómico y regulación. Los árboles gigantes no vencen las leyes de la física; crecen respetándolas, adaptando su arquitectura hasta convertir una dificultad enorme en una función cotidiana. Y lo hacen sosteniendo copas enormes a alturas que parecen desafiar la intuición.

BOMBEO A GRAN ALTURA

A. REQUENA & VALLE DE ELDA, © 2026

