

# Síntesis y caracterización de carbón mesoporoso y su aplicación al almacenaje y conversión de energía

Gonzalo Montiel<sup>1</sup>; Graciela Abuin<sup>1</sup>; Mariano M. Bruno<sup>2</sup>; Federico A. Viva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INTI - Procesos Superficiales, <sup>2</sup>CNEA –Dto. Física de la Materia Condensada

[gmontiel@inti.gob.ar](mailto:gmontiel@inti.gob.ar)

## INTRODUCCIÓN

Los materiales carbonosos cumplen un rol fundamental en los sistemas electroquímicos de almacenaje y conversión de energía. La función principal del carbón, en sus diferentes estructuras, es conducir y distribuir cargas de forma eficiente a través de electrodos compuestos y en diversas aplicaciones electroquímicas. Los caminos de conducción electrónica promovidos por la estructura del carbón son determinantes para lograr condiciones óptimas de distribución y extracción de corriente de los dispositivos.

## OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es estudiar la influencia de los mecanismos de síntesis sobre las propiedades estructurales de los materiales de carbón con el objetivo de estabilizar y aumentar la eficiencia de los procesos electroquímicos en los cuales se encuentran involucrados.

## DESCRIPCIÓN

Se sintetizó carbón mesoporoso (CM) a partir de la polimerización de resorcinol y formaldehído (RF), utilizando SiO<sub>2</sub> comercial en polvo (Aerosil<sup>®</sup>) como agente nanoestructurante (nanomoldeo duro). El producto de la síntesis se carbonizó en atmósfera de N<sub>2</sub> hasta 1000 °C y se lavó con NaOH para eliminar el agente de molde.

En primera instancia se estudió la variación de las propiedades del CM en función del contenido de Aerosil<sup>®</sup>; las dos variantes utilizadas fueron Aerosil 200<sup>®</sup> y Aerosil 300<sup>®</sup>.

Tabla 1: Condiciones de síntesis de carbón mesoporoso.

| g de Aerosil / g de carbón | Aerosil 200 (200 m <sup>2</sup> /g) | Aerosil 300 (300 m <sup>2</sup> /g) |
|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 0,25                       | Síntesis 1                          | Síntesis 8                          |
| 0,50                       | Síntesis 3                          | Síntesis 9                          |
| 1,00                       | Síntesis 4                          | -----                               |
| 1,50                       | Síntesis 5                          | -----                               |

Se determinó el área superficial BET, la distribución de tamaño de poro aplicando el modelo BHJ (curva de desorción) y el volumen

total de poros utilizando un equipo de porosimetría de fisorción.

Para evaluar el desempeño en una aplicación electroquímica, el CM "Síntesis 4" se utilizó en una celda PEM como soporte de un catalizador anódico PtRu 60 % p/p. Como catalizador catódico se utilizó Pt 60 % p/p sobre carbón Vulcan<sup>®</sup> comercial.

Se determinó la superficie electroquímica activa del catalizador (electrochemical active surface area - ECSA) mediante adsorción / desorción electroquímica de CO ("stripping") y se utilizaron curvas de polarización para determinar la potencia máxima de la celda alimentada con combustible CH<sub>3</sub>OH 1 M e H<sub>2</sub>. En ambos casos se utilizó O<sub>2</sub> de alta pureza en el cátodo [1].

## RESULTADOS

En la Figura 1 se observan las isotermas de adsorción y desorción de N<sub>2</sub> que se utilizaron para calcular el área BET.

En la Figura 2 se observan las curvas de dependencia de área BET, volumen total de poros y volumen de microporos en función de la proporción de agente nanoestructurante utilizado.

El volumen total de poros de los CM que fueron sintetizados a partir de Aerosil 200<sup>®</sup> alcanzó un máximo de 1,40 cm<sup>3</sup>/g, mientras que al trabajar con Aerosil 300<sup>®</sup> el volumen total de poros máximo se alcanza a menores proporciones de agente nanoestructurante.

El volumen asignado a microporos se mantiene por debajo a 0,3 cm<sup>3</sup>/g en todos los casos, es decir, la distribución del volumen de poros está focalizada en la zona de mesoporos.

La aplicación del modelo BHJ (curva de desorción) permite determinar la distribución del tamaño de poro en la superficie del material (Figura 3). La ECSA del catalizador PtRu 60% p/p soportado en CM "Síntesis 4" es 26,80 m<sup>2</sup>/g (Figura 4).

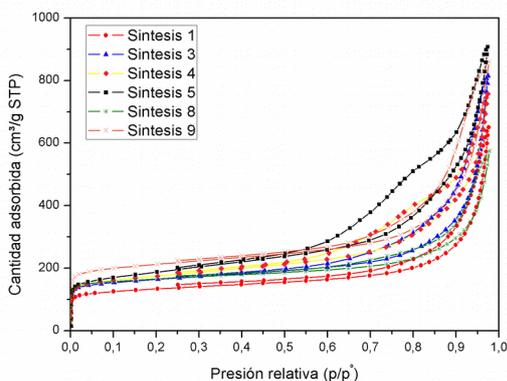


Figura 1: Isothermas de adsorción/desorción de N<sub>2</sub> de los CM sintetizados.

