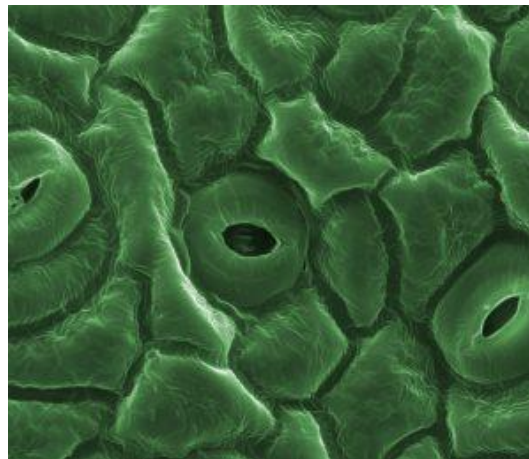


LA IMPORTANCIA DE LOS ESTOMAS

Las plantas pueden tener una apariencia sencilla, constituyéndose por el tallo, hojas, flores y las raíces. Sin embargo, en su interior existe un mundo lleno de mecanismos fisiológicos complejos, que trabajan en su conjunto para llevar a cabo las actividades fisiológicas. La principal fuerza que promueve el desarrollo vegetal es el agua, el componente mayoritario de la planta, formando hasta el 95% de su estructura en algunas especies. ¿Cómo interviene el agua en el desarrollo vegetal?

En pocas palabras, es el medio en el que se llevan a cabo todas las reacciones bioquímicas de la planta, siendo también responsable de la absorción y traslocación de nutrientes. El agua es absorbida principalmente a través de las raíces y se transporta a los diferentes órganos, distribuyendo los nutrientes y hormonas en la planta.

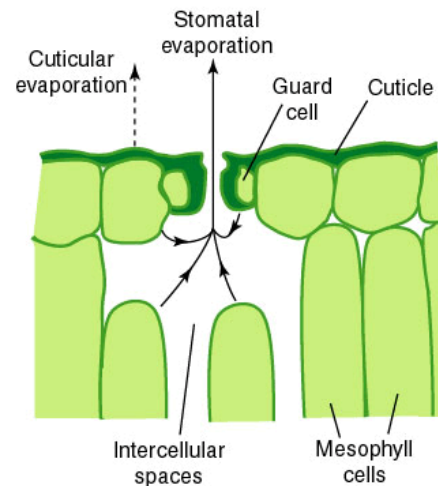


Fuente: Dr. Willem Van Cotthem, University of Ghent (Belgium)

Tras establecer la importancia del agua en el desarrollo de la planta, es preciso destacar la importancia de los estomas, los poros que promueven el crecimiento vegetal. Por tanto, ¿qué son los estomas? Son poros en la superficie de las plantas, encontrándose mayoritariamente en las hojas y en menor medida en los tallos y otros órganos. Estos poros se rodean por células parenquimáticas especializadas, denominadas células guardia. Los estomas tienen **dos funciones principales**, en primer lugar permiten el **intercambio gaseoso, dando entrada al dióxido de carbono (CO₂) y liberando el oxígeno (O₂)** que respiramos. La **segunda función importante, es la regulación del movimiento del agua a través de la transpiración.**

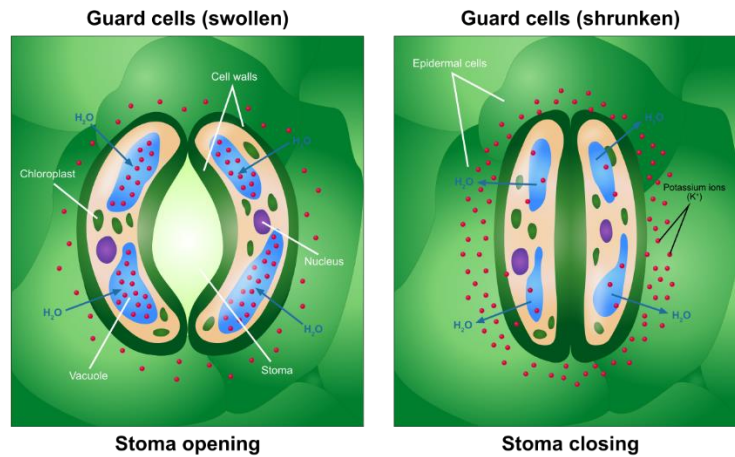
Al igual que en el caso de los animales, las plantas también respiran, y en su caso, lo hacen a través de los estomas. El intercambio gaseoso responsable de facilitar la fotosíntesis, se da gracias a la entrada del CO_2 . El dióxido de carbono se utiliza como combustible para llevar a cabo el proceso fotosintético, donde se genera oxígeno como un subproducto, el cual, es liberado a la atmósfera.

