

# NANOESPUMAS DE CARBONO: PRODUCCIÓN POR LÁSER, PROPIEDADES QUÍMICO-FÍSICAS Y POTENCIALES APLICACIONES ELECTROQUÍMICAS Y EN CATÁLISIS

Andrés Seral-Ascaso<sup>1</sup>, Marta Haro<sup>2</sup>, María Luisa Sanjuán<sup>3</sup>, Mariano Laguna<sup>4</sup>, Germán F. de la Fuente<sup>3</sup>, Edgar Muñoz<sup>1</sup>, Conchi O. Ania<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Carboquímica ICB-CSIC, C/Miguel Luesma Castán 4, 50018 Zaragoza, España

<sup>2</sup> Dpto. Procesos Químicos en Energía y Medio Ambiente, Instituto Nacional del Carbón (INCAR, CSIC), C/Francisco Pintado Fe 26, 33011, Oviedo, España

<sup>3</sup> Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (Universidad de Zaragoza-CSIC), 50009 Zaragoza, España

<sup>4</sup> Instituto de Síntesis Química y Catálisis Homogénea (Universidad de Zaragoza-CSIC), Plaza San Francisco s/n, 50009 Zaragoza, España

*edgar@icb.csic.es*

**Palabras clave:** nanoespumas de carbono, ablación láser, electroquímica, catálisis.

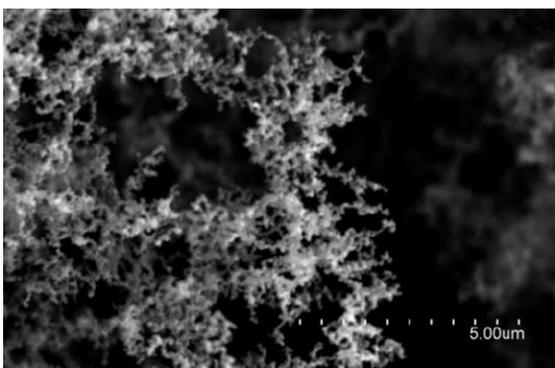
## 1. Introducción

La ablación láser de compuestos de coordinación permite la síntesis de espumas nanoestructuradas de carbono/metal, un material consistente en nanopartículas metálicas disueltas en una matriz de carbono que contiene agregados de carbono amorfo -el componente mayoritario- y nanoestructuras grafiticas [1-3]. Por el contrario, la irradiación por láser de compuestos orgánicos como trifenilfosfina y naftaleno puede dar lugar a nanoespumas de carbono libres de metales [2-4].

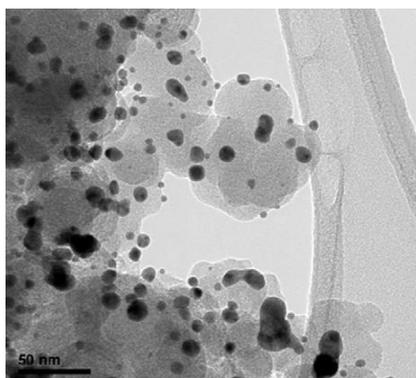
Se han llevado a cabo estudios de caracterización químico-física para conocer las propiedades térmicas y texturales de estos materiales [3]. Además, se han estudiado las propiedades electroquímicas así como el procesado químico de estos materiales, en particular su recubrimiento con nanopartículas de oro y el empleo de los híbridos carbono/oro resultantes en la catálisis de la hidroaminación de alquinos [4].

## 2. Experimental

Espumas de carbono y de carbono/metal fueron preparadas por ablación con láser continuo de Nd:YAG ( $\lambda = 1.064$  nm) de compuestos orgánicos y de compuestos de coordinación, en aire a presión atmosférica [1-3]. Estudios termogravimétricos (TGA) fueron realizados hasta 850°C en atmósferas de aire. Las propiedades texturales se caracterizaron a partir de isothermas de adsorción-desorción de nitrógeno a 77 K. La caracterización estructural de los materiales fue completada con estudios de microscopía electrónica SEM y TEM, y espectroscopia Raman. El recubrimiento de espumas de carbono producidas a partir de naftaleno fue realizado por reducción *in situ* del ácido tetracloroáurico con citrato de sodio y borohidruro de sodio [4].



**Fig. 1.** Imagen de SEM de una espuma de carbono/hierro producida por la técnica de ablación láser aquí descrita [3].



**Fig. 2.** Espumas de carbono recubiertas de nanopartículas de oro, empleadas en la catálisis de la reacción de hidroaminación de alquinos [4].

### 3. Resultados y discusión

Esta técnica láser permite la síntesis de una familia de nanomateriales híbridos carbono/metal cuya composición, contenido en metal y tamaño de las nanopartículas metálicas se pueden controlar a partir de la adecuada selección de los compuestos de coordinación irradiados por láser (Fig. 1) [2,3]. Estudios de TGA indican que estos materiales son térmicamente estables hasta  $\sim 600^{\circ}\text{C}$  [3]. El estudio de las propiedades texturales de espumas de carbono producidas a partir de trifenilfosfina y naftaleno demostraron su naturaleza mesoporosa, obteniéndose valores de área BET comprendidos entre 30 y  $60 \text{ m}^2/\text{g}$ . La alta dispersibilidad de estos materiales en agua [3] permite su eficaz recubrimiento con nanopartículas de oro (Fig. 2), así como el empleo de estos híbridos carbono/oro en la catálisis de la hidroaminación de fenilacetileno con anilina [4], obteniéndose valores de conversión (68 %) similares a los obtenidos con otros soportes de carbono de mayor área BET (negro de carbono, nanotubos de carbono, óxido de grafeno, nanodiamante). Asimismo, se realizaron estudios electroquímicos en fase acuosa para determinar la potencial aplicación de estas espumas de carbono como electrodo o aditivo conductor de electrodos. Los resultados obtenidos indican que tratamientos térmicos de estabilización mejoran sustancialmente la conductividad eléctrica de las nanoespumas, permitiendo su utilización directa como material de electrodo sin necesidad de añadir aditivos conductores. La respuesta electroquímica de los electrodos en medio acuoso mostró un comportamiento capacitivo estable, con ausencia de contribuciones pseudofaradaicas apreciables. Los valores de densidad de corriente son superiores a los medidos para negros de carbono, lo que se atribuye al desarrollo textural de los materiales tras el tratamiento térmico.

Este trabajo ha sido financiado por la Comisión Europea (proyecto LIFE11/ENV/ES 560 “CERAMGLASS”) y el Gobierno de Aragón (Proyecto PI119/09).

### 4. Bibliografía

- [1] E. Muñoz, M. de Val, M.L. Ruiz-González, C. López-Gascón, M.L. Sanjuán, M.T. Martínez, J.M. González-Calbet, G.F. de la Fuente, M. Laguna. *Chem. Phys. Letters* 2006; 420: 86-89.
- [2] E. Muñoz, M.L. Ruiz-González, A. Seral-Ascaso, M.L. Sanjuán, J.M. González-Calbet, M. Laguna, G.F. de la Fuente. *Carbon* 2010; 48: 1807-1814.
- [3] A. Seral-Ascaso, R. Garriga, M.L. Sanjuán, J. Razal, R. Lahoz, M. Laguna, G.F. de la Fuente, E. Muñoz. *Nanoscale Res. Letters* 2013; 8: 233.
- [4] A. Seral-Ascaso, A. Luquin, M.J. Lázaro, G.F. de la Fuente, M. Laguna, E. Muñoz. *Appl. Catal. A* 2013; 456: 88-95.