

# CAPÍTULO 64

Carbones activos biomásicos  
como filtros para radioisótopos.

SILVIA ROMÁN SUERO

El presente trabajo se enmarca dentro de las líneas de investigación que se desarrollan en el grupo de investigación GAIRBER (Grupo de Aprovechamiento Integral de Residuos Biomásicos y Energías Renovables) de la UEX. La investigación de GAIRBER se centra en el aprovechamiento de residuos biomásicos con fines energéticos, así como la obtención de materiales de alto valor añadido, como carbones activados, y su posible aplicación en procesos de adsorción tanto en fase gaseosa como líquida. Concretamente, en este trabajo se aborda la preparación y caracterización de carbones activados a partir de residuos biomásicos, para su posterior utilización en procesos de retención de yoduro de metilo radioactivo.

Durante la operación de reactores en centrales nucleares u otras instalaciones nucleares, se generan diversos residuos radiactivos. Debido a su potencial riesgo para la salud de los seres humanos y del medioambiente, es indispensable que estas sustancias sean eliminadas mediante diferentes dispositivos de seguridad.

Uno de los productos de fisión más peligrosos son los radioiodos (isótopos de yodo entre el  $^{129}\text{I}$  y  $^{135}\text{I}$ ), siendo el  $^{131}\text{I}$  el más abundante. Este isótopo se caracteriza por su elevada vida media (8,05 días) y por el hecho de que debido a su complejidad química puede dar lugar a la formación de especies volátiles, además de por sus nocivos efectos biológicos en el cuerpo humano (especialmente en la tiroides). La incorporación del yodo a corrientes residuales gaseosas o líquidas generadas en los diferentes procesos del ciclo nuclear, hace que los isótopos puedan ser emitidos al medioambiente como yodo elemental, yoduros inorgánicos u orgánicos (mayoritariamente yoduro de metilo,  $^{131}\text{ICH}_3$ ).

Entre los procedimientos propuestos para la eliminación de radioiodos la adsorción en carbones activados es el más empleado, logrando elevadas eficiencias de retención de radioiodos incluso en condiciones de humedad relativa elevada (Collins, Taylor y Taylor, 1966). La capacidad de eliminación de yodo y compuestos de yodo radiactivo en carbones activados usados o de nuevo uso, se establece de acuerdo con la Norma ASTM D3803/1989. Este método estándar, establece los mínimos exigibles en base a la penetración de  $^{131}\text{I}$ , concretamente de  $^{131}\text{ICH}_3$ , bajo condiciones normales de operación (temperatura entre 30-70 °C y humedad relativa entre 70-95%).

A su vez, la eficiencia de retención mínima de  $^{131}\text{ICH}_3$  exigida a los carbones activados usados en filtros, dependerá también del sistema de operación concreto de la central nuclear donde vaya a ser empleado. Los carbones activados empleados en los filtros para la retención de radioiodos, desde un punto de vista textural y superficial, generalmente presentan un carácter esencialmente microporoso, distribución homogénea de tamaños de poro y elevado valor de superficie específica. Estas características, en gran medida vendrán condicionadas entre otros

factores, por el precursor empleado y método de activación empleado en la preparación, y mediarán la adsorción física del adsorbato mediante interacciones no específicas.

Por otro lado, desde el punto de vista de la especificidad superficial de un sólido hacia un determinado adsorbato, y la consecuente participación en el proceso de adsorción de interacciones específicas, la reactividad de la superficie puede modificarse mediante la adición del agente impregnante adecuado. Entre los agentes empleados en la impregnación de carbones para la retención de radioiodos, se encuentran principalmente ioduros (KI, BaI, PbI),  $\text{AgNO}_3$ , o compuestos aminos, como la trietilendiamina (TEDA), también denominado como DABCO (1,4-diazabicyclo 2,2,2-octano) como tal o con sustituyentes, y hexametilenotetramina o urotropina (HMTA). De entre ellos, el TEDA es el más empleado a nivel industrial, en la eliminación de  $^{131}\text{I}\text{CH}_3$  (Park, Choi, Cho y Kim, 2000). La norma ASTM D3803/1989 de ensayo de carbones para la adsorción de  $^{131}\text{I}\text{CH}_3$ , es establecida para carbones impregnados con TEDA. La incorporación de TEDA aumenta la funcionalidad electrón-donor de la superficie del adsorbente, con el consecuente incremento de la retención de  $^{131}\text{I}\text{CH}_3$ , ya que reacciona para formar sales de amonio cuaternarias estables que quedan retenidas en la red porosa del adsorbente (Park, Lee y Moon, 1993), de acuerdo con el equilibrio mostrado en la Figura 1:

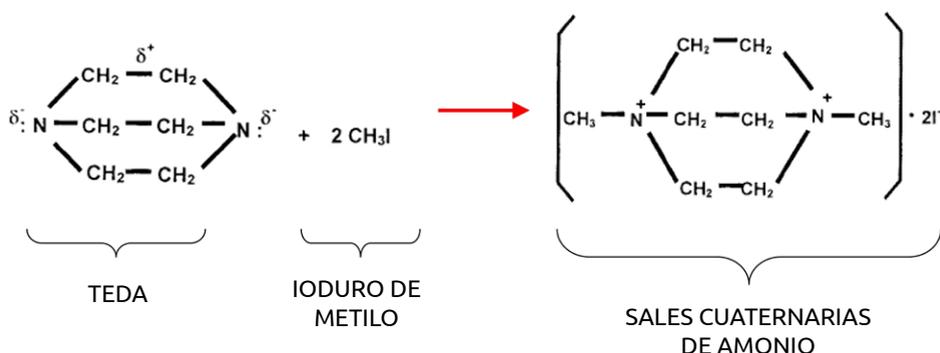


Figura 1. Reacción de TEDA con el  $^{131}\text{I}\text{CH}_3$ .

