

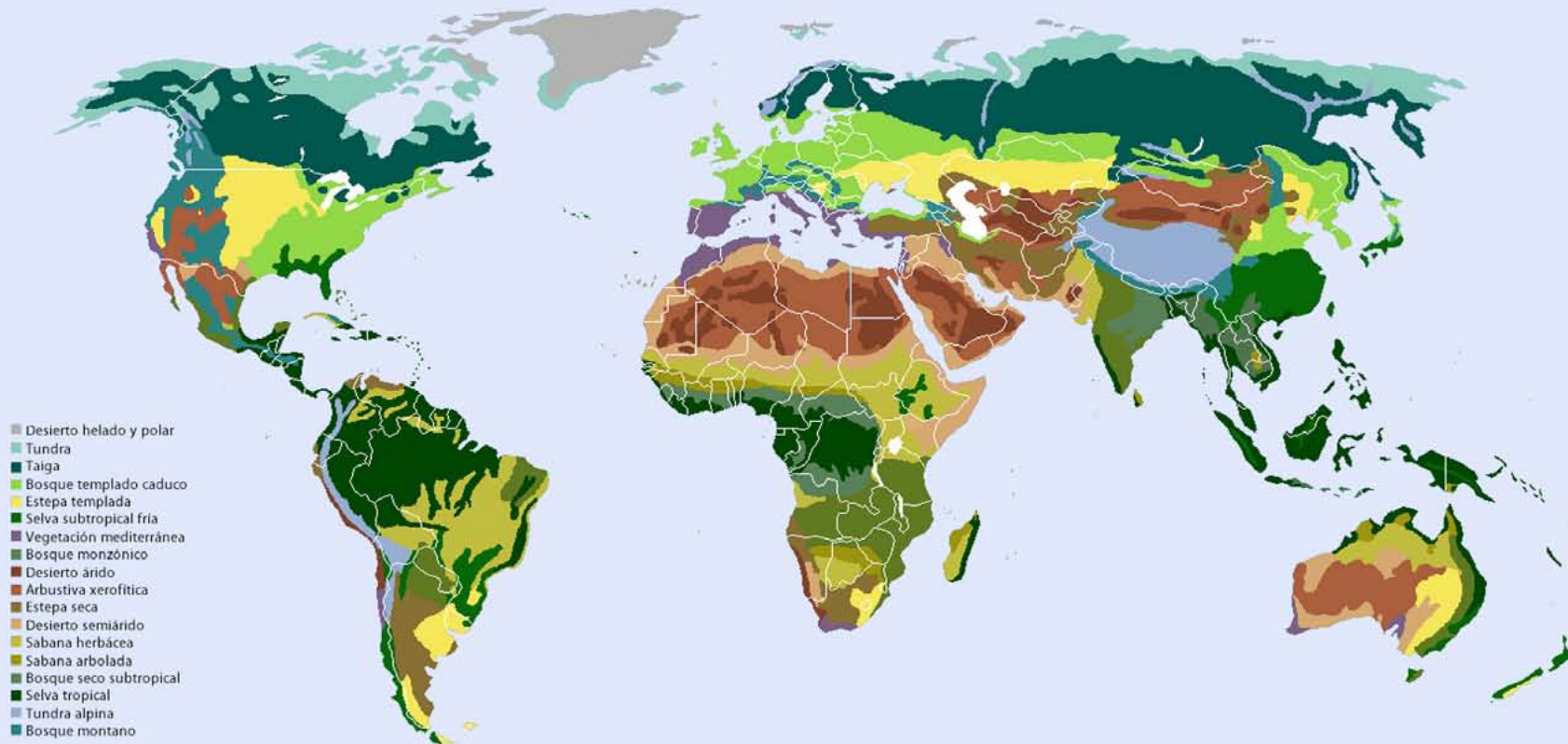
# El papel de los estomas en la regulación del clima



Ana Rey



Víctor Resco



Mapa de los biomas terrestres. Los biomas son los diferentes ecosistemas del planeta que comparten clima, flora y fauna.

**Estamos inmersos en un cambio climático provocado, principalmente, por las emisiones antropogénicas de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero que absorben la radiación solar. Tanto la sociedad como la comunidad científica muestran preocupación por dicho cambio climático. Muchos esfuerzos se dedican a entender las interacciones entre la vegetación y el clima debido al importante papel que juegan las plantas en los ciclos globales del carbono y del agua y los estomas tienen en esta relación un papel fundamental.**

La vegetación tiene un papel esencial para la vida en el planeta: Aprovecha la energía del sol para absorber dióxido de carbono a través del proceso de la fotosíntesis, carbono que utiliza para crecer y que almacena en forma de biomasa constituyendo un reservorio fundamental en el ciclo global del carbono; absorbe agua del suelo y la libera a la atmósfera a través de la transpiración, componente fundamental del ciclo global del agua; modula el movimiento del agua en el paisaje a través de las raíces y enfría la superficie terrestre del planeta a través de la transpiración, además de absorber energía afectando al balance energético de la Tierra.