Ahora bien, ¿cómo pueden los estomas facilitar la fotosíntesis? Lo hacen jugando un papel importante en la transpiración, la cual se define como la absorción de agua y su traslocación en la planta, hasta su salida por evaporación desde la parte aérea. La transpiración por los estomas crea un potencial hídrico en la planta, que a su vez, promueve la absorción pasiva del agua por las raíces y la posterior traslocación al resto de los órganos a través del xilema. Para llevar a cabo la fotosíntesis, la planta necesita seis moléculas de agua y seis moléculas de CO_2 para generar glucosa y O_2 . Por tanto, y tal como se ha comentado, los estomas juegan un papel de vital importancia en la entrada de agua y CO_2 en la planta, facilitando así el proceso fotosintético.



Los estomas regulan la transpiración y la entrada de CO_2 mediante la modificación de su tamaño, influido por los factores ambientales. Las células guardiana son las responsables de este proceso, expandiéndose o contrayéndose, resultando en la apertura o cierre de los estomas. En condiciones óptimas, los estomas se encuentran abiertos, permitiendo el intercambio gaseoso con la atmósfera. Para la apertura de los mismos, se da la entrada del agua mediante la osmosis, la cual depende de la concentración de potasio en las células. El potasio se transporta al interior o exterior de la célula mediante el transporte activo con gasto energético, dependiendo de los factores ambientales. Los factores de mayor influencia sobre este proceso estomático son: el intercambio iónico, la temperatura, la luz, concentración de CO_2 , etc, los cuales desembocan en señales hormonales que dirigen este tipo de procesos fisiológicos en la planta.

En el caso de la apertura estomática, el potasio se transporta activamente a las vacuolas, lo que incrementa su concentración en las células, y acaba forzando la entrada de agua por osmosis, aumentando así la turgencia y tamaño de las células, dejando los poros abiertos. En el caso del cierre estomático, ocurre lo contrario, el potasio se transporta fuera de las células que resulta en la salida del agua al exterior, modificando la turgencia celular y, por tanto, encogiéndose sobre el poro y cerrándolo.



El estrés es el principal responsable del cierre estomático, ya que, ante esta situación, la planta sintetiza el ácido abscísico (ABA), una fitohormona conocida por su acción en la regulación de procesos clave del desarrollo vegetal y su adaptación al estrés biótico y abiótico. En el caso del estrés hídrico, bien por sequía o salinidad, las plantas hacen frente al estrés mediante el cierre estomático, evitando pérdidas innecesarias de agua. A nivel fisiológico, el **ácido abscísico (ABA)** generado, señala el cierre estomático al **unirse con receptores proteicos en la superficie de las membranas plasmáticas de las células guardia**, activando mensajeros secundarios tal como los ROS, óxido nítrico, Ca^{2+} , lo que estimula los canales iónicos que finalmente inducen a la salida del agua de las células. Este hecho es el que provoca que las células finalmente pierdan turgencia y cierren los estomas.

De este modo, la planta es capaz de mantener su hidratación, evitando la pérdida de agua, hasta que la señal de estrés disminuye. En este momento, la señal del ABA y su efecto sobre el cierre estomático cesan. De manera similar, se ha observado que **la planta puede generar ABA como respuesta al ataque de patógenos como la *Pseudomonas syringae***, una bacteria capaz de infiltrar la planta a través de los estomas. Por ello, la **planta genera ABA**, induciendo el cierre estomático y evitando cualquier invasión adicional de patógenos.

El cierre estomático producido en situaciones de estrés afecta negativamente al desarrollo de la planta, alterando la fotosíntesis así como el transporte de agua y hormonal dentro de la planta. Este hecho desemboca en un desequilibrio hormonal, conllevando una parada del crecimiento. A pie de campo, se constata que el estrés conlleva una importante pérdida de producción y calidad de frutos. Por tanto, controlar el estrés a nivel fisiológico es importante para evitar el cierre estomático y la consecuente pérdida de producción. Con anomalías climáticas, cada vez más presentes, junto a la escasez de recursos, productos especializados en reducir el estrés vegetal se convierten en herramientas imprescindibles para hacer frente a las adversidades a las que se somete la planta.



A modo de resumen, los estomas juegan un papel vital en el desarrollo de las plantas, al regular el intercambio gaseoso con la atmosfera y controlar la transpiración. Diferentes factores pueden alterar su forma y tamaño, regulando así la entrada de agua, su transporte y la traslocación de los nutrientes y hormonas en los órganos vegetales, controlando, por tanto, el crecimiento. En definitiva, mantener la planta libre de estrés es imprescindible para evitar pérdidas de producción.

BIBLIOGRAFÍA

- Daszkowska-Golec, A. and Szarejko, I. (2013). Open or Close the Gate – Stomata Action Under the Control of Phytohormones in Drought Stress Conditions. *Frontiers in Plant Science*, 4.
- Lim, C., Baek, W., Jung, J., Kim, J. and Lee, S. (2015). Function of ABA in Stomatal Defense against Biotic and Drought Stresses. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(12), pp.15251-15270.

Por Abbas Caballero y Elena Roca.

Stoller Europe