



## Científicos costarricenses y alemanes investigan la fotosíntesis artificial, clave para mitigar el calentamiento global

El ciclo para obtener y almacenar la energía por parte de las plantas y otros seres fotosintéticos es muy importante, porque utiliza la energía renovable del sol y fabrica los combustibles con sustancias abundantes como el agua y el CO<sub>2</sub>. Foto: Laura Rodríguez. Laura Rodríguez Rodríguez

La búsqueda de soluciones energéticas ha llevado a la comunidad científica a inspirarse en la naturaleza.

1 SEPT 2021 Ciencia y Tecnología

Un grupo de investigadores del Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química ([CELEQ](#)) de la Universidad de Costa Rica (UCR), junto con el [Helmholtz-Zentrum Berlin](#), de Alemania, publicaron recientemente una investigación centrada en los **minerales, para poder comprender la fotosíntesis y la fotosíntesis artificial y aplicar sus principios a la producción de hidrógeno y almacenamiento de energía.**

El artículo se publicó en la revista [Advanced Energy Materials](#), una de las más prestigiosas del mundo en temas de materiales relacionados con la energía.

Esta línea de investigación nació en la UCR en el 2015, cuando el Dr. Diego González Flores, químico e investigador del CELEQ, realizaba su doctorado en el grupo del Dr. Holger Dau, en la Universidad Libre de Berlín.

Posteriormente, con la colaboración de la Dra. Mavis Montero Villalobos, investigadora de la Escuela de Química de la UCR, lograron publicar un artículo en la revista científica [Angewandte Chemie](#), en el cual se estudiaba por primera vez la aplicación de uno de estos minerales a la electrólisis del agua para descomponerla electroquímicamente en oxígeno e hidrógeno.

En el 2019, González y el Dr. Roberto Urcuyo Solórzano crearon en el CELEQ el laboratorio LabVolta, que trabaja en dos líneas principales de investigación: las baterías y los combustibles sintéticos.

Actualmente, junto al investigador de la Escuela de Química, Javier Villalobos Porras, quien realiza sus estudios de doctorado en el Helmholtz-Zentrum Berlin de Alemania, mantienen activa la exitosa colaboración académica sobre el tema entre Costa Rica y este país europeo.

En el desarrollo de estos proyectos ha sido clave la cooperación del Centro de Investigación en Ciencia e Ingeniería de Materiales (CICIMA) de la UCR, que cuenta con equipos con tecnología de punta.

## Las plantas y la energía

Para comprender bien el alcance de esta nueva investigación, es necesario comprender algunos aspectos fundamentales sobre cómo las plantas y otros seres fotosintéticos obtienen su energía.

El **proceso de la fotosíntesis** consiste en absorber energía del sol, esa energía es utilizada para romper las moléculas del agua ( $H_2O$ ) y formar oxígeno ( $O_2$ ), iones hidronio ( $H^+$ ) y electrones ( $e^-$ ). Esos electrones e hidronios generados pueden ser empleados por las plantas para combinarlos con el  $CO_2$  que absorben del ambiente y formar sus combustibles.

Esos combustibles que fabrican las plantas son lo que generalmente conocemos como azúcares. Como parte de este proceso de fotosíntesis, el oxígeno es liberado a la atmósfera como un subproducto, el cual es esencial para nuestra respiración.

El ciclo de obtención y almacenamiento de energía que realizan las plantas y otros seres fotosintéticos tiene es muy importante porque utiliza la energía renovable del sol y fabrica los combustibles con sustancias abundantes como el agua y el  $CO_2$ . Además, las plantas capturan el  $CO_2$  de la atmósfera en un ciclo que es carbono neutral y el producto de la reacción es el oxígeno que respiramos.

A causa de todas estas ventajas, gran parte de la comunidad científica está dedicada a **desarrollar sistemas que se inspiren en la fotosíntesis natural**. Replicar la fotosíntesis sería como encontrar el Santo Grial de la conversión y el almacenamiento de energía, ya que solucionaría no solo el gran reto almacenar energía, sino también el calentamiento global.

