

Tesista: Melina Kloster

Título al que aspira: Doctora en Ciencia de Materiales, UNMdP

Tema: “Bioaerogeles para la remediación de aguas residuales”

Directora de tesis: Dra. Norma E. Marcovich

Codirectora: Dra. Mirna A. Mosiewicki

Lugar de Trabajo: Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA-CONICET-UNMdP)

Fecha de Defensa: 6 de marzo de 2026

Jurados:

Dra. Viviana Paola Cyras (CdS, Universidad Nacional de Mar del Plata)

Dr. Martin Negri (Universidad de Buenos Aires)

Dra. Graciela Pilar Zanini (Universidad Nacional del Sur).

RESUMEN

En esta tesis se abordan el desarrollo, la optimización y la caracterización de aerogeles biobasados preparados a partir de quitosano para su aplicación como materiales adsorbentes en la remediación de aguas contaminadas, en particular las afectadas por colorantes utilizados en la industria textil.

El quitosano, un polímero natural abundante y biodegradable, presenta un elevado potencial para este tipo de aplicaciones debido a la presencia de grupos funcionales capaces de interactuar con contaminantes iónicos. Sin embargo, su solubilidad en medios acuosos ácidos limita su aplicación directa, por lo que es necesario estabilizar su estructura. Por ello, los aerogeles de quitosano se modificaron mediante distintas estrategias de estabilización, como el entrecruzamiento químico con glutaraldehído y ácido cítrico, y el establecimiento de interacciones electrostáticas con alginato de sodio.

Para cada sistema, se evaluó la influencia de las variables asociadas a la obtención de los precursores de los aerogeles, como la concentración de biopolímeros, el medio ácido empleado y las condiciones de procesamiento. A partir de estos estudios, se seleccionaron las condiciones más adecuadas en función de las propiedades físicas, morfológicas y mecánicas de los materiales obtenidos. También se analizó el efecto de añadir celulosa microcristalina particulada como carga en aerogeles entrecruzados químicamente con glutaraldehído. Los materiales resultantes se caracterizaron de manera integral mediante técnicas espectroscópicas, térmicas, morfológicas, mecánicas y reológicas, lo que permitió establecer relaciones entre la formulación, la microestructura y las propiedades finales de los aerogeles.

Finalmente, se evaluó la capacidad de dichos materiales para la remediación de aguas contaminadas con colorantes modelo de diferente naturaleza iónica, Rojo Congo y Azul de Metileno. Para cada sistema, se estudiaron las cinéticas e isoterma de adsorción, así como el efecto del pH y la temperatura, y la posibilidad de regeneración y reutilización de los adsorbentes a lo largo de sucesivos ciclos. Los resultados experimentales se analizaron mediante modelos teóricos ampliamente utilizados en la literatura. En conjunto, los resultados obtenidos demuestran que los aerogeles de

chitosano desarrollados en esta tesis son materiales versátiles y eficientes para aplicaciones en remediación acuosa, cuyas propiedades pueden ajustarse mediante estrategias de modificación química y física.

ABSTRACT

This thesis focuses on the development, optimization, and characterization of chitosan-based bioaerogels for use as adsorbent materials in the remediation of contaminated water, particularly water containing dyes from the textile industry.

Chitosan, an abundant and biodegradable natural polymer, has high potential for this type of application due to the presence of functional groups that can interact with ionic contaminants. However, its solubility in acidic aqueous media limits its direct application making it necessary to stabilize its structure. Therefore, chitosan aerogels were modified using different stabilization strategies, such as chemical cross-linking with glutaraldehyde and citric acid, as well as the establishment of electrostatic interactions with sodium alginate.

For each system, the influence of variables associated with obtaining aerogel precursors was evaluated, such as the concentration of biopolymer, the acidic medium used and the processing conditions. Based on these studies, the most suitable conditions were selected according to the physical, morphological, and mechanical properties of the resulting materials. The effect of adding particulate microcrystalline cellulose as filler in glutaraldehyde-crosslinked aerogels was also analyzed. The materials were comprehensively characterized using spectroscopic, thermal, morphological, mechanical, and rheological techniques, which allowed relationships to be established between the formulation, microstructure, and final properties of aerogels.

Finally, the adsorption performance of these materials was evaluated for the remediation of water contaminated with model dyes of different ionic nature, Congo Red and Methylene Blue. For each system, adsorption kinetics and isotherms were studied, along with the effects of pH and temperature and the possibility of adsorbent regeneration and reuse over successive cycles. The experimental results were analyzed using theoretical models widely used in the literature. Overall, the results demonstrate that the chitosan aerogels developed in this thesis are versatile and efficient materials for water remediation applications, and that their properties can be tailored through chemical and physical modification strategies.