

CIENCIA Y SOSTENIBILIDAD: SOLUCIONES PARA EL AGUA TRANSFORMANDO RESIDUOS Y SINTETIZANDO MATERIALES

Adriana Benitez Rico^a, Arizbeth Amtzin Pérez Martínez^a, Alondra Martínez Cruz^b, Carlos Andrés Hernández Estrada^b, Gerardo Isaac Meza Hernández^b, Alfredo Yamil Cano Jorge^b, Bernardo Didier Muñoz Paredes^b, Maria Fernanda Dávila Salom^b, Alejandro López Ordóñez^b, Iliana Olivo Salcedo^b

^a Vicerrectoría de Investigación, Universidad La Salle México

^b Facultad de Ciencias Químicas, Universidad La Salle México

adriana.benitez@lasalle.mx

Resumen

Se exploró la valorización de escorias metalúrgicas mediante lixiviación con ácido cítrico, catalizadores magnéticos nanoestructurados y el uso de quitosano para obtener materiales aplicables en el tratamiento de aguas contaminadas. Estos materiales se utilizaron en un proceso foto-Fenton que logró una degradación del 99% del colorante rojo directo-28. El proceso se realizó bajo condiciones controladas de pH, irradiación UV y peróxido de hidrógeno, mostrando además un aumento del pH que indica transformación química activa. La optimización del proceso foto-Fenton con un catalizador magnético sólido confirmó que el pH ácido (pH 5) favorece la generación de radicales hidroxilos, responsables principales de la degradación eficiente del colorante rojo directo 28. La técnica *scavenger test* identificó claramente el papel predominante de estos radicales. Estos estudios representan una contribución significativa a la aplicación de soluciones sostenibles y alineadas con la economía circular para el tratamiento de aguas contaminadas a partir de residuos industriales.

Introducción

La contaminación por colorantes industriales en cuerpos de agua es un problema ambiental debido a su toxicidad y persistencia. En respuesta, la reutilización de residuos industriales como las escorias metalúrgicas para desarrollar catalizadores, junto con la optimización de procesos avanzados como el foto-Fenton, constituyen estrategias promisorias. Estos enfoques fomentan la economía circular, la química verde y contribuyen a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente al agua limpia y saneamiento. El objetivo de estos trabajos fue desarrollar y optimizar materiales catalíticos derivados de residuos industriales para la degradación eficiente de colorantes en aguas residuales mediante procesos foto-Fenton heterogéneos.

Metodología

Se realizó la lixiviación de escoria metalúrgica con ácido cítrico 0.2 M durante 2 horas, seguida de filtración, recuperación magnética de hierro, evaporación a 230 °C y calcinación a 350-450 °C para obtener materiales catalíticos. Paralelamente, se optimizó un proceso foto-Fenton heterogéneo empleando un catalizador sólido magnético con iones $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$, peróxido de hidrógeno y luz UV, evaluando diferentes valores de pH. El seguimiento de la degradación del colorante rojo directo 28 (RD-28) se hizo con espectrofotometría UV-Vis.

Se aplicó también la técnica de scavenger test para identificar los radicales libres predominantes en la reacción.

Resultados

El catalizador derivado de escoria alcanzó una eficiencia del 99% en la degradación de colorantes usando foto-Fenton, con un aumento del pH de 5.3 a 9.5. La optimización del proceso estableció que un pH ácido (4) es crítico para alcanzar niveles máximos de degradación, mientras que en pH neutro y básico la eficiencia disminuye notablemente. Por medio del scavenger test, se confirmó que el radical hidroxilo es la especie oxidante dominante responsable de la degradación del contaminante.

Conclusiones

Se demostró la viabilidad de transformar residuos industriales en catalizadores efectivos para el tratamiento de aguas contaminadas, empleando procesos foto-Fenton heterogéneos optimizados. La identificación del pH ácido como condición óptima y el papel clave del radical hidroxilo fortalecen la eficacia del tratamiento. Estos avances promueven soluciones sostenibles para la mitigación de la contaminación hídrica, con potencial de escalamiento y aplicación industrial. Se recomienda profundizar en la optimización y estabilidad a largo plazo de los materiales catalíticos.

Referencias

1. Bautista, M. A., Hernández, J. R., & Camacho, L. C., "Aprovechamiento de escorias de horno de arco eléctrico para la fabricación de materiales de construcción", Universidad Autónoma de Baja California, 2011.
2. Gao, W., "Comprehensive utilization of steel slag: A review", Powder Technology, Vol. 428, 117940, 2023.
3. Mal Soufi, H., Hajjaoui, H., Elmoubarki, R., et al., "Spinel ferrites nanoparticles: Synthesis methods and application in heterogeneous Fenton oxidation of organic pollutants – A review", Applied Surface Science Advances, Vol. 6, 100145, 2021.
4. Rodríguez-Chueca, J., Ormad, M. P., & Ovelleiro, J. L., "Photo-Fenton process as an efficient treatment for the removal of some emerging contaminants in aqueous phase", Environmental Science and Pollution Research, Vol. 24, No. 1, pp. 533–544, 2017.

