

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE CALCINACIÓN DE CATALIZADORES $\text{CuLa}/\text{Al}_2\text{O}_3$ EN LA TRANSFORMACIÓN OXIDATIVA DE MICROPLÁSTICOS PET MEDIANTE ACTIVACIÓN DE PERCARBONATO

Nicolás A. Sacco – nsacco@fiq.unl.edu.ar – Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE, UNL-CONICET), Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral, Santiago del Estero 2829, S3000AOJ Santa Fe, Argentina.

Daniela Preciado Díaz – Departamento de Química, Universidad de Guanajuato, Cerro de la Venada S/N, Guanajuato 36040, México.

Emilse Priscilla Gutiérrez Martínez – Departamento de Química, Universidad de Guanajuato, Cerro de la Venada S/N, Guanajuato 36040, México.

María del Pilar González Muñoz – Departamento de Química, Universidad de Guanajuato, Cerro de la Venada S/N, Guanajuato 36040, México.

F. Albana Marchesini – albana@fiq.unl.edu.ar – Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE, UNL-CONICET), Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral, Santiago del Estero 2829, S3000AOJ Santa Fe, Argentina.

Resumen: La acumulación de microplásticos de tereftalato de polietileno (PET) en ambientes acuáticos representa un problema ambiental creciente debido a su elevada persistencia y resistencia a la degradación. En este trabajo se evaluó la influencia de la temperatura de calcinación sobre las propiedades fisicoquímicas y el desempeño catalítico de materiales $\text{CuLa}/\text{Al}_2\text{O}_3$ empleados para la activación de percarbonato de sodio durante la transformación oxidativa de microplásticos PET. Los catalizadores fueron sintetizados mediante impregnación húmeda y calcinados a 400, 650 y 900 °C. Los materiales fueron caracterizados mediante difracción de rayos X (XRD), adsorción-desorción de N_2 (BET) y espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS). La actividad catalítica se evaluó en sistemas batch utilizando percarbonato de sodio como oxidante. Los resultados mostraron que la

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

temperatura de calcinação modificó significativamente las propiedades texturales y superficiales de los catalizadores. La evolución de carbono orgánico total (COT) y demanda química de oxígeno (DQO) evidenció una marcada influencia tanto del tamaño de partícula del PET como de la concentración de oxidante sobre la formación de compuestos orgánicos solubles. Entre los materiales evaluados, CuLa/A-400 presentó los mayores valores de COT y DQO durante el tratamiento. Los ensayos con agentes secuestrantes sugirieron una participación predominante de radicales hidroxilo en el proceso de oxidación. Los resultados obtenidos demuestran el potencial de los sistemas CuLa/Al₂O₃-percarbonato para promover la transformación oxidativa de microplásticos PET en medio acuoso.

Palabras clave: Microplásticos PET, Percarbonato de sodio, Catalizadores CuLa/Al₂O₃, Procesos avanzados de oxidación, Transformación oxidativa.

Abstract: The accumulation of polyethylene terephthalate (PET) microplastics in aquatic environments has become an emerging environmental concern due to their persistence and resistance to degradation. In this work, the influence of calcination temperature on the physicochemical properties and catalytic performance of CuLa/Al₂O₃ materials for sodium percarbonate activation during the oxidative transformation of PET microplastics was evaluated. Catalysts were synthesized by wet impregnation and calcined at 400, 650 and 900 °C. The materials were characterized by X-ray diffraction (XRD), N₂ adsorption-desorption (BET), and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). Catalytic performance was assessed in batch systems using sodium percarbonate as oxidant. The results showed that calcination temperature significantly modified the textural and surface properties of the catalysts. Total organic carbon (TOC) and chemical oxygen demand (COD) profiles revealed a strong influence of PET particle size and oxidant concentration on the formation of soluble organic products. Among the evaluated materials, CuLa/A-400 exhibited the highest TOC and COD values during treatment. Scavenger experiments suggested a predominant contribution of hydroxyl radicals to the oxidation process. These results demonstrate the potential of CuLa/Al₂O₃-percarbonate systems for promoting the oxidative transformation of PET microplastics in aqueous media.

Keywords: PET microplastics, Sodium percarbonate, CuLa/Al₂O₃ catalysts, Advanced oxidation processes, Oxidative transformation.

