

Estudio cinético del proceso de adsorción de contaminantes orgánicos e inorgánicos en efluentes acuosos mediante el uso de biocarbón activado de poda de manzano

E. Corro, M. González Alriols, M.M. Antxustegi

Grupo de Investigación "Biorefinery Processes, BioRP". Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente. Universidad del País Vasco, UPV/EHU

eriz.corro@ehu.eus

Palabras clave: biomasa lignocelulósica residual, biocarbón, adsorción.

Introducción

Este trabajo se centra en el estudio del equilibrio y cinética del proceso de adsorción de un contaminante orgánico (azul de metileno, MB) y otro inorgánico (cromo hexavalente, Cr(VI)) de efluentes acuosos. Se prepararon adsorbentes carbonosos mediante pirolisis más activación química a partir de residuos lignocelulósicos agroforestales, en particular, poda de manzano. Los productos obtenidos fueron caracterizados mediante ATR-FTIR, microscopía electrónica de barrido (SEM) y adsorción de N₂ para el estudio de la porosidad.

Experimental

La activación termoquímica de la biomasa se ha realizado en un horno tubular horizontal en 2 etapas: pirólisis; calentando a 10 °C/min hasta 900 °C (1 h) bajo un flujo de 40 mL/min de N₂, y activación mezclando la muestra pirolizada mecánicamente con KOH (1/1:w/w) y calentando a 20 °C/min hasta 900 °C (2 h) bajo un flujo de 20 mL/min de N₂. Tras su enfriamiento en atmósfera inerte, las muestras se lavaron en tres pasos: con agua desionizada, con una solución de HNO₃ 3.8 M y, nuevamente, con agua desionizada hasta pH neutro. Finalmente, las muestras se secaron a 105 °C durante 12 h.

En las pruebas de adsorción se mezclaron 0.15 g de muestra con 25 mL de solución de MB (35 mg/L) o Cr(VI) (100 mg/L). Se tomaron alícuotas a 1, 2, 4, 8 and 24 h, se filtraron y se midió la absorbancia de la solución resultante (a 665 nm y 350 nm, para el MB y Cr(VI) respectivamente) en un espectrofotómetro Jasco UV-VIS V-750ST.

Para obtener los valores de los parámetros del estudio de la isoterma (Henry, Langmuir, Dubinin-Radushkevich y Hill) y la cinética (Pseudo-Primer y Segundo Orden, Difusión de Película Líquida y Difusión de Poro de Bangham) de adsorción de MB [1], se introdujo una dosis de adsorbente activado de 6 g/L con concentraciones de MB de 10-20-35-50 mg/L en una cubeta de cuarzo. Tras una agitación inicial, se midió la absorbancia cada 30 s hasta las 24 h.

Resultado y discusión

Atendiendo a la Figura 1, la isoterma de adsorción del material activado es típica de sólidos altamente microporosos, con cierta presencia de mesoporos (histéresis). Esta mesoporosidad es más pronunciada para el material pirolizado [2]. Así, la porosidad del biochar activado está concentrada hasta 2.5 nm, con picos importantes entre 8-14 nm y mesoporosidad residual hasta 50 nm. Mientras tanto, en el pirolizado, más de la mitad de su volumen de poros son mesoporos. Además, el aumento de la superficie específica (30 vs 1176 m²/g) y el volumen de microporo (0.026 vs 0.503 cm³/g), así como la mayor cantidad de grietas, hendiduras y microporos de la superficie activada observadas en las imágenes SEM, confirman el efecto de la activación con KOH.