# Reacción de descomposición del agua

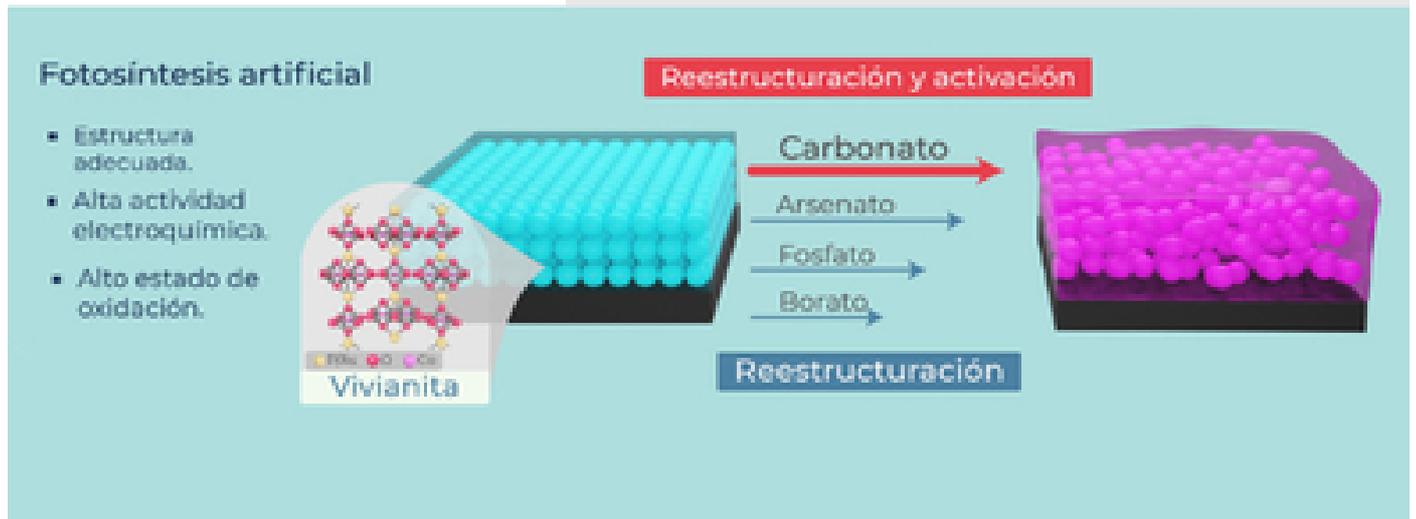
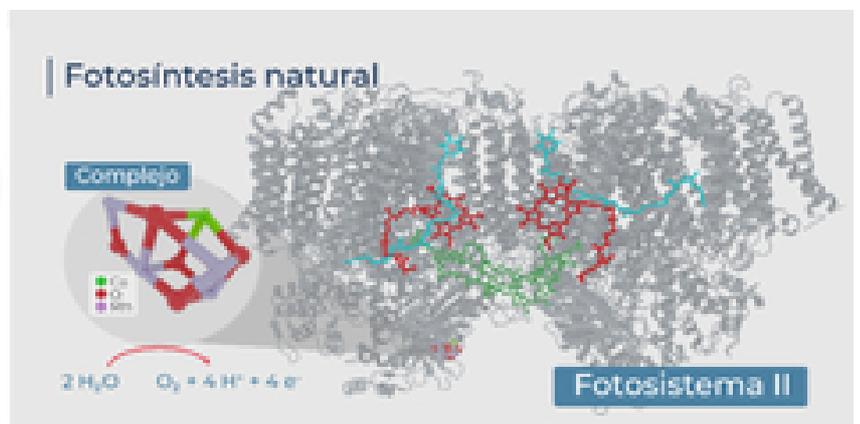


Ilustración de la proteína del fotosistema II con el complejo del fotosistema II señalado. En la parte de abajo se muestra el uso de los minerales de la familia de las vivianitas para la fotosíntesis artificial. Ilustración: Gabriel Jiménez.