La vegetación regula la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, ayuda a contrarrestar en parte las emisiones antropogénicas de

este gas y, en definitiva, contribuye a la regulación de la temperatura de la Tierra. Este intercambio de carbono y agua entre la vegetación y la atmósfera se lleva a cabo a través de los diminutos poros que tienen las plantas en la superficie de las hojas: los estomas. Las plantas regulan el funcionamiento de estos pequeños poros para maximizar la absorción de carbono y minimizar la pérdida de agua a través de la conductancia estomática.

*“Los estomas son pequeños poros de la superficie de las hojas que se encargan de regular el intercambio de carbono y agua entre la vegetación y la atmósfera”*

#### ¿Cómo funcionan los estomas?

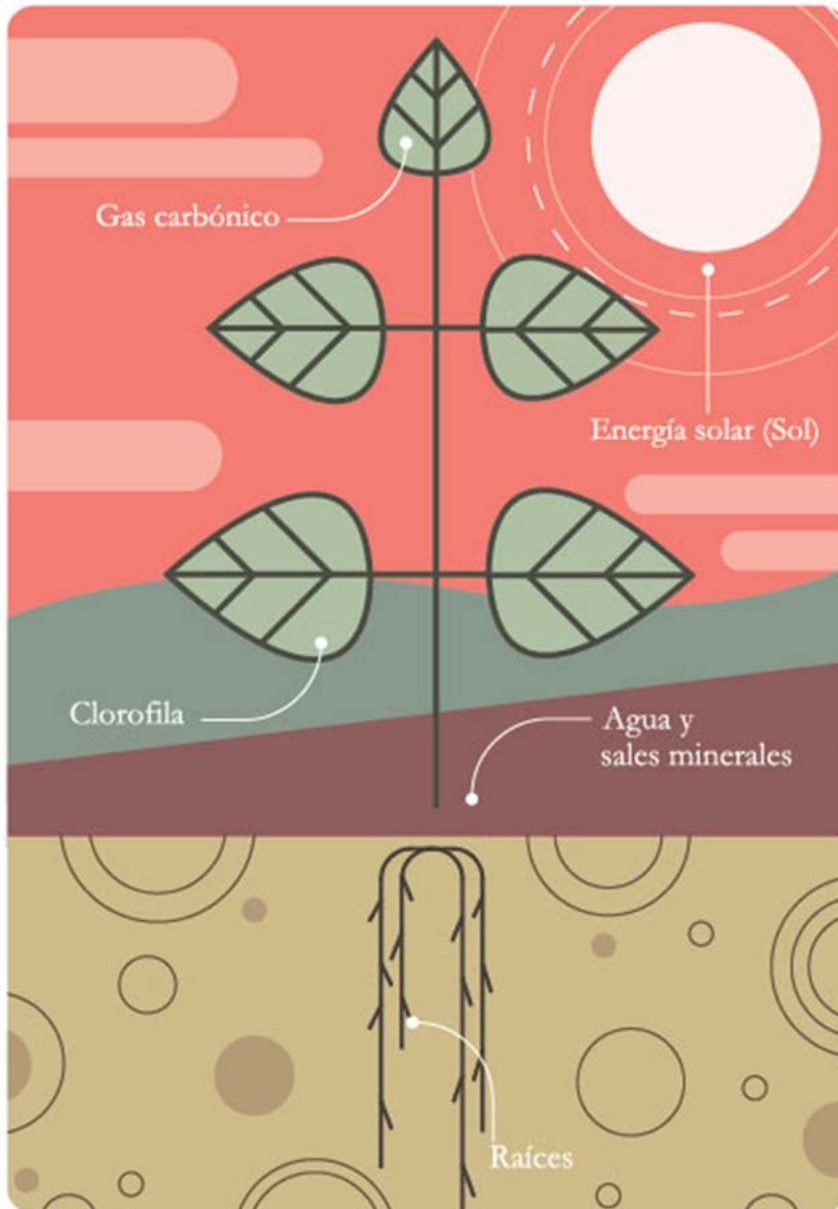
Las plantas asimilan carbono de la atmósfera convirtiéndolo en biomasa: hojas, raíces, troncos, frutos o flores que sirven de alimento al resto de seres vivos. Pero hacer posible la entrada de carbono en la biosfera conlleva un coste: la pérdida de agua. Por eso deben optimizar el uso del agua

para sobrevivir en el ambiente en el que viven. Junto a un equipo internacional de investigadores, los firmantes de este artículo hemos desarrollado un modelo global que analiza la optimización en el uso del agua por parte de la vegetación. El estudio\*, liderado por un grupo de investigadores de la Universidades de Macquaire y de Western Sydney, examina diferentes estrategias en el uso del agua dependiendo del tipo de planta y el lugar donde crece. Los resultados, publicados en *Nature Climate Change*, explican cómo diferentes grupos de plantas se adaptan a su ambiente y cómo regulan sus estomas para maximizar el uso del agua dependiendo del ambiente en el que viven.

