

Transformación Industrial (<https://tecscience.tec.mx/es/transformacion-industrial/>)

El 'biochar' y sus mil usos: desde potabilizar agua hasta crear baterías orgánicas

El carbón inteligente se usa para tratar agua, desarrollar sensores y almacenar energía en lo que serán las baterías del futuro.



El 'biochar' o carbono inteligente es un material producido a partir de biomasa, usualmente con residuos de madera, frutas y cáscaras. Su estructura porosa permite capturar moléculas, y además tiene una gran capacidad para almacenar y liberar carga eléctrica de manera eficiente. Foto: Getty

Images

TecScience

julio 4, 2025

Por **Gerardo Ivan Lozano Gutiérrez** (https://research.tec.mx/vivo-tec/display/PID_341794), **Pabel Antonio Cervantes Avilés**

([https://research.tec.mx/vivo-tec/individual?](https://research.tec.mx/vivo-tec/individual?uri=https%3A%2F%2Fresearch.tec.mx%2Fvivo-tec%2Findividual%2FPID_338013)

[uri=https%3A%2F%2Fresearch.tec.mx%2Fvivo-tec%2Findividual%2FPID_338013](https://research.tec.mx/vivo-tec/individual?uri=https%3A%2F%2Fresearch.tec.mx%2Fvivo-tec%2Findividual%2FPID_338013))

y **Claudia López Aguilar**

Producido a partir de residuos orgánicos, el *biochar* se está convirtiendo en uno de los materiales favoritos de la ciencia moderna por su estructura porosa, alta área superficial y capacidad para interactuar con cargas eléctricas, que le permite medir o sensor algún contaminante en el agua.

Sus propiedades son altamente modificables para la aplicación que se requiera, por lo que lo llaman *carbono inteligente*. De hecho, está siendo considerado como un material clave para abordar algunos de los desafíos más urgentes de nuestro tiempo, desde la contaminación del agua hasta el almacenamiento eficiente de energía.

Carbono inteligente, un material clave

El *biochar* se obtiene al someter materia orgánica —como restos de madera o residuos agrícolas— a altas temperaturas sin oxígeno. El resultado es un material carbonoso con propiedades únicas: una estructura altamente porosa, excelente conductividad eléctrica y una sorprendente estabilidad química [1].

Para entender su potencial, el *biochar* se puede imaginar como una esponja cargada de electricidad. **Su estructura porosa permite capturar moléculas o iones específicos, mientras que su conductividad eléctrica facilita su uso en sistemas avanzados que conducen electricidad.** Estas características lo hacen ideal para aplicaciones en procesos electroquímicos [2].

Es por ello que **posibilita el desarrollo de nuevos sensores electroquímicos** que detectan sustancias químicas con gran precisión [2].

Estos sensores se están utilizando para **monitorear contaminantes en agua potable, medir niveles de glucosa en sangre y detectar gases peligrosos** en la industria [3].

Una forma sencilla de entender cómo funcionan estos sensores es compararlos con **interruptores inteligentes** que se activan al detectar ciertas moléculas. Al entrar en contacto con ellas, se desencadena una reacción electroquímica que altera el flujo de corriente eléctrica. Esa variación se mide para identificar y cuantificar la sustancia presente.

Almacenamiento de energía

En el ámbito de la energía, el *biochar* está siendo investigado como **un material clave para baterías de alto rendimiento** y supercondensadores [4].

Su capacidad para almacenar y liberar carga eléctrica de manera eficiente podría revolucionar la forma en que almacenamos energía renovable. Un ejemplo reciente es el uso de *biochar* en baterías de iones de sodio, una alternativa más económica y sostenible que las baterías de litio [5].

Estas tecnologías están siendo desarrolladas para aplicaciones como vehículos eléctricos y redes de energía renovable.

Un filtro electrificado

En el tratamiento de agua, el *biochar* actúa como un electrodo económico y eficiente para eliminar contaminantes. Al integrarse en sistemas electroquímicos, puede degradar pesticidas, colorantes industriales y precipitar metales pesados [6].

Actualmente, **el Tec de Monterrey se ha enfocado en crear un sistema para tratar muestras de agua residual** provenientes de diversas fuentes como cuerpos de agua, industrias alimenticias, industrias metalmeccánicas, entre otras.

La estrategia de tratamiento consiste en generar las condiciones para la oxidación de compuestos orgánicos controlando la corriente y el potencial eléctrico en una celda electroquímica, usando electrodos creados partir de *biochar* y modificados con componentes que mejoran la degradación de contaminantes.

A través del reto “Circularidad y Recuperación de Agua” Coca Cola-FEMSA, de la colaboración UNAM-TEC (<https://consorciounamtec.mx/>), esta investigación busca una aplicación directa del uso del *biochar* en el tratamiento de agua residual dentro de un ambiente real.

Desafíos y futuro

Aunque este material ofrece un potencial enorme, también enfrenta desafíos técnicos. La calidad y las propiedades del *biochar* dependen en gran medida del material de partida y de las condiciones de producción, lo que puede limitar su reproducibilidad a gran escala. Sin embargo, la investigación está avanzando para estandarizar procesos y optimizar su desempeño [7].

