

# COMPORTAMIENTO ELECTROQUÍMICO DE MATERIALES DE CARBONO PREPARADOS A ALTAS TEMPERATURAS

Francisco José García-Mateos, Ramiro Ruiz-Rosas\*, Juana María Rosas, José Rodríguez-Mirasol, Tomás Cordero

*Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga, Andalucía Tech, Campus de Teatinos s/n, 29010 Málaga*

*\*ramiro@uma.es*

**Palabras clave:** biomasa;  $H_3PO_4$ ; materiales de carbón; alta temperatura; supercondensadores

## Introducción

Hoy en día, los materiales de carbono han adquirido gran importancia en el desarrollo de aplicaciones electroquímicas. Para conseguir un buen comportamiento electroquímico, se requiere que el material carbonoso posea elevada porosidad y conductividad eléctrica. Sin embargo, un aumento de la conductividad eléctrica de los materiales de carbono, normalmente, requiere tratamientos a elevadas temperaturas, que conducen a una reducción de su superficie específica.

El objetivo de este trabajo es la preparación de materiales carbonosos con distinta morfología a elevadas temperaturas, que permita mantener una relativamente elevada porosidad y conductividad eléctrica, para ser utilizados como electrodos en supercondensadores.

## Experimental

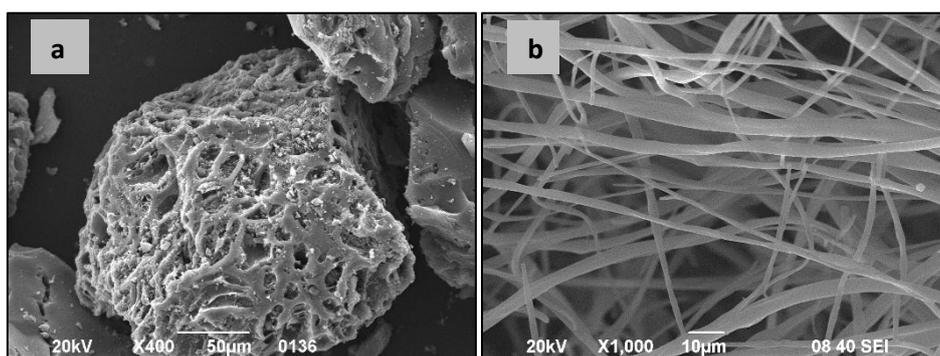
Se han preparado carbones activos en forma de polvo (ACP) por activación química de hueso de aceituna con  $H_3PO_4$  (800 °C; 2 h,  $N_2$ ), utilizando distintas relaciones de impregnación (g  $H_3PO_4$ /g hueso de aceituna). Se han obtenido fibras de carbono (PCF) mediante electrohilado de disoluciones de  $H_3PO_4$ /lignina/etanol, con relaciones másicas de 0.1/1/1 y 0.3/1/1, utilizando una configuración coaxial [1,2]. Las fibras de lignina obtenidas se han estabilizado a 200 °C en aire y, finalmente, se han activado a 900 °C en atmósfera de  $N_2$ . Los materiales obtenidos han sido tratados térmicamente hasta temperaturas de 1600 °C.

Los carbones se han caracterizado mediante adsorción-desorción de  $N_2$  a -196 °C, adsorción de  $CO_2$  a 0 °C, XPS, desorción térmica programada, Raman, SEM y TEM. La caracterización electroquímica se ha llevado a cabo en celdas de dos y tres electrodos, mediante voltametría cíclica y experimentos de carga/descarga galvanostática en medio ácido ( $H_2SO_4$  1M).

## Resultados y discusión

Se han obtenido carbones activos con elevado desarrollo de la micro-mesoporosidad por activación química con  $H_3PO_4$ . La preparación de fibras de carbono por electrohilado de disoluciones de lignina ha permitido la obtención de fibras microporosas de tamaño submicrométrico. En la Figura 1 se compara la morfología del material de carbono estudiado. Los parámetros estructurales, composición química y conductividad eléctrica se muestran en la Tabla 1. Se ha observado que tras realizar los tratamientos a elevada temperatura se mantiene un 85 y 75 % de la porosidad inicial para el material en polvo y fibra, respectivamente. La baja pérdida de porosidad se ha asociado a la alta estabilidad de los grupos superficiales de P, generados durante la etapa de preparación.

Tras realizar los tratamientos térmicos a temperaturas de hasta 1600 °C, se ha observado una disminución de los grupos superficiales oxigenados, con una reducción del contenido en O y P hasta valores cercanos al 2 y 1%, respectivamente. Mayores temperaturas de preparación favorecen el orden estructural de los materiales de carbono, provocando un aumento significativo de la conductividad eléctrica. El tratamiento térmico de estos materiales ha mejorado el comportamiento electroquímico a elevadas velocidades de barrido, obteniéndose capacidades gravimétricas de 140 F/g y retenciones de capacidad del 40% al trabajar a 2 V/s. Al aumentar la temperatura de preparación se ha conseguido maximizar la potencia del supercondensador sin afectar su densidad de energía



**Figura 1.** Imágenes SEM de los materiales en polvo (a) y fibra (b) preparados a 1600 °C

**Tabla 1.** Parámetros estructurales, conductividad eléctrica y composición química de los materiales antes y después del tratamiento térmico a 1600 °C

Muestra	$A_{BET}^{N_2}$ ( $m^2/g$ )	$A_t^{N_2}$ ( $m^2/g$ )	$C_{XPS}$ (%)	$O_{XPS}$ (%)	$P_{XPS}$ (%)	Conductividad eléctrica (S/m)
ACP2-800	1259	362	86.4	9.6	4.0	400
ACP2-1600	1072	291	96.6	2.4	1.0	950
PCF-900	1143	16	90.2	7.4	2.4	450
PCF-1600	822	15	97.9	1.8	0.3	1020

## Conclusiones

Se han preparado materiales carbonosos con un elevado desarrollo de su porosidad. El tratamiento térmico provoca un aumento de la conductividad eléctrica de los materiales sin que se observe una reducción significativa de su porosidad. Gracias al aumento de la conductividad eléctrica se ha conseguido maximizar la potencia del supercondensador sin que se vea afectada su densidad energética.

**Agradecimientos:** Los autores agradecen la financiación de la Junta de Andalucía (P18-RT-4592) y al MICINN y FEDER por la financiación a través del proyecto RTI2018-097555-B-I00.

## Referencias

- [1] Ruiz-Rosas, R. Bedia, J., Lallave, M., Loscertales, I.G., Barrero, A., Rodríguez-Mirasol, J., Cordero, T. The production of submicron diameter carbon fibers by the electrospinning of lignin. Carbon. 48(3) 2010, 696-705.
- [2] García-Mateos, F.J., Berenguer, R., Valero-Romero, M.J., Rodríguez-Mirasol, J., Cordero, T. Phosphorus functionalization for the rapid preparation of highly nanoporous submicron-diameter carbon fibers by electrospinning of lignin solutions. J. Mater. Chem. A. 6(3), 2018, 1219-1233.