1. INTRODUCCIÓN

La acumulación de microplásticos en ambientes acuáticos se ha convertido en una problemática ambiental emergente debido a su elevada persistencia, amplia distribución y potencial impacto sobre los ecosistemas. Entre los polímeros más frecuentemente detectados se encuentra el tereftalato de polietileno (PET), ampliamente utilizado en envases, fibras

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

textiles y materiales de embalaje. Debido a su elevada estabilidad química, los microplásticos de PET pueden permanecer durante largos períodos en el ambiente, favoreciendo su acumulación en cuerpos de agua y su incorporación a las cadenas tróficas (Ma et al., 2025; Nur et al., 2026).

Los procesos avanzados de oxidación (PAOs) han sido propuestos como una alternativa prometedora para promover la transformación química de materiales poliméricos persistentes mediante la generación de especies reactivas de oxígeno. Diversos estudios han explorado el empleo de sistemas fotocatalíticos, procesos Fenton y Fenton-like, así como tecnologías basadas en persulfato y peroximonosulfato para inducir modificaciones químicas sobre microplásticos PET (Wu et al., 2025; Liu et al., 2024). Sin embargo, la mineralización completa del polímero raramente es alcanzada bajo condiciones experimentales convencionales, predominando fenómenos de oxidación superficial, fragmentación y liberación de compuestos orgánicos oxidados al medio acuoso.

Entre los oxidantes disponibles, el percarbonato de sodio presenta ventajas asociadas a su facilidad de manipulación, almacenamiento en estado sólido y liberación progresiva de peróxido de hidrógeno y especies carbonatadas en solución acuosa. Estudios recientes han demostrado que materiales basados en cobre son capaces de activar eficientemente este oxidante mediante ciclos redox Cu(I)/Cu(II), favoreciendo la generación de especies oxidantes responsables de la degradación de contaminantes orgánicos (Liu et al., 2023; Li et al., 2023; Liu et al., 2024).

En sistemas heterogéneos, la actividad catalítica depende fuertemente de parámetros como la especiación superficial del cobre, la interacción metal-soporte y las propiedades texturales del material. Estos factores pueden modificarse significativamente mediante tratamientos térmicos, afectando la distribución de especies activas y el desempeño catalítico global (Li et al., 2024; Yu et al., 2020; Liu et al., 2025; Hattori et al., 2024). Sin embargo, la influencia de la temperatura de calcinación sobre la activación de percarbonato para el tratamiento de microplásticos PET continúa siendo escasamente estudiada.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de la temperatura de calcinación sobre las propiedades fisicoquímicas y el desempeño catalítico de materiales CuLa/Al₂O₃ empleados para la activación de percarbonato de sodio durante el tratamiento de microplásticos PET. La evolución del sistema fue analizada mediante determinaciones de carbono orgánico total (COT) y demanda química de oxígeno (DQO), complementadas con ensayos de inhibición para identificar las especies oxidantes involucradas en el proceso.

Realização



Correalizadores



Apoio Institucional



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Síntesis de catalizadores

Los catalizadores CuLa/Al₂O₃ fueron preparados mediante impregnación húmeda utilizando γ -Al₂O₃ comercial como soporte y nitratos de cobre y lantano como precursores metálicos. La incorporación de las especies activas se realizó empleando ácido cítrico como agente complejante. Los sólidos obtenidos fueron secados a 80 °C durante 24 h y posteriormente calcinados en aire a 400, 650 y 900 °C con una velocidad de calentamiento de 1 °C min⁻¹. Los materiales fueron denominados CuLa/A-400, CuLa/A-650 y CuLa/A-900 según la temperatura de calcinación.

2.2. Caracterización de materiales

Los catalizadores fueron caracterizados mediante adsorción-desorción de N₂ (BET), difracción de rayos X (XRD) y espectroscopia fotoelectrónica de rayos X (XPS). Estas técnicas permitieron evaluar las propiedades texturales, estructurales y superficiales de los materiales.

2.3. Ensayos de oxidación de microplásticos

Los experimentos se realizaron en reactores batch utilizando 100 mL de agua destilada, 100 mg de microplásticos PET, 300 mg de catalizador y percarbonato de sodio como oxidante. Se evaluó la influencia de la temperatura de calcinación del catalizador, el tamaño de partícula del PET y la concentración de oxidante sobre la transformación del polímero. Los ensayos fueron realizados a 70 °C durante 24 h bajo agitación constante.

2.4. Métodos analíticos

La evolución del proceso fue monitoreada mediante determinaciones de carbono orgánico