

FABRICACIÓN DE MEMBRANAS DE CELULOSA MODIFICADAS CON CARBÓN ACTIVADO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



Autor: Alberto Naranjo Aguilar
Tutora: Dunia Esther Santiago García
Fecha: Junio 2025
Grado en Ingeniería Química

INTRODUCCIÓN

La tecnología de membrana es de gran importancia en el tratamiento de aguas residuales, destacando procesos como microfiltración (MF), ultrafiltración (UF) y biorreactores de membrana (MBR), que combinan procesos biológicos y físicos con la finalidad de obtener efluentes de alta calidad. Sin embargo, el ensuciamiento de las membranas (fouling) consiste en la acumulación de partículas, compuestos orgánicos o biofilms, suponiendo un desafío al reducir la eficiencia de las membranas. Entre las modificaciones estudiadas, el carbón activado emerge como una solución óptima frente a alternativas como TiO_2 , nanopartículas de plata u óxido de grafeno, debido a su bajo coste, biocompatibilidad, alta capacidad de adsorción y equilibrio entre hidrofobicidad y permeabilidad.

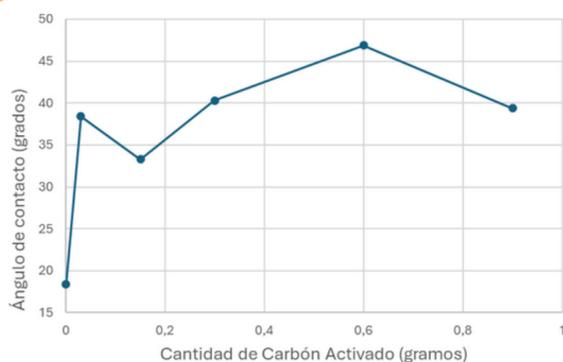
OBJETIVOS

- ➔ Desarrollar membranas de acetato de celulosa modificadas con carbón activado para optimizar la eliminación de contaminantes orgánicos (como el azul de metileno) y bacterias (*Escherichia coli*) en aguas residuales.
- ➔ Evaluar métodos de recuperación y regeneración de las membranas para garantizar su reutilización sostenible y reducir el impacto del ensuciamiento (fouling).

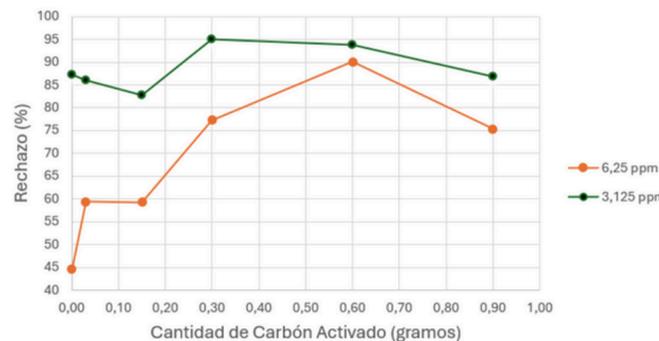
ENSAYOS

- Caracterización por SEM.
- Medición del ángulo de contacto.
- Evaluación del porcentaje de rechazo.
- Eliminación de *E. coli*.
- Recuperación de membranas

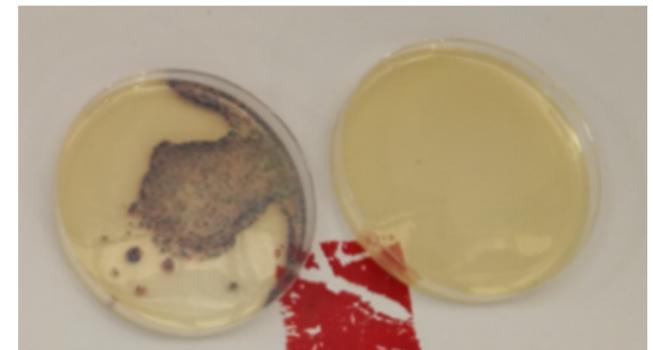
RESULTADOS



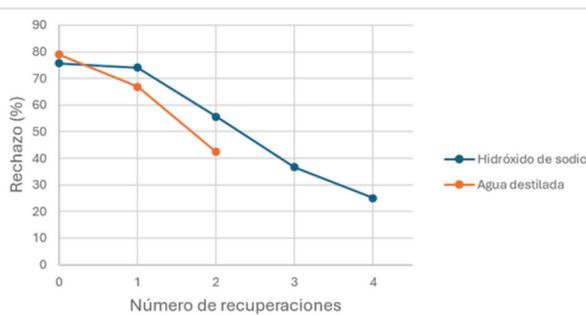
Relación entre ángulo de contacto y cantidad de carbón activado adicionado en las distintas membranas.



Evaluación del porcentaje de rechazo vs cantidad de carbón activado adicionado en las distintas membranas.



Presencia de *E. coli* tras filtrar con la membrana sin carbón activado (izquierda) y con la membrana con 0,3 gramos de carbón activado.



Comparación de la recuperación de la membrana con 0,3 gramos de carbón activado mediante lavado en agua destilada e hidróxido de sodio. Ensayos realizados mediante reposo en una concentración de azul de metileno de 25 ppm.

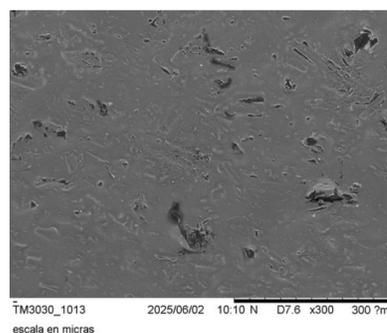


Imagen SEM a x300 de la membrana con 0,3 gramos de carbón activado.

CONCLUSIONES

El estudio evaluó membranas de acetato de celulosa modificadas con carbón activado (0–0,9 g) para tratar aguas residuales. El ángulo de contacto aumentó con la cantidad de carbón, incrementando la hidrofobicidad, pero la membrana óptima (0,3CA) mostró un equilibrio intermedio que favorece la adsorción de azul de metileno y permeabilidad. Esta membrana logró un 94,88% de remoción de azul de metileno a 3,125 ppm y eliminación completa de *Escherichia coli*, superando a la membrana sin carbón (0CA). La recuperación con hidróxido de sodio (0,0025N) sin luz UV permitió reutilizar las membranas sin pérdida de eficiencia, evidenciando su sostenibilidad. Esta investigación destaca la viabilidad técnica y económica del carbón activado en sistemas de tratamiento de aguas.

TRABAJOS FUTUROS

Se propone integrar fotocatalizadores (TiO_2) en membranas con carbón activado para combinar adsorción y degradación UV, reduciendo la necesidad de regeneración. Además, se plantea emplear materiales naturales, escalar a planta piloto, analizar costes frente a tecnologías convencionales y diseñar estrategias anti-fouling. Asimismo, se sugiere optimizar la selectividad del carbón para contaminantes industriales, métodos de regeneración, valorizar residuos en economía circular, y evaluar toxicidad y ciclo de vida ambiental para garantizar sostenibilidad en la gestión hídrica.