



El doble rol de los aniones en la conversión de CO₂ en ácido

Tradicionalmente, no se ha explorado demasiado que papel juegan los aniones (partículas con carga negativa) a la hora de convertir el dióxido de carbono (CO₂) en productos químicos útiles en un entorno ácido.

En una publicación de JACS, investigadores del ICFO y el ICIQ han demostrado ahora que los aniones influyen activamente en la electroreducción de CO₂. En concreto, estos dificultan la producción de los compuestos deseados a bajas corrientes eléctricas, pero estabilizan progresivamente los productos intermedios clave para su formación a medida que la corriente aumenta.

May 11, 2026

El dióxido de carbono (CO₂) es ampliamente conocido como uno de los gases de efecto invernadero más comunes. Se han propuesto diversas acciones para reducirlo e incluso convertirlo en productos químicos útiles, con el objetivo de mitigar el efecto invernadero y,

al mismo tiempo, aprovechar el excedente de CO₂ para generar compuestos de relevancia industrial.

La reducción electroquímica de CO₂ (CO₂R) en medios ácidos ha surgido recientemente como una estrategia prometedora. Esta compleja reacción depende de muchos factores ambientales e implica varios compuestos intermedios, tanto con carga positiva como negativa. Los cationes, como el potasio y el cesio, han sido ampliamente estudiados, y la mayoría de los expertos ya coinciden en que desempeñan un papel crucial para el correcto desarrollo de la reacción. Los **aniones**, aunque también están presentes en forma de sulfatos e hidroxilos, no han recibido tanta atención y su función todavía no se comprende del todo. Sin embargo, evidencias recientes sugieren que los aniones están lejos de ser especies pasivas y pueden modular activamente el rendimiento de la CO₂R. Investigadores del ICFO, **Adrian Pinilla-Sanchez**, la **Dra. Barbara Polesso**, **Prathama Haldar**, **Ranit Ram**, el **Dr. Anku Guha**, dirigidos por el **Profesor F. Pelayo Garcia de Arquer**, han ampliado este conocimiento, revelando cómo estas partículas con carga negativa influyen en la conversión de CO₂ en medios ácidos y bajo condiciones industrialmente relevantes. El estudio, publicado en el Journal of the American Chemical Society y realizado en estrecha colaboración con el Instituto de Investigación Química de Cataluña (IQIQ), combina espectroscopia Raman mejorada en superficie in situ con simulaciones computacionales (Teoría del Funcional de la Densidad Gran Canónica).

Esta estrategia, que une métodos experimentales y teóricos, ha demostrado inequívocamente que el papel de los aniones depende tanto del pH (demostrando que cuanto más ácidas son las condiciones, más intensos son los efectos observados) como de la cantidad de corriente eléctrica que fluye a través de la celda electroquímica.

A bajas corrientes, los sulfatos y los hidroxilos se adhieren fuertemente a la superficie del electrodo, **bloqueando los sitios activos** donde el CO₂ normalmente se uniría e iniciaría su proceso de conversión. Pero **a corrientes más altas**, la mayor carga negativa en la superficie del electrodo repele a los aniones, especialmente a los sulfatos. Esto **debilita la fuerza de unión de los sulfatos**, haciendo que eventualmente se alejen de los sitios activos. En su lugar, los intermedios de etapa temprana y el monóxido de carbono (*CO), un intermedio clave para la formación de productos con múltiples carbonos, se adsorben, permitiendo que comience la reducción de CO₂. Al mismo tiempo, muchos hidroxilos, generados in situ por las reacciones en curso y menos afectados por la repulsión electrostática debido a su menor carga negativa, permanecen cerca del electrodo. Su presencia **estabiliza el *CO**, facilitando así las reacciones químicas que finalmente producen los compuestos deseados.

En conjunto, esta investigación arroja luz sobre cómo los **aniones**, hasta ahora poco explorados, afectan la CO₂R, revelando que son **actores estratégicos más que pasivos**. Según el equipo, estos conocimientos podrían guiar el diseño de los sistemas de CO₂R en ácido que aún están por desarrollar.

Referencia:

Adrian Pinilla-Sanchez, Suraj Panja, Barbara Polesso, Prathama Haldar, Ranit Ram, Ranga Rohit Seemakurthi, Anku Guha, Nuria Lopez, and F. Pelayo Garcia de Arquer, Interfacial Adsorbate Competition Regulates Intermediate Stabilization and Onset Potential in Acidic CO₂ Electroreduction, *Journal of the American Chemical Society* **2026** 148 (9), 10026-10036 DOI: 10.1021/jacs.5c22970

Agradecimientos:

ICFO thanks the Fundacio Cellex, Fundacio Mir-Puig, the La Caixa Foundation (100010434, E.U. Horizon 2020 Marie Skłodowska-Curie grant agreement 847648); the European Union (NASCENT, 101077243). From the Spanish Ministry of Science and Innovation (MCIN/AEI/10.13039/501100011033/), we thank PID2022-138127NA-I00, RED2024-154266-T; A.P.S. acknowledges PRE2021-098995 and FSE+, A.G. acknowledges JDC2023-052976-I, B.B. acknowledges FSE (PRE2019-088522). and S.P., R.R.S., and N.L. acknowledge PID2024-157556OB-I00, funded by MCIU/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, UE, and Severo Ochoa Excellence Accreditation CEX2024-001469-S funded by MCIU/AEI/10.13039/501100011033. R.R.S. acknowledges funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement no. 754510. We acknowledge EuroHPC Joint Undertaking for awarding us access to MareNostrum5 at BSC, Spain. The Barcelona Supercomputing Center (BSC-RES) is further acknowledged, for providing generous computational resources and technical support, as well as Generalitat de Catalunya CERCA.