El proceso de adsorción de  $^{131}\text{I}\text{CH}_3$  en presencia de humedad, conlleva la adsorción competitiva del adsorbato con el vapor de agua por los centros activos de adsorción superficiales, con el consiguiente deterioro de la capacidad de adsorción. En este sentido el impregnante, TEDA, aumenta la selectividad del proceso y además aumenta la vida útil del carbón, al hacerlo menos vulnerable a la oxidación ambiental.

En esta investigación se establece como punto de partida, la disponibilidad del carbón patrón empleado en la Central Nuclear de Almaraz (Carbón CNA) para retención de radioiodos y como objetivo a perseguir, la obtención de carbones que simulen el comportamiento del mismo en la adsorción de ioduro de metilo. De este modo, el inicio del trabajo consistió en

realizar un estudio pormenorizado de las características texturales y superficiales del Carbón CNA, así como del mecanismo de adsorción involucrado en su utilización. En base a ambos factores, se optimizan las características a presentar por los carbones que se preparen y sean destinados a la mencionada aplicación.

El carbón activado empleado en las instalaciones de la central nuclear de Almaraz para la retención de yoduro de metilo radiactivo es un carbón preparado a partir de cáscara de coco, muy microporoso, escaso volumen de mesoporos, y cierta presencia de macroporosidad. Presenta un carácter hidrófobo, que es consistente con la ausencia de grupos oxigenados superficiales. Este carbón se encuentra impregnado en trietilendiamina al 5%, lo cual favorece la retención del yoduro de metilo, mediante mecanismo bimodal de adsorción, en el que se contemplan simultáneamente la adsorción física, y la quemisorción mediante reacciones de alquilación entre el yoduro de metilo y el impregnante. De este modo, se alcanzan, en condiciones de elevada humedad, eficiencias de retención superiores al 99%.

Conocidas las características del carbón CNA, se han preparado carbones activados a partir de los diferentes residuos generados en la Comunidad Autónoma de Extremadura: cáscara de nuez, poda de almendro, cáscara de almendra y hueso de aceituna, mediante procesos de activación física con aire, dióxido de carbono y vapor de agua, en diferentes series de tiempo y temperatura. Los resultados obtenidos sugieren que la composición química y características texturales del material de partida ejercen una cierta influencia sobre la estructura porosa de los carbones (González-García, González y Román, 2011).

De entre los carbones obtenidos, se seleccionaron aquellos de características similares a las del Carbón CNA. Al objeto de incrementar la especificidad de los sólidos adsorbentes en el proceso de adsorción, la funcionalidad de la superficie de los sólidos se modificó mediante impregnación con el agente trietilendiamina (TEDA). En estos carbones, se procedió al ensayo de retención de yoduro de metilo radioactivo bajo condiciones similares a las de operación en la central nuclear.

En base a los resultados obtenidos y al estudio de las características físico-químicas del adsorbente (carbón), adsorbato (yoduro de metilo) e impregnante (trietilendiamina); así como de las interacciones moleculares que se establecen en el sistema interfacial, se propuso el tipo de mecanismo implicado en el proceso de adsorción. Se contempla así, un mecanismo bimodal de adsorción donde concurren simultáneamente dos tipos de procesos, adsorción mediante interacciones no específicas entre el yoduro de metilo y la superficie de los adsorbentes, y adsorción mediante interacciones específicas del agente impregnante y adsorbato que conlleva la formación de compuestos estables.

De entre los carbones preparados, los de cáscara de nuez resultaron los más interesantes, por presentar una distribución de poros muy estrecha, idónea para la adsorción de los radioyodos. Impregnando éstos con TEDA, se logró conseguir eficiencias de retención de hasta el 98,6%, lo cual hace a estos carbones aptos para su uso en numerosas dependencias de la Central Nuclear. Con ello, el grupo de investigación ha publicado una patente nacional.

## REFERENCIAS

- Collins, D. A.; Taylor, L. R. y Taylor, R. (1966). *Development of exchanged charcoals for trapping methyl iodide at high humidities*. 9<sup>th</sup> AEC Air Cleaning Conference, Boston, Estados Unidos.
- González-García, C. M.; González, J. F. y Román, S. (2011). Removal efficiency of radioactive methyl iodide on TEDA-impregnated activated carbons. *Fuel Processing Technology*, 92, 247-252.
- Park, G.; Choi, B. S.; Cho, I. H. y Kim J. H. (2000). Adsorption and desorption characteristics of methyl iodide on silver ion-exchanged synthetic zeolite at high temperature. *Journal of the Korean Nuclear Society*, 32, 504-513.
- Park, S. W.; Lee, W. K.; y Moon, H. (1993). Adsorption and desorption of gaseous methyl iodide in a triethylenediamine-impregnated activated carbon bed. *Separations Technology*, 3, 133-142.

## APUNTES BIOGRÁFICOS

**Silvia Román Suero** (UEX, Badajoz) es Ingeniera Química y Doctora por la Universidad de Extremadura (2009). Tras haber sido becaria pre y posdoctoral de la Junta de Extremadura, ocupa actualmente una plaza como Profesor Contratado Doctor en el Dpto. de Física Aplicada de la UEX.

Contacto: [sroman@unex.es](mailto:sroman@unex.es)