En estos últimos años la comunidad científica ha desarrollado modelos para describir estos procesos de intercambio de carbono y agua entre el sistema terrestre y la atmósfera (*Earth System Models*). Estos modelos integran procesos biogeoquímicos y biogeofísicos que describen los procesos de intercambio de carbono, agua y energía entre la superficie terrestre y la atmósfera con modelos físicos del clima. Estos modelos son fundamentales ya que han permitido entender el papel crucial que juega la vegetación sobre el clima. Además, han puesto de manifiesto las carencias existentes en nuestro conocimiento sobre los mecanismos que regulan los intercambios de agua, carbono y energía entre la vegetación y la atmósfera, y su efecto en las proyecciones (modelos que se utilizan en investigación para predecir cómo puede evolucionar el clima en función de diversos factores como las emisiones de CO<sub>2</sub> o el aumento de la población).



\* Optimal stomatal behavior around the world. *Nature Climate Change*. DOI: [10.1038/NCLIMATE2550](https://doi.org/10.1038/NCLIMATE2550).

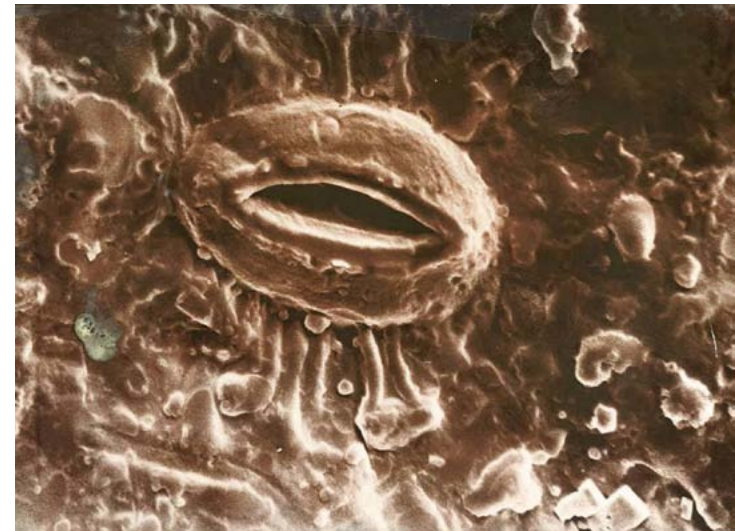


*“Para las plantas, la asimilación de carbono conlleva la pérdida de agua y deben optimizar su uso para sobrevivir en el ambiente en el que viven”*

Una forma de mejorar las proyecciones climáticas pasa por entender cómo las plantas regulan sus estomas para minimizar la pérdida de agua. Hasta ahora, la mayor parte de estos modelos asumían que la conductancia estomática, es decir la regulación de los estomas por parte de las plantas, se comportaba de la misma manera en diferentes ecosistemas del planeta que comparten clima, flora y fauna.

Hasta el momento, no existía una base de datos mundial que describiera cómo regulan el intercambio de agua y carbono los diferentes grupos de plantas. No había datos que nos permitieran entender cómo se comportan las diversas plantas en función del lugar donde crecen. La investigación, en la que han participado numerosos científicos de todo el mundo, desarrolla el uso de un modelo mecanicista para testar varias

Estoma de una hoja de abedul tomada con un microscopio electrónico / Ana Rey



Descripción gráfica del funcionamiento de los estomas. / Atómico García





Estepa cálida

hipótesis y entender cómo las plantas se adaptan a su ambiente y regulan sus estomas para optimizar el uso del agua. Por primera vez se han recopilado datos de más de 360 especies y casi 60 estudios desarrollados en diferentes biomas del mundo, desde la tundra ártica hasta los bosques tropicales.

Mientras que hasta ahora los modelos existentes se basaban en meras relaciones empíricas entre la conductancia estomática y variables ambientales y asumían un comportamiento similar en todos los grupos de plantas, este modelo por primera vez desarrolla relaciones funcionales con parámetros que podemos interpretar, tales como el coste en agua de la ganancia de carbono, que están relacionados con el principio de que las plantas regulan los estomas para maximizar la absorción de carbono minimizando la pérdida de agua.