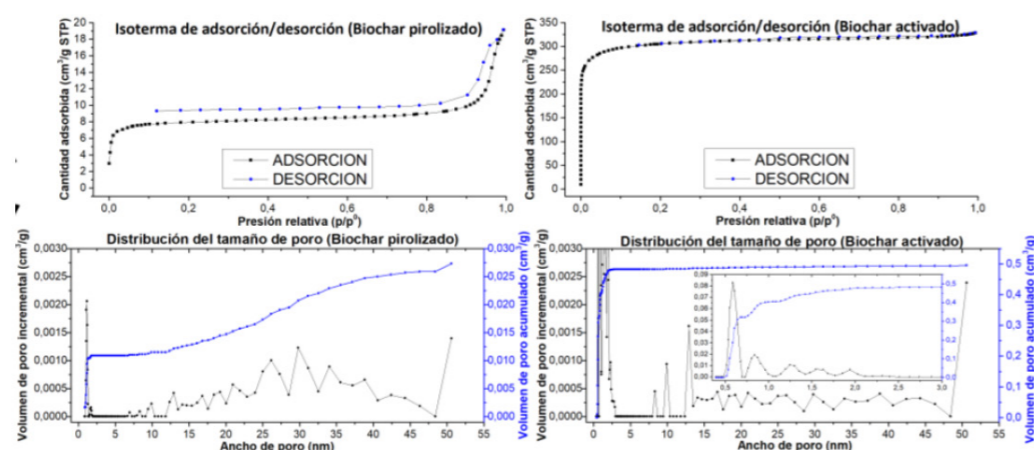


Figura 1. Isothermas de adsorción-desorción de N₂ a -196 °C y curvas de distribución del tamaño de poro (NDFT). A la izquierda, el material pirolizado; a la derecha, el activado.

En los espectros ATR-FTIR del material activado y pirolizado se observa la eliminación de grupos funcionales lábiles que contienen oxígeno, atribuible a la repolimerización y homogeneización en estructuras C-O y C-O-C aromáticas.

Tabla 1. Concentración (mg/L) del contaminante tras 24 h de ensayo de adsorción

Contaminante	Pirolizada	Activada
MB (35 mg/L)	18.740	0.248
Cr(VI) (100 mg/L)	91.683	35.059

La quimisorción (Fig. 2, derecha) fue la etapa limitante del proceso de adsorción. Empero, éste no puede entenderse en su totalidad sin atender a la contribución de la fisorción y la difusión a través de poro/película líquida.

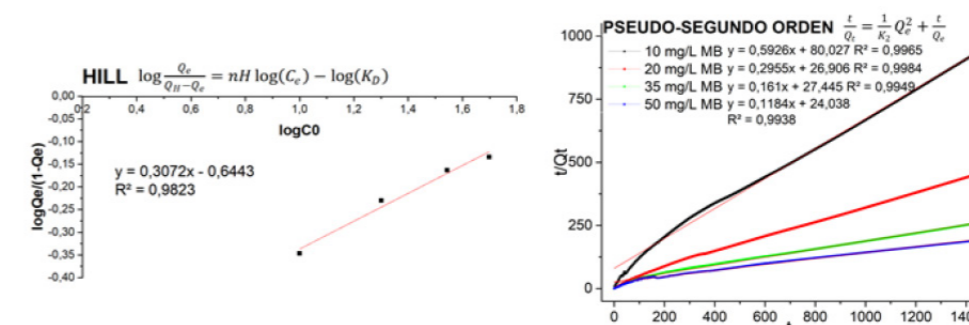


Figura 2. Representación gráfica de las ecuaciones linealizadas de los modelos de isoterma de equilibrio (izquierda) y cinética (derecha) que mejor se ajustaron.

Conclusiones

La activación termoquímica con KOH mejoró los resultados de adsorción de MB y Cr(VI). Además, se demostró que la isoterma de Hill y la ecuación de Pseudo-Segundo Orden eran los modelos más precisos para representar y predecir la adsorción de MB.

Agradecimientos

Programa Etorbizuna Eraikiz de la Diputación Foral de Gipuzkoa.

Referencias

- [1] Nworie, W. Oti, and A. Nwali, "REMOVAL OF METHYLENE BLUE FROM AQUEOUS SOLUTION USING ACTIVATED RICE HUSK BIOCHAR: ADSORPTION ISOTHERMS, KINETICS AND ERROR ANALYSIS," 2019.
- [2] M. Muttakin, S. Mitra, K. Thu, K. Ito, and B. B. Saha, "Theoretical framework to evaluate minimum desorption temperature for IUPAC classified adsorption isotherms," Int J Heat Mass Transf, vol. 122, pp. 795–805, Jul. 2018, doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2018.01.107.