Debido a la quema de combustibles fósiles, la acumulación de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera ha alcanzado concentraciones mayores a las 400 partes por millón que nunca habían sido vistas en la historia de nuestro planeta. **Se estima que si esta acumulación de  $\text{CO}_2$  continua hasta alcanzar niveles superiores a las 500 partes por millón podría llegar a tener consecuencias catastróficas para la vida en el planeta.** Es por eso que uno de los mayores retos que enfrenta la humanidad es lograr empatar las necesidades del crecimiento económico al mismo tiempo que se detienen en su totalidad las emisiones netas de  $\text{CO}_2$ . Todas las soluciones que se conocen en la actualidad son únicamente provisionales. Solucionar estos retos va a requerir un cambio de paradigma en nuestra gestión de la energía. **Una de las posibilidades es inspirarse en la naturaleza y basarnos en la fotosíntesis para la captura y almacenamiento de energía.**

No obstante, **lograr la fotosíntesis artificial es un gran desafío.** A la naturaleza le ha tomado millones de años llegar a su diseño actual. Uno de los principales problemas es que el proceso por el cual la molécula de agua se rompe es sumamente complejo y requiere de muchísima energía.

Para esa función, los seres fotosintéticos han desarrollado un sistema de proteínas que se conoce como el fotosistema dos. Curiosamente, se cree que los primeros seres fotosintéticos se dieron cuenta que si incorporaban un pequeño fragmento de roca en sus proteínas fotosintéticas, eran capaces de llevar a cabo la reacción más fácilmente.

Ese fragmento de roca es tan pequeño, que únicamente contiene cuatro manganesos y un calcio. Sin embargo, cumple un rol fundamental en la vida del planeta. Este tipo de sustancias, que permiten llevar a cabo una reacción más fácilmente, es lo que en ciencia llamamos **catalizador**.

Hasta la fecha, este pequeño fragmento de roca es el mejor catalizador conocido para el rompimiento de la molécula de agua. A pesar de que por décadas los científicos han intentado copiar su función, parece ser que existe algún secreto sobre su funcionamiento que aún no ha podido ser comprendido.

## Las investigaciones en Costa Rica

Lo anterior ha llevado al grupo de investigación del CELEQ a **buscar inspiración en los minerales con el propósito de comprender la fotosíntesis y la fotosíntesis artificial** y ver la manera de aplicar esto a la producción de hidrógeno y al almacenamiento de energía.

Los investigadores se han enfocado desde hace varios años en una **familia de minerales conocidos como vivianitas**. Esos materiales comparten muchas similitudes estructurales con el complejo del fotosistema dos y además pueden ser encontrados con diferentes metales, tales como hierro, cobalto y níquel.

Cuando se lleva a cabo la electrólisis del agua para producir hidrógeno, se requiere de sales disueltas en este líquido que permitan mantener la conducción iónica y la corriente. A estas se les suele llamar el electrolito.

Los estudios del CELEQ han mostrado que cuando se utilizan minerales de la familia de las vivianitas, el electrolito que se utilice también puede afectar la función y la estructura del mineral, al punto de que lo puede llevar inclusive a perder su estructura y desactivarse.

Dichos trabajos ya habían sido publicados previamente en las revistas [Physical Chemistry](#), [Chemical Physics](#) y [Structural Chemistry](#). Estos hallazgos posiblemente pueden extenderse y generalizarse para otros tipos de catalizadores y minerales también.

En el nuevo estudio dado a conocer en *Advanced Energy Materials* se utilizó una vivianita como modelo para entender que **existen electrolitos que permiten activar el catalizador y hacerlo más eficiente**. Por ejemplo, se observó que algunos electrolitos que contienen carbonato permiten modificar la estructura del mineral de manera tal que lo activan y lo hacen mejor catalizador. Además, los resultados exponen tres características importantes que deben cumplirse en el diseño de catalizadores eficientes.

Esa publicación será el punto inicial para el **diseño de sistemas avanzados con el fin de producir hidrógeno de forma eficiente** y, por lo tanto, son clave para los futuros sistemas de almacenamiento de energía y para el entendimiento del misterio que hace la fotosíntesis tan especial.

[Dr. Diego González Flores](#)

Investigador del Centro de Electroquímica y Energía  
Química (CELEQ)

[diegoandres.gonzalez@ucr.ac.cr](mailto:diegoandres.gonzalez@ucr.ac.cr)

