

DESARROLLO DE CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES PARA APLICACIONES ELECTROQUÍMICAS

Aylen Gonzalez Trejo¹, Silvina Fuentes, Nadia Luna¹, Horacio Maffei¹, Francisco Filippin¹, Narciso Diaz¹, Héctor Fasoli^{1, 2}

¹ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Catamarca

² Facultad de Ingeniería del Ejército – Universidad de la Defensa Nacional

e-mail: asfuentes@hotmail.com

RESUMEN

En electroquímica, los materiales de carbono son esenciales para optimizar la energía de los procesos. Las investigaciones actuales se centran en precursores más económicos y sostenibles, como los residuos agroindustriales. Describimos nuestros avances en la obtención y caracterización de carbón activado mediante pirólisis del alperujo de aceituna para su uso en dispositivos electroquímicos de almacenamiento y producción de energía.

INTRODUCCION

Las fuentes renovables de energía requieren dispositivos para almacenar la energía generada. En este campo, hay un creciente interés por los materiales carbonosos desordenados alternativos al grafito (Taberna P. et al. 2003; Abiore et al. 2015, Alvarez, E. D, 2020). Estos materiales, con estructura desordenada y gran área superficial, son usados en dispositivos electroquímicos debido a su capacidad de albergar portadores de carga, lo cual es crucial para la capacidad reversible del electrodo. Se producen por procesos térmicos, químicos o hidrotermales a partir de materias primas con carbono (Yan, Q et al. 2015). Las propiedades de los materiales carbonosos dependen de las condiciones de reacción y la materia prima. Por ello, se buscan precursores que mejoren las propiedades eléctricas. Investigaciones actuales se enfocan en precursores económicos, como residuos agroindustriales, que además de reducir costos, resuelven problemas medioambientales (Alvarez, E. D, 2020, Filippin et al. 2017, 2015, Luna et al. 2014).

Esto no solo reduce los costos de producción, sino que también resuelve un problema medioambiental al reutilizar residuos. Un buen precursor de materiales carbonosos para aplicaciones electroquímicas debe tener alto contenido de carbono, provenir de fuentes renovables y ser económicamente viable. Este trabajo estudia y desarrolla carbonos activados de fuentes agroindustriales, como el orujo de aceituna, para su uso en dispositivos electroquímicos de almacenamiento y producción de energía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de carbón Activado

La materia prima utilizada en la pirólisis para obtener carbón activado fue el hueso de aceituna extraído del alperujo. Este fue obtenido de la Planta Piloto de la Universidad Nacional de Catamarca y la Cooperativa los Doce Olivos en El Pantanillo, Catamarca. Se utilizó un reactor de acero inoxidable horizontal cilíndrico y un horno tipo libro marca

ORL para la carbonización y activación. La muestra se colocó en una navetilla de acero inoxidable y se carbonizó a 600 °C en atmósfera inerte (nitrógeno)

Caracterización de carbón activado

Para obtener los electrodos de carbón activado (CA) para su caracterización electroquímica, se pulverizó la muestra y se comprimió en pastillas, colocadas en un cilindro de teflón con un tornillo conductor (electrodo de trabajo - ET/CA). La caracterización electroquímica se realizó mediante voltamperometría cíclica (VC) usando un potenciostato-galvanostato metrohm-autolab, modelo PGSTAT302/302N, a temperatura ambiente ($25 \pm 1^\circ\text{C}$). La celda de 50 ml tenía cinco entradas y una salida: tres para los ET, el electrodo de referencia (calomel) y el contraelectrodo (Pt). Las otras dos entradas se usaron para el electrolito soporte y el flujo de N_2 . El electrodo de trabajo se lavó varias veces con agua ultrapura ($18 \text{ M}\Omega\text{cm}$) para asegurar una superficie limpia y reproducible.



Figura 1: Electrodo de trabajo- Carbón Activado obtenido del alperujo de aceituna

RESULTADOS

Técnicas como la voltamperometría cíclica (VC) permiten estudiar procesos de oxidación, adsorción e interacción sustrato-medio. El carbón activado (CA) se caracterizó con un área expuesta de $0,1962 \text{ cm}^2$. Las mediciones se realizaron entre $-0,5$ y $1,5 \text{ V}$ vs calomel, a una velocidad de barrido de $0,100 \text{ V}\cdot\text{s}^{-1}$. Tras tres ciclos, el sistema se estabilizó. Los ensayos se realizaron en atmósfera controlada, burbujeando N_2 para eliminar el O_2 . La evaluación electroquímica se llevó a cabo en KOH y H_2SO_4 ($0,1 \text{ M}$). Los resultados se compararon con electrodos de fibra de carbono (FC) marca MERCK. En el voltamograma, los procesos de adsorción de especies oxigenadas inician a $0,40 \text{ V}$, con un máximo a $0,72 \text{ V}$. En medio básico, la respuesta es más débil. En medio ácido, la desorción de oxígeno muestra una protuberancia al mismo potencial, sugiriendo un proceso reversible, a diferencia del medio básico, donde es irreversible. En medio básico (Figura 2b), la caracterización electroquímica sugiere una funcionalización. La FC muestra mayor respuesta en medio ácido que en básico. Heidarinejad et al. (2020) encontraron que la activación con hidróxido de potasio es más eficiente que con hidróxido de sodio. Arie et al. (2016) observaron que los CA de cáscara de naranja no presentan picos redox, a diferencia del carbón de alperujo de aceituna en nuestro estudio.

