

# Elaboración de electrodos para almacenamiento de energía a partir de residuos de bagazo de caña de azúcar.

Ebelia Del Angel Meraz\*, Mayra Agustina Pantoja, Alida Elizabeth Cruz-Pérez

Laboratorio de Electroquímica y Corrosión, División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Cunduacán, Tabasco, México

\* Autor de correspondencia: ebelia.delangel@ujat.mx.

**Energías renovables** (Biomasa).

**Palabras clave:** caña de azúcar; electrodo; supercapacitor; capacitancia específica

**Introducción.** Las investigaciones sobre nuevas fuentes de almacenamiento de energía, utilizando biomasa, por lo general están orientadas a la producción de carbón activado, para la fabricación de electrodos de supercapacitores. Los supercapacitores son una fuente de almacenamiento energía de atractivo potencial para aplicaciones en equipo electrónico y para vehículos híbridos (Shi, *et al*, 2018). De acuerdo con los mecanismos de carga y descarga, estos se dividen en capacitores de doble capa eléctrica y los pseudo capacitores basados en reacciones redox reversibles que ocurren en la superficie del material (P. Yu, *et al*, 2018). El desarrollo y la construcción de vehículos eléctricos requieren de sistemas de almacenamiento de la energía eléctrica adecuados para lograr el óptimo desempeño del vehículo (Carrier, *et al.*, 2012). En este trabajo se busca dar un valor agregado a un material de biomasa, considerado de desecho con el fin de fabricar electrodos, para el almacenamiento de energía. En el caso del cultivo, producción y refinación de la caña de azúcar, se generan grandes cantidades de residuos orgánicos los cuales contaminan el medio ambiente. Diariamente se procesan de 600 a 700 toneladas de producto refinado y se desechan de 1200 a 1400 toneladas de bagazo de caña de azúcar por día (Meza, *et al*, 2006)], de los cuales una parte se utilizan para calentar las calderas, otra parte se vende a la industria papelería y la parte sobrante se desecha, o se quema a cielo abierto, genera emisiones de gases de efecto invernadero que perjudican seriamente el medio ambiente.

**Materiales y Métodos.** El bagazo de caña fue de lavado con agua destilada para remover sustancias inorgánicas residuales. Posteriormente el material fue sometido a un secado con exposición directa al sol. Una vez que el material está seco se procede a triturarlo a un tamaño de 1-3mm, posteriormente se activa por el método químico, durante 48 h en  $H_3PO_4$  (18% p/p), pasado este tiempo las muestras fueron sometidas a pirólisis en una mufla cerrada a temperaturas de 500°C y 700°C durante 1h. Para la fabricación de los electrodos se adaptó la metodología propuesta Rufford, *et al.*, (2010). Los electrodos fueron preparados con el método químico, utilizando 80% en peso del carbón activado de bagazo de caña de azúcar, 10% en peso de carbón black y 10% en peso de polyvinylidene- fluoride (PVDF), esta mezcla se utiliza para pintar tiras de titanio. Los electrodos de titanio impregnados con el carbón, con su respectivo cable de corriente, fueron ensamblados en celdas tipo sándwich y depositados en recipientes que contenían  $H_2SO_4$  (1M). La evaluación electroquímica se realizó en un Potenciostato AUTOLAB con técnicas Galvanostáticas utilizando de rangos de 50 a 1000  $mA\cdot g^{-1}$ . Las propiedades texturales del carbón se realizaron en un equipo Micromeritics Tristar II, las medidas se realizaron a la temperatura normal de ebullición del  $N_2$  (77 °K a presión atmosférica).

**Resultados.** En la Tabla 1 se muestran los parámetros texturales de los carbones activados químicamente, se observa que las áreas superficiales ( $S_{BET}$ ), aumentan de acuerdo al aumento de temperatura de pirólisis ( $T^\circ$  Pirólisis). Con estos datos se puede decir que estos carbones poseen unas áreas superficiales características en

el rango de 274.17-1042  $m^2/g$ . En la Tabla 2 se muestran los valores de la capacitancia específica.

Tabla 1. Parámetros texturales de las muestras activadas químicamente (Q)

Muestra	$T^\circ$ Pirólisis (°C)	$S_{BET}$ $m^2\cdot g^{-1}$	$V_T$ $cm^3\cdot g^{-1}$	$V_{meso}$ $cm^3\cdot g^{-1}$	$V_{micro}$ $m^3\cdot g^{-1}$	$D_p$ Å
Q <sub>500</sub>	500	274.17	0.149	0.0552	0.095	50.64
Q <sub>700</sub>	700	1041.7	0.441	0.1360	0.305	37.67

Tabla 2. Valores de la capacitancia específica del supercapacitor para celdas de dos electrodos y tres electrodos.

Corriente (A)	Voltaje (V)	Tiempo (seg)	$C_{3E}$ (F/g)	$C_{2E}$ (F/g)
0.05	0.97	492	25.16	100.62
0.1	0.96	231.2	23.93	95.71
0.5	0.83	31.4	18.88	75.51
1	0.91	11.01	11.99	47.99
2	0.85	2.92	6.86	27.44
5	0.71	0.70	4.88	19.53
10	0.71	0.70	9.76	39.06

**Conclusiones.** Se logro el objetivo de este trabajo en darle valor agregado a un material de biomasa, considerado un desecho. Los electrodos fabricados con bagazo de caña de azúcar, alcanzaron valores de capacitancia específica en el rango de 11.99 – 100.62 F/g, esto da la posibilidad de utilizar el carbón activado proveniente de bagazo de caña, para producir materiales de electrodo de bajo costo para Supercapacitores.

## Bibliografía.

- Carrier Marion, Ailsa G. Hardie, Ümit Uras, Johann Görgens, Johannes (Hansie) Knoetze. (2012). Production of char from vacuum pyrolysis of South-African sugar cane bagasse and its characterization as activated carbon and biochar, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Volume 96, 24-36.
- Meza Juan Carlos, Lomascolo A., Laurence C. (2006). Valorización del bagazo de caña de azúcar: las biotecnologías al servicio de la industria papelería, México.
- P. Yu, Y. Liang, H. Dong, H. Hu, S. Liu, L. Peng, M. Zheng, Y. Xiao, and Y. Liu, *CS Sustainable Chem. Eng.*, 6 (11)15325–15332, (2018).
- Rufford Thomas E., Denisa Hulicova-Jurcakova, Kiran Khosla Zhonghua Zhu Gao Qing Lu. (2010). Microstructure and electrochemical double-layer capacitance of carbon electrodes prepared by zinc chloride activation of sugar cane bagasse. *Journal of Power Sources*. Volume 195, Issue 3, 1, Pages 912-918. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2009.08.048>.
- Shi L, Jin L, Meng Z, Li C, Shen Y. (2018). A novel porous carbon material derived from the byproducts of bean curd stick manufacture for high-performance supercapacitor use. *RSC Adv.* 8, 39 937–39 947. (doi:10.1039/C8RA08664H).