



## Carbones Porosos y su uso para el almacenamiento de hidrógeno

María del Carmen Téllez Juárez<sup>a,b</sup>, Vanessa Fierro<sup>b</sup>, Alain Celzard<sup>b</sup>, Edilso Reguera<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, Legaría 694.  
Colonia Irrigación, 11500 México D. F.

<sup>b</sup>Institut Jean Lamour, Departement 2: Chimie et Physique des Solides et des Surfaces, UMR 7198, CNRS e Nancy-Université e UPV-Metz, ENSTIB, 27 rue du Merle Blanc, BP 1041, 88051 Epinal cedex 9, France

### Resumen

En este trabajo se presenta un estudio de los carbones porosos, los cuales presentan una alta porosidad y una elevada superficie interna, características que les atribuyen su propiedad adsorbente y por lo tanto la gran versatilidad de aplicaciones, por señalar un ejemplo: su uso potencial en el almacenamiento de H<sub>2</sub>. Dentro de este trabajo se evalúan carbones de los principales yacimientos de carbón mineral en México para utilizarlos como medio de almacenamiento para este gas [1,2].

### Introducción

Hoy en día, nos damos cuenta que durante años la explotación de los combustibles fósiles nos han dejado un legado de gases contaminantes promotores del efecto invernadero y distintos cambios climáticos. Actualmente, se tiene un gran interés en solucionar la problemática entorno al impacto medioambiental y al descenso de las reservas naturales a corto y medio plazo, por lo cual, se hace necesaria la búsqueda de nuevas fuentes de energía más limpias y duraderas que las actuales. En este sentido, se está considerando el empleo del H<sub>2</sub> como vector energético, el cual se plantea como combustible debido a las grandes ventajas que posee en cuanto a su producción y utilización. Además, la oxidación del H<sub>2</sub> libera 142 kJ/g, tres veces el calor liberado por la gasolina (47.5 kJ/g) y el subproducto generado es agua. Sin embargo, el hidrógeno molecular presenta una baja temperatura crítica (32.7 K) que dificulta su manejo en estado líquido. Por la misma característica el almacenamiento en estado gaseoso a altas presiones también presenta limitaciones. En la actualidad, se están investigando diferentes alternativas para el desarrollo de sistemas de almacenamiento de hidrógeno a altas densidades, entre las cuales podemos mencionar aumentar la presión hasta valores elevados y disminuir la temperatura hasta condiciones criogénicas. Bajo estas condiciones se pueden utilizar los carbones activados, los cuales trabajan bajo un mecanismo de adsorción física. Desafortunadamente, en estos materiales no se tiene la presencia de interacciones fuertes entre las láminas de grafeno y la molécula de H<sub>2</sub>, ocasionando que los calores de adsorción resulten insuficientes para que la molécula de H<sub>2</sub> se mantenga en estado adsorbido a temperatura ambiente. Debido a este hecho el empleo de los carbones activados para almacenamiento de H<sub>2</sub> está condicionado a encontrar formas de elevar los calores de adsorción. La forma de lograrlo es favorecer la presencia de aquellas interacciones físicas presentes en los procesos de adsorción del H<sub>2</sub>, en particular, las interacciones electrostáticas y de coordinación. En este Proyecto de Tesis se ha optado por la inserción de iones de metales alcalinos

para potenciar el primero tipo de interacción y de iones de metales de transición para posibilitar las segundas [3-5].

### Procedimiento Experimental

Los carbones porosos, son obtenidos por un proceso que consiste en dos etapas:

- 1) Molienda y tamizado del precursor (antracita).
- 2) Posteriormente, la antracita pasa por un proceso de activación química, que consiste en mezclar el precursor con el agente activante (KOH), tras lo cual se lleva a cabo una pirólisis a una temperatura de 750 °C; el resultado de este proceso es un material mucho más rico en carbono, en seguida se lleva a cabo un lavado para la eliminación del agente activante y los productos de reacción y finalmente, el producto obtenido presenta una porosidad muy desarrollada.



Los materiales obtenidos se caracterizan mediante, el picnómetro de He, modelo Accupyc 1340 de Micromeritics para medir la densidad de la muestra, obteniéndose como resultado un carbón con una densidad de 2.3 g/cm<sup>3</sup>, este resultado se requiere para expresar los datos en cantidad de volumen debido a la aplicación que se requiere darle (aplicaciones móviles). Posteriormente, se realizan otras caracterizaciones para determinar la porosidad de la muestra y la cantidad de H<sub>2</sub> adsorbida en el carbón activado y con el análisis de las isotermas de adsorción se puede determinar el área superficial, el volumen y el tamaño de los microporos.

### Agradecimientos

Agradecemos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) por su apoyo a este trabajo.

### Referencias

- [1] Pellenq, R.J.M.; Marinelli, F.; Fuhr, J. D.; Fernandez-Alonso, F.; Refson, K., J. Chem. Phys. **2008**, 129, 224701
- [2] L. Reguera, C.P.Krap, J. Balmaseda, E. Reguera. Submitted to Journal of Physical Chemistry 10.1021/jp803714j
- [3] V. Fierro , W. Zhao , M.T. Izquierdo, E. Aylon, A. Celzard, international Journal of hydrogen energy, **2010**, 35, 9038-9045
- [4] Martín Martínez José Miguel, Adsorción física de gases y vapores por carbones, 1990, 1,3, 16-20.
- [5] A. Züttel, P. Sudan, Ph. Mauron, T. Kiyobayashi, Ch. Emmenegger, L. Schlapbach International Journal of Hydrogen Energy, **2002**, 27,203–212.