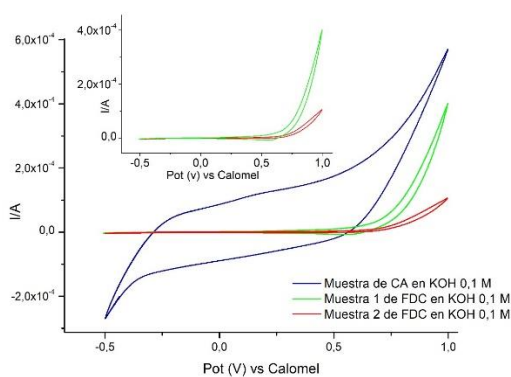
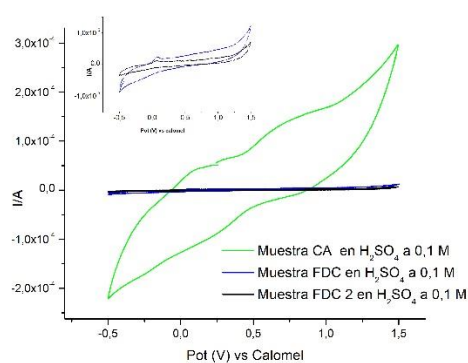


Figura 2: VC de CA y FC en a) H₂SO₄ a 0,1M b) KOH a 0,1 M a una velocidad de barrido de 100mV/s.

CONCLUSIÓN

Los estudios electroquímicos mediante voltamperometría cíclica han caracterizado los procesos de oxidación y adsorción en carbones activados (CA) y electrodos de fibra de carbono (FDC) en distintos medios electrolíticos. Los CA forman grupos oxigenados a potenciales específicos, con comportamiento reversible en medio ácido e irreversible en medio básico, sugiriendo una funcionalización más efectiva en medio básico. Los FDC mostraron mayor respuesta en medio ácido, indicando mayor eficiencia de adsorción y desorción en condiciones ácidas. Estos hallazgos, consistentes con estudios previos, subrayan la influencia del tipo de activación y el origen del material precursor en las propiedades electroquímicas de los CA. La caracterización electroquímica es clave para optimizar las propiedades de los materiales carbonosos en aplicaciones de energía renovable.

BIBLIOGRAFIA

Abioye, A. M. y Ani, F. N. "Recent development in the production of activated carbon electrodes from agricultural waste biomass for supercapacitors: a review". *Renewable and sustainable energy reviews*. 2015, 52 1282-1293. ISSN: 1364-0321.

Alvarez, E. D. *Nuevos materiales carbonosos para baterías de iones litio y condensadores electroquímicos*. Tesis Doctoral. Instituto de Ciencia y Tecnología de Materiales. División de Materiales para la Energía. Universidad de la Habana. 2017. Revisado: 10/09/2020. Disponible en: <http://200.14.55.73/handle/123456789>.

Fillipin Ana Julia, Luna Nadia Soledad, Pozzi, María Teresa, Pérez, Jorge Daniel. Producción de Carbón Activado a partir de residuos olivícolas y oleícolas por activación física. Avances en Ciencias e Ingeniería. SANTIAGO DE CHILE: Executive Business School. 2017 vol.8 n°3.

Heidarinejad, Z., Dehghani, M.H., Heidari, M. *et al.* Métodos de preparación y activación del carbón activado: una revisión. *Environ Chem Lett* **18**, 393–415 (2020).

Luna Nadia Soledad, Pérez, Jorge Daniel.; Lopez Rivilli, Patricia. Stepwise Isothermal Fast Pyrolysis (SIFP) of Biomass. Part III. SIFP of Olive Oil Industry Wastes. BIORESOURCES. Carolina del norte: NORTH CAROLINA STATE UNIV DEPT WOOD & PAPER SCI. 2014 vol.9 n°1. p171 - 175. issn 1930-2126.

Luna Nadia Soledad, Pozzi, María Teresa. Tecnología de tratamiento de residuos del olivar para obtener compost y viabilidad de su aplicación. AMBIENS. Revista Iberoamericana Universitaria en Ambiente, Sociedad y Sustentabilidad. Bogotá: Universidad de Medellín. 2015 vol.1 n°11. p225 - 238. issn 2346-9269

Taberna, P., Simon, P. y Fauvarque, J.-F. "Electrochemical characteristics and impedance spectroscopy studies of carbon-carbon supercapacitors". *Journal of the Electrochemical Society*. 2003, 150 (3), A292. ISSN: 1945-7111.

Yan, Q.; Li, R.; Toghiani, H., *et al.* "Synthesis and characterization of carbon nanospheres obtained by hydrothermal carbonization of wood-derived and other saccharides". *Trends in Renewable Energy*. 2015, 1 (2), 119-128. ISSN: 2376-2144.