Obtención de materiales carbonosos mediante síntesis verde a partir de grafito analítico y su incorporación en matrices biopoliméricas para la captura de CO_2

Nehemias Sangregorio Montes, Karen Margarita Castro Ospino, Karol Villegas Saucedo, Duver Ávila Padilla, Sindi Horta Piñeres
Universidad Popular del Cesar · Red SUE Caribe

Resumen

El dióxido de carbono (CO_2) es el principal gas de efecto invernadero de origen antrópico, y su concentración atmosférica supera las 420 ppm. Entre las tecnologías de captura, la adsorción en sólidos se perfila con menor energía de regeneración que la absorción con aminas. Los materiales carbonosos son adsorbentes prometedores, cuya capacidad depende de sus defectos y grupos funcionales; sin embargo, su síntesis convencional emplea ácidos concentrados, oxidantes de manganeso o activación térmica a 700-900 °C, con efluentes ácidos con Mn^{2+} y alta demanda energética (Dreyer et al., 2010). Este trabajo presenta la obtención de materiales carbonosos mediante síntesis verde a partir de grafito analítico y su incorporación en matrices biopoliméricas para la captura de CO_2, mediante tres rutas sin reactivos peligrosos. En la exfoliación ultrasónica en fase líquida, la cavitación acústica genera esfuerzos cortantes capaces de vencer las interacciones de van der Waals entre láminas; la mezcla n-propanol/agua aproxima la tensión superficial del medio a la energía superficial del grafito (Hernandez et al., 2008). La concentración dispersa se estimó, según la ley de Beer-Lambert, mediante la pendiente de absorbancia frente al volumen. En modo continuo, la pendiente alcanzó su máximo a los 10 min (1,8 veces el control) y luego decayó con $k = 0{,}028\ min^{-1}$ ($t½ \approx 25$ min); el ANCOVA confirmó diferencias entre tiempos ($F(5,14) = 57{,}7$; $p < 0{,}001$). La amplitud (20-100 %) no mostró correlación con la dispersión ($\rho \leq 0{,}15$; $p \geq 0{,}56$), lo que sugiere que el calentamiento, más que la potencia, limita el proceso. Con sonicación pulsada, la pendiente casi se triplicó en 2 min ($t = 6{,}09$; $p < 0{,}001$) y permaneció estable hasta 30 min ($\rho = 0{,}01$; $p = 0{,}96$), lo que sugiere un menor consumo energético. En el pretratamiento acuoso con KOH a 50 °C, el espectro Raman mostró la banda D (1387 cm^{-1}), activada por defectos mediante un proceso de doble resonancia, y la banda G (1570 cm^{-1}), asociada al estiramiento de enlaces sp^2 (Ferrari y Basko, 2013). El cociente $I_D/I_G = 0{,}88$ evidenció desorden inducido y la posición de la banda G se mantuvo estable en nueve posiciones (1571,3 ± 5,1 cm^{-1}; CV 0,33 %), lo que indica que se conserva la red grafítica, aunque la intensidad varió 39 %. El agua de lavado alcanzó un pH cercano a 7, dentro del rango 6,0-9,0 de la Resolución 0631 (MADS, 2015). La tercera ruta, en diseño, emplea persulfato de potasio activado para generar radicales sulfato que oxiden los bordes del grafito, con sulfato como residuo principal. Como matriz biopolimérica se seleccionó la carboximetilcelulosa (CMC), polímero biodegradable cuyos grupos carboxilato favorecen la dispersión del material, y se iniciaron los ensayos de elaboración de membranas. Como resultado esperado, se cuantificará la adsorción de CO_2 de las membranas según el desorden estructural. Los avances muestran que el control térmico de la sonicación y el medio acuoso alcalino permiten modificar el grafito con menor carga contaminante y energética que las rutas convencionales, en coherencia con la química verde (Anastas y Warner, 1998).

Palabras clave: captura de CO_2, síntesis verde, materiales carbonosos, exfoliación ultrasónica, persulfato de potasio

Correspondencia: nsangregorio@unicesar.edu.co