El estudio formula como hipótesis de partida que aquellos grupos de plantas que cuentan con estructuras de transporte de agua costosas para la planta serán más conservadoras en su uso. El trans-

*“En general, las plantas que crecen en climas fríos o secos, como las coníferas, son más ahorradoras mientras que las de climas húmedos y cálidos derrochan más agua”*

porte de agua en las plantas es un proceso físico que se realiza de forma pasiva pero que requiere de estructuras más o menos complejas para moverla desde la raíces, donde se absorbe, hasta las hojas, donde se evapora a través de los estomas. Esas estructuras conllevan un coste en términos de carbono, la moneda energética de la planta de la que obtienen la energía necesaria para crecer y mantenerse. La economía del carbono (absorción e inversión en estructuras de transporte) y el agua (absorción, transporte y pérdida a través de la transpiración) en distintos grupos de plantas determina el comportamiento de sus estomas. Los



Bosque tropical



Bosque de coníferas

diferentes grupos funcionales de plantas (bosques de coníferas, bosques caducifolios, cultivos, especies herbáceas, etc.), dependiendo del lugar del mundo donde viven, se adaptan a su ambiente para minimizar la pérdida de agua.

*“Han descrito cómo regulan el intercambio de agua y carbono los diferentes grupos de plantas con datos de más de 360 especies en diferentes biomas del mundo, desde la tundra ártica hasta los bosques tropicales”*

El análisis de datos de estudios de campo en diferentes biomas, desde la tundra ártica y boreal hasta los bosques templados y tropicales, ha permitido confirmar que, en general, las plantas





Bosque caducifolio



que crecen en climas fríos o secos, como las coníferas, son más ahorradoras en el uso del agua, mientras que las de climas húmedos y cálidos como las especies tropicales son más derrochadoras. Es decir, el estudio confirma un comportamiento óptimo de los estomas en el mundo de manera que las plantas en la actualidad se adaptan al ambiente donde viven regulando sus estomas. La gran sorpresa es que los árboles perennes de la sabana se encuentran entre las plantas más despilfarradoras, a pesar de vivir en un entorno árido y caluroso.

Nuestra capacidad para desarrollar modelos sobre los ciclos globales de carbono y agua en un clima futuro depende en gran medida de nuestra capacidad de predecir el comportamiento de los estomas a nivel global. El análisis de los estomas en plantas fósiles ha sido utilizado, por ejemplo, para saber la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera o la temperatura media de la tierra en épocas pasadas. Del mismo modo, el

conocer cómo los estomas responden al ambiente y cómo diferentes tipos de plantas regulan su comportamiento en el clima actual nos permitirá entender y predecir la respuesta de los ecosistemas terrestres a un aumento de la temperatura y a cambios en los patrones de precipitación, en distintas partes del mundo.

*“Nuestra capacidad para desarrollar modelos sobre un clima futuro depende en gran medida de nuestra capacidad de predecir el comportamiento de los estomas a nivel global”*

Son numerosos los interrogantes que todavía quedan por resolver en torno a la regulación óptima de los estomas. Uno de los principales es descubrir los mecanismos por los cuales los estomas permanecen abiertos por la noche. No hay asimilación de carbono sin radiación, pero el 25% o más del agua se suele perder (evaporar) durante la noche. Esto contrasta con la teoría que postula una regulación óptima de los estomas, ya que predice una evaporación nula en ausencia de fotosíntesis. Estudios futuros deberán resolver estos y otros interrogantes. En cualquier caso, los resultados del presente trabajo permitirán mejorar considerablemente los modelos existentes sobre la respuesta de las plantas al cambio climático ■


**SOCIEDAD DE AMIGOS DEL MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES**


**VENTAJAS de los amigos:**

- Acceso gratuito a las exposiciones del Museo.
- Reciben información de las actividades que se realizan para el público en el Museo.
- Entrada gratuita a más de los treinta museos integrados en la FEAM <http://www.feam.es/>
- Obtienen un 10 % de descuento en los artículos que se venden en la tienda-librería del Museo.
- Disfrutan de importantes descuentos al inscribirse en las excursiones, los cursos, etc.

**REQUISITOS para ser "Amigo":**

- \* Rellena una ficha de inscripción
- \* Entrega dos fotografías tamaño carnet
- \* Abona la cuota anual:
- \* 30 € para los mayores de 18 años
- \* 12 € para los menores

**Para más información:**  
<http://www.sam.mncn.csic.es>  
[mncn104@mncn.csic.es](mailto:mncn104@mncn.csic.es)  
 De lunes a viernes de 10 a 14 h. en el Museo  
 C/.: José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid  
 Teléfono: 914 111 328. Ext.: 1117.

