

# CARBONES ACTIVADOS DOPADOS CON NITRÓGENO OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUOS BIOMÁSICOS MEDIANTE UN TRATAMIENTO DE CARBONIZACIÓN HIDROTÉRMICA EN PRESENCIA DE POLIANILINA

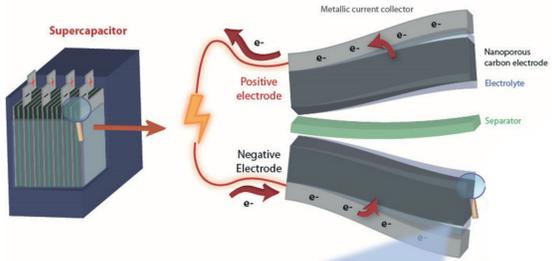
F. Quesada-Plata<sup>1,2</sup>, R. Ruiz-Rosas<sup>3</sup>, E. Morallón<sup>2</sup>, D. Cazorla-Amorós<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Básicas, Unidades Tecnológicas de Santander, 680005, Bucaramanga, Colombia

<sup>2</sup> Departamento de Química Física e Instituto Universitario de Materiales, Universidad de Alicante, Apartado 99, 03080, Alicante, España

<sup>3</sup> Departamento de Química Inorgánica e Instituto Universitario de Materiales, Universidad de Alicante, Apartado 99, 03080, Alicante, España

## SUPERCONDENSADORES



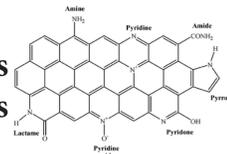
- Dispositivos de almacenamiento de energía electroquímica
- Alta potencia
- Ciclos de vida de larga duración
- Amplio rango de temperatura operacional

## CARBONES ACTIVADOS (CAs)

- Mejor material para uso en electrodos<sup>[1]</sup>
- Alta porosidad
- **Contribución de la química superficial**
- Buena conductividad eléctrica
- Bajo costo
- Gran variedad de distribución de tamaño de poros

## Grupos funcionales nitrogenados

- Mejoran la mojabilidad
- Contribuyen en la pseudo-capacidad
- Mejoran la conductividad eléctrica
- Mejoran la estabilidad electroquímica<sup>[2]</sup>



## ENSAYOS ELECTROQUÍMICOS

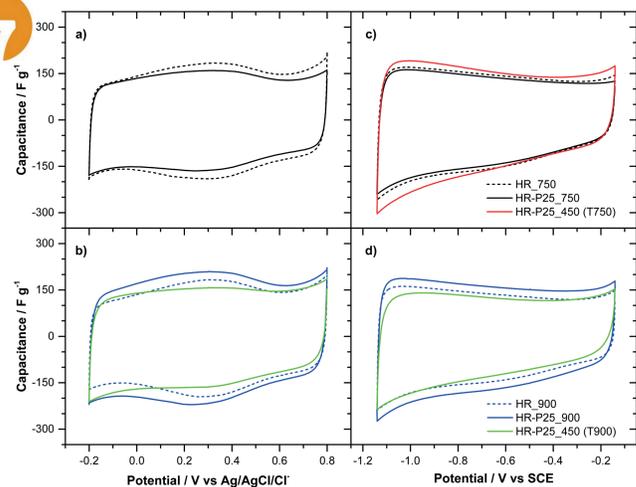


Fig. 3. VC estabilizados de CAs obtenidos a partir de HR y PANI a diferentes temperaturas de carbonización. Electrolyto: a,b) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M y c,d) KOH 6M. Velocidad de barrido: 5 mV s<sup>-1</sup>.

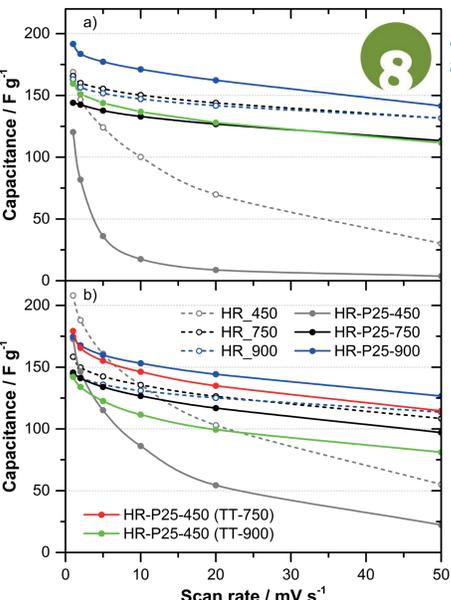


Fig. 4. Comportamiento electroquímico en a) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M y b) KOH 6M.