En el futuro, podría convertirse en un material clave en la economía circular. Su producción a partir de residuos de múltiples fuentes reduce la cantidad de desechos y captura carbono atmosférico, contribuyendo a la mitigación del cambio climático.

Referencias

1. Weber, K., & Quicker, P. (2018). Properties of biochar. ([https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236117316216?](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236117316216?via%3Dihub)
[via%3Dihub](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236117316216?via%3Dihub))*Fuel*, 217, 240–261.

2. Zheng, Y., Yu, C., & Fu, L. (2023). Biochar-based materials for electroanalytical applications: An overview. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772577423000320?via%3Dihub>) *Green Analytical Chemistry*, 7, 100081.
3. Zhang, M., Wang, Y., You, B., Qi, Z., Wang, Y., & Zhang, Z. (2025). Nickel oxide decorated popcorn derived biochar as a non-invasive electrochemical sensor for sensitive detection of glucose in saliva (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925838824040155?via%3Dihub>). *Journal of Alloys and Compounds*, 1010, 177427.
4. Ehsani, A., & Parsimehr, H. (2020). Electrochemical energy storage electrodes from fruit biochar. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001868620305315>) *Advances in Colloid and Interface Science*, 284, 102263.
5. Bartoli, M., Piovano, A., Elia, G. A., Meligrana, G., Pedraza, R., Pianta, N., Tealdi, C., Pagot, G., Negro, E., Triolo, C., Gomez, L. V., Comisso, N., Tagliaferro, A., Santangelo, S., Quartarone, E., Di Noto, V., Mustarelli, P., Ruffo, R., & Gerbaldi, C. (2024). Pristine and engineered biochar as Na-ion batteries anode material: A comprehensive overview. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032124000273?via%3Dihub>) *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 194, 114304.
6. Lozano, I., Cervantes-Aviles, P., Keller, A., & Aguilar, C. L. (2023). Removal of pharmaceuticals and personal care products from wastewater via anodic oxidation and electro-Fenton processes: current status and needs regarding their application (<https://iwaponline.com/wst/article/88/5/1143/97057/Removal-of-pharmaceuticals-and-personal-care>). *Water Science & Technology*, 88(5), 1143-1154.
7. Chu, M., Tian, W., Zhao, J., Zou, M., Lu, Z., Zhang, D., & Jiang, J. (2022). A comprehensive review of capacitive deionization technology with biochar-based electrodes: Biochar-based electrode preparation, deionization mechanism and applications. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653522025176?via%3Dihub>) *Chemosphere*, 307, 136024.
8. Lozano, I., Pérez-Guzmán, C. J., Mora, A., Mahlknecht, J., Aguilar, C. L., & Cervantes-Avilés, P. (2022). Pharmaceuticals and personal care products in water streams: Occurrence, detection, and removal by electrochemical advanced oxidation processes (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722014413?via%3Dihub>). *Science of The Total Environment*, 827, 154348.

Autores

Gerardo Iván Lozano Gutiérrez. Ingeniero químico con doctorado en Ciencias en Ingeniería Química por la Universidad de Guadalajara, y doctor en Electroquímica, Ciencia y Tecnología por la Universidad Autónoma de Madrid. Tiene experiencia en electroquímica aplicada en las áreas de prevención de la corrosión, síntesis electroquímica de nanomateriales magnéticos y degradación fotoelectroquímica de contaminantes orgánicos en agua. Actualmente trabaja como profesor e integrante del grupo de investigación en Ciencia y Tecnología del Agua del Tecnológico de Monterrey

<https://tec.mx/es/investigacion/ciencia-y-tecnologia-del-agua?srsId=AfmBOorMOFNXWj--vf4UC6C2VUDJkiPfbSVH-q5U6FVrpdZMd93ljjGj>). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel C (CONACyT).

Pabel Antonio Cervantes Avilés. Ingeniero químico con especialidad en ingeniería ambiental, además de ser maestro y doctor en Ciencia y Tecnología del Agua. Cuenta con proyectos de investigación con la Universidad de Soka en Tokio, la Universidad de California y la UNAM. Su investigación se centra en la optimización de bioprocesos para el tratamiento de aguas residuales, la aplicación de la tecnología de membranas, el tratamiento de afluentes agroindustriales, y la evaluación de la nanotecnología para el tratamiento del agua, así como sus efectos en diferentes matrices ambientales.

Claudia López Aguilar. Doctora en Ingeniería Química por la Universidad de Guadalajara y doctora en Electroquímica por la Universidad Autónoma de Madrid. Ha realizado estancias de investigación en la Universidad de Southampton y una estancia posdoctoral en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores y actualmente se desempeña como profesora en el Tecnológico de Monterrey, campus Hidalgo. Sus líneas de investigación se enfocan en la electroquímica aplicada, particularmente en la prevención de la corrosión y en el desarrollo de tratamientos electroquímicos para el saneamiento del agua.

<https://www.addtoany.com/share?url=https%3A%2F%2Fcentrodelagua.tec.mx%2Fes%2Fsemblanza-gerardo-ivan-lozano-gutierrez&title=Dr.%20Gerardo%20Iv%C3%A1n%20Lozano%20Guti%C3%A9rrez>