

## POROSIDAD DE CARBONES PREPARADOS MEDIANTE ACTIVACIÓN DE DISTINTAS LIGNINAS TÉCNICAS CON H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

***M. García-Rollán, R. Ruiz-Rosas, J.M. Rosas, J. Rodríguez-Mirasol, T. Cordero***<sup>1</sup>

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

*[mgarciarollan@uma.es](mailto:mgarciarollan@uma.es)*

**Palabras clave:** lignina, activación química, carbón activado, materia inorgánica.

### Introducción

Entre los métodos de valorización de lignina, la producción de materiales de interés industrial, como los carbones activados es uno de los procesos más desarrollados. Uno de los factores que determina la aplicación de dichos materiales de carbono son sus propiedades texturales. Para seleccionar, de forma precisa, qué condiciones de operación van a ser las necesarias para la obtención de un tipo de poro concreto se necesita un conocimiento profundo del papel de las propiedades fisicoquímicas de las ligninas técnicas dentro del mecanismo de la activación química con H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. En este trabajo se pretende establecer la relación entre las propiedades fisicoquímicas de las ligninas técnicas y las condiciones de operación empleadas durante la activación que determinan la porosidad del carbón activado resultante.

### Experimental

Se emplearon cuatro ligninas, un lignosulfonato sódico (HANSA), una lignina Kraft (Kraft) y dos ligninas organosolv (AST y Alcell), como precursores carbonosos y se han caracterizado sus propiedades fisicoquímicas. El lignosulfonato sódico activado químicamente con H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> a distintas temperaturas (entre 350 y 700 °C) y con distintas relaciones de impregnación, R (relación másica H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>: lignina entre 1 y 3). Con la intención de eliminar la materia inorgánica del lignosulfonato sódico, este fue sometido a un tratamiento térmico a 250 °C en atmósfera inerte (HANSATT) y lavado con una disolución acuosa 1M de HCl (HANSATTW). Todos los precursores carbonosos distintos de la HANSA fueron activados a 500 °C con R=3. Se caracterizó la textura porosa de los carbones activados resultantes mediante adsorción-desorción de N<sub>2</sub> a -196 °C y adsorción de CO<sub>2</sub> a 0 °C y la morfología superficial empleando la microscopía electrónica de barrido y de transmisión (SEM y TEM, respectivamente).

### Resultados y discusión

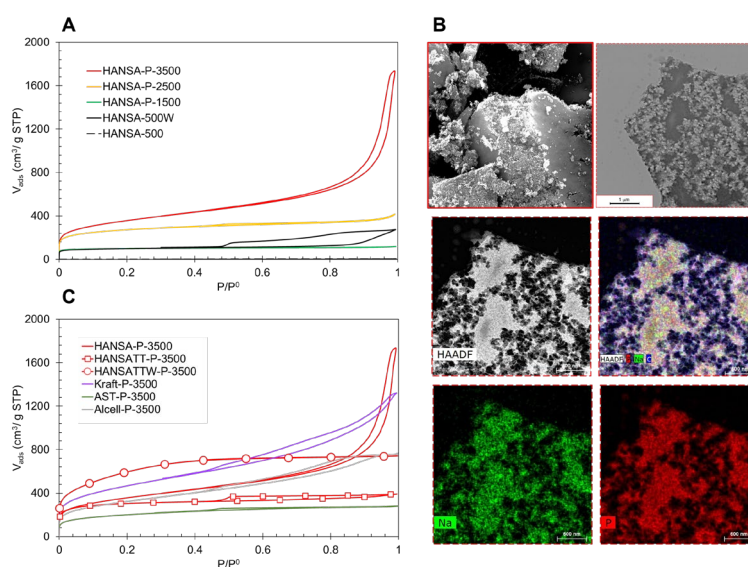
La caracterización de las ligninas técnicas revela como las ligninas HANSA y Kraft son las que poseen un mayor contenido en materia inorgánica y azufre (Tabla 1). El S que posee la lignina HANSA en forma de grupos sulfona (R-SO<sub>3</sub><sup>-</sup>) favorece que este precursor sea completamente soluble en H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. La activación química del lignosulfonato sódico con una baja relación de impregnación, R=1, produce un carbón activado con una microporosidad semejante a la de un carbonizado preparado a una misma temperatura y lavado (HANSA-P-1500 vs HANSA-500W), aunque las isothermas de adsorción de estos dos sólidos presentan un ciclo de histéresis diferente. Esto podría deberse a que el agente activante reacciona en primer lugar con la materia inorgánica, evitando que ésta afecte al desarrollo de la porosidad del carbón activado resultante (Figura 1.A). Al incrementar la relación de impregnación, R=3, el carbón activado resultante muestra una mesoporosidad ancha bien desarrollada. Las micrografías de la Figura 1.B muestra como el agente activante y la materia inorgánica están finamente distribuidas en el seno del medio de activación

**Tabla 1.** Resultados de análisis elemental y contenido en ceniza de los precursores carbonosos

Ligninas	A. Elemental (%)			Ceniza (%)
	C	S	O	
HANSA	33.7	3.8	58.3	16.9
Kraft	53.5	1.3	40.5	9.5
HANSATT	49.5	5.2	40.7	24.1
HANSATTW	54.2	5.5	36.0	0.8
AST	64.9	0.3	25.6	< 0.1
Alcell®	65.9	< 0.1	27.6	< 0.1

debido a la solubilidad del precursor carbonoso, que permite un proceso de activación vía sol gel. La activación en las mismas condiciones de operación (temperatura y relación de impregnación) de la lignina Kraft, produce un carbón activado con una porosidad muy desarrollada, pero debido a su escasa solubilidad en el agente activante, presenta una mesoporosidad ancha menos elevada.

Finalmente, la activación química de los materiales sin materia inorgánica produce carbones activados con un menor desarrollo del mesoporo ancho, pero un alto volumen de microporo ancho y mesoporo estrecho, el cual parece estar relacionado con el contenido en O.



**Figura 1.** Isothermas de adsorción-desorción de N<sub>2</sub> a -196 °C de los carbones HANSA500, HANSA500W, HANSA-P-1500, HANSA-P-2500, HANSA-P-3500 (A) y HANSA-P-3500, HANSATT-P-3500, HANSATTW-P-3500, Kraft-P-3500, AST-P-3500 y Alcell-P-3500 (C). Micrografías SEM de la muestra HANSA-P-3500 y micrografías TEM y mapeo EDX de la muestra HANSA-P-3500 sin lavar (B).

## Conclusiones

Se ha establecido una relación entre el contenido en materia inorgánica y la solubilidad del precursor carbonoso en el medio de reacción y con el desarrollo del mesoporo de los carbones activados. También se demostró la influencia de la química superficial del precursor carbonoso sobre el desarrollo de la microporosidad ancha y la mesoporosidad estrecha, facilitando así, la selección de la porosidad de carbones activados a través de la modificación de las propiedades fisicoquímicas de una lignina técnica.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Junta de Andalucía por el proyecto UMA18-FEDERJA-110, al MCINN y a los fondos NextGenerationEU/PRTR por los proyectos RTI2018- 097555-B-I00 y TED2021-131324B-C21. Particularmente, MGR, le agradece a dicho ministerio la concesión de la beca FPU [FPU 18/01402].