Aunque los CAs dopados con N presentan un menor desarrollo de porosidad, el comportamiento electroquímico es similar, o incluso mejor, que el de los CAs obtenidos en ausencia de PANI.

La presencia de PANI no modifica el comportamiento electroquímico a altas velocidades de barrido de los CAs dopados con N obtenidos a altas temperaturas.

El dopado hidrotérmico con grupos nitrogenados contribuye en la pseudocapacidad y mejora la mojabilidad de los ACs, permitiendo una mejor utilización del área superficial.

## QUÍMICA SUPERFICIAL

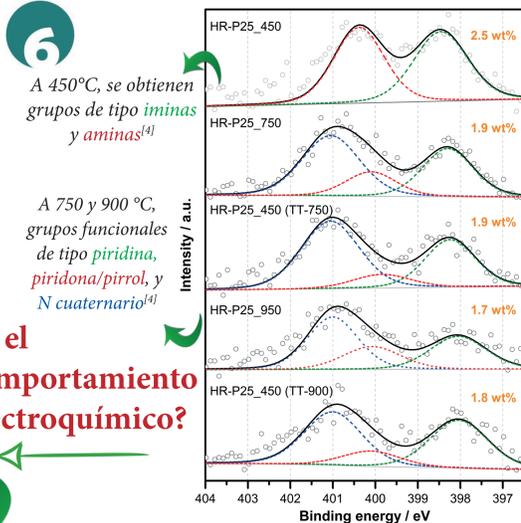


Fig. 2. Espectros XPS de la región N1s de CAs obtenidos a partir de HR y PANI.

¿Y el comportamiento electroquímico?

Tabla 2. Capacidad gravimétrica (C en F g<sup>-1</sup>, a 5 mV s<sup>-1</sup>) y capacidad normalizada por la superficie BET (C / S<sub>BET</sub> en μF cm<sup>-2</sup>) obtenidas a partir de los VC.

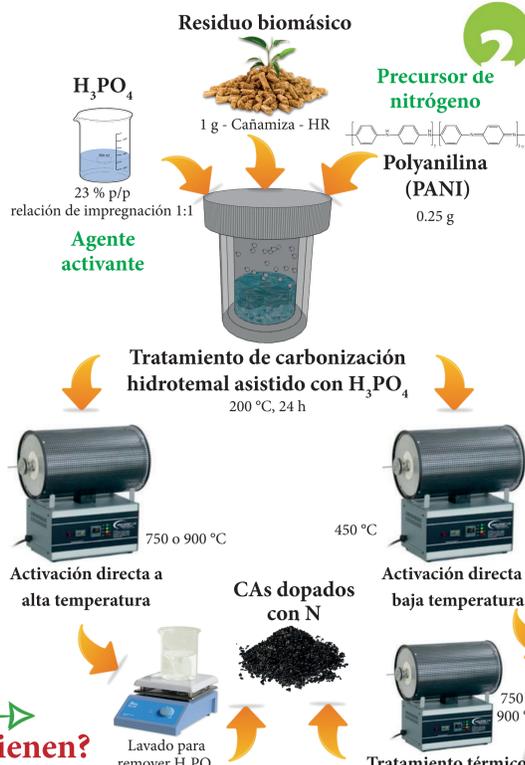
MUESTRAS	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1M		KOH 6M	
	C	C / S <sub>BET</sub>	C	C / S <sub>BET</sub>
HR_450	124	7	161	8
HR-P25_450	36	3	120	10
HR_750	155	10	142	9
HR-P25_750	138	12	134	12
HR-P25_450 (T750)	-	-	155	17
HR_900	152	9	136	8
HR-P25_900	177	13	160	11
HR-P25_450 (T900)	144	22	123	19

La porosidad estrecha obtenida mediante el tratamiento térmico en ausencia de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> incrementa la capacidad de los CAs dopados con N.

## CONCLUSIONES

- Siguiendo el procedimiento descrito, se han obtenido CAs con un gran desarrollo de porosidad y contenidos de N en superficie superiores al 2.5 %. El desarrollo de porosidad es menor que en los CAs obtenidos en ausencia de PANI. A pesar de ello, el comportamiento electroquímico de estos CAs es mejorado debido a la presencia de los grupos nitrogenados generados en el material.
- Estos resultados evidencian que el uso de HTC permiten la inserción de heteroátomos en la superficie de materiales carbonosos obtenidos a partir de residuos biomásicos, lo cual puede ser utilizado en la síntesis de materiales de alto valor para su uso en dispositivos de almacenamiento y generación de energía.

¿Cómo se obtienen?



...¿Qué tipo de CAs dopados con N se obtuvieron?

## CARACTERIZACIÓN TEXTURAL

Los polifosfatos producidos durante el tratamiento térmico funcionan como un andamiaje de la estructura porosa e impiden que ésta colapse. A todas las temperaturas, la presencia de PANI disminuye la porosidad del CA, especialmente la mesoporosidad. A 900°C, el CA directamente carbonizado evidencia un desarrollo de la mesoporosidad.

¿Y el nitrógeno?

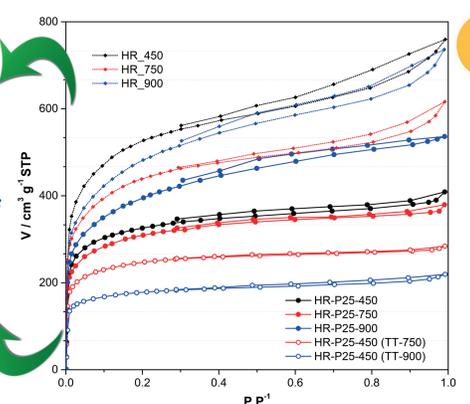


Fig. 1. Isothermas de adsorción de N<sub>2</sub> a -196 °C de CAs obtenidos mediante HTC asistido con H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> a partir de HR, en presencia (línea continua) y ausencia (línea discontinua) de PANI.

Tabla 1. Propiedades texturales de los CAs obtenidos en presencia y ausencia de PANI a diferentes temperaturas de carbonización.

MUESTRAS	PROPIEDADES TEXTURALES				
	S <sub>BET</sub> / m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>	V <sub>DR</sub> N <sub>2</sub> / cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup>	V <sub>meso</sub> N <sub>2</sub> / cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup>	V <sub>DR</sub> CO <sub>2</sub> / cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup>	V <sub>DR</sub> CO <sub>2</sub> / V <sub>DR</sub> N <sub>2</sub>
HR_450	1920	0.81	0.30	0.39	0.48
HR_750	1590	0.66	0.22	0.22	0.67
HR_900	1720	0.71	0.35	0.43	0.61
HR-P25_450	1200	0.51	0.09	0.28	0.55
HR-P25_750	1120	0.48	0.08	0.30	0.63
HR-P25_900	1420	0.59	0.22	0.35	0.61
HR-P25_450 (T750)	905	0.38	0.04	0.24	0.63
HR-P25_450 (T900)	655	0.28	0.04	0.22	0.79

La ausencia de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> durante el tratamiento térmico a alta temperatura conduce al colapso de la estructura porosa, especialmente la mesoporosidad.

## REFERENCIAS

- [1] B. E. Conway. Ed. Springer, New York, 199.
- [2] F. Beguin, E. Frackowiak. Ed. CRC Press, New York, 2010.
- [3] Quesada-Plata, F., et al. ChemPlusChem, 81, pp. 1349, 2016.
- [4] Raymundo-Piñero, E., et al. Carbon, 40, pp. 597, 2002.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero del Ministerio de Economía y competitividad español (proyectos CTQ2015-66080-R MI-NECO/FEDER y MAT2016-76595-R) y de la Generalitat Valenciana (proyectos GRISOLIA/2014/029 y PROMETEOII/2014/010).