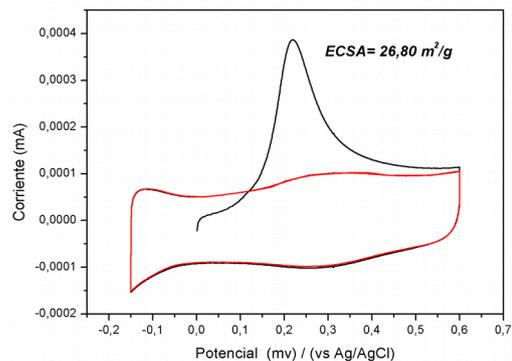


Figura 4: Voltagrama adsorción-desorción electroquímica de CO ("stripping").

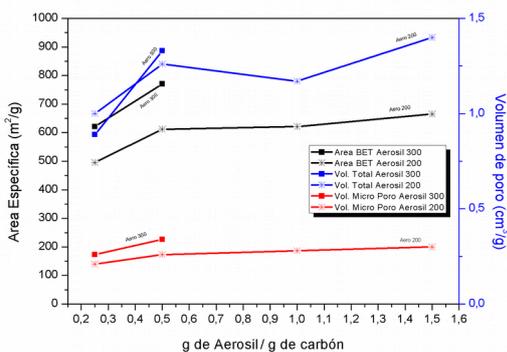


Figura 2: Área BET, volumen total de poros y microporos de los CM en función a la proporción y tipo de agente nanoestructurante utilizado.

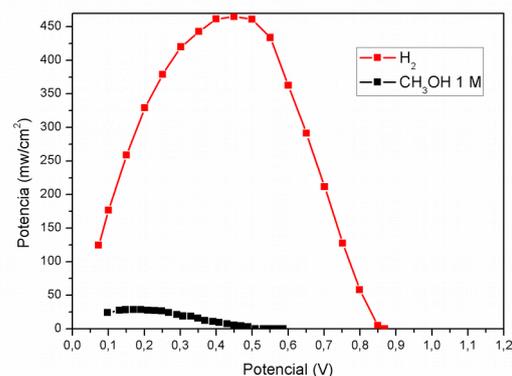


Figura 5: Curvas de potencia de celda PEM a 90°C alimentada con H<sub>2</sub> y CH<sub>3</sub>OH 1 M en el ánodo y O<sub>2</sub> en el cátodo.

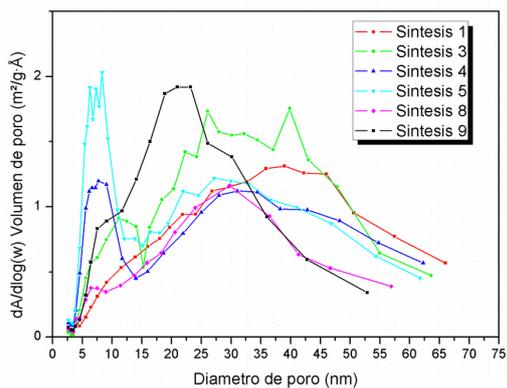


Figura 3: Se muestran las diferentes distribuciones de poro, todos los materiales tienen mesoporos, algunos CM tienen distribución monomodal y otros bimodal.

Con este catalizador como material anódico, a una temperatura de 90°C, utilizando diferentes combustibles y O<sub>2</sub> en cátodo, se obtuvieron valores máximos de potencia de 30 mW/cm<sup>2</sup> (CH<sub>3</sub>OH 1 M) y 470 mW/cm<sup>2</sup> (H<sub>2</sub>), ver Figura 5.

## CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

La polimerización controlada de RF combinada con agentes de nanomoldeo duro permitió obtener carbones de porosidad orientada con una distribución de poros ubicada en la región de 2 a 60 nm (mesoporosidad).

El desempeño electroquímico de un CM sintetizado por el método de nanomoldeo duro y utilizado como soporte de catalizadores de PtRu para celdas PEM fue del 50% respecto a otros CM sintetizados por mecanismo de nanomoldeo blando [2]. Este fue el primer catalizador sintetizado con agentes de nanomoldeo duro de SiO<sub>2</sub> comercial. En trabajos futuros se estudiará la influencia del agente nanoestructurante y sus proporciones en el desempeño electroquímico del CM para ésta y otras aplicaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Viva, F.A.; Bruno, M. M.; Jobbágy, M.; Corti, H.R. J. Phys. Chem.(2012).
- [2] M. M. Bruno, M. A. Petrucci, F. A. Viva, H.R. Corti. International Journal of Hydrogen Energy. Vol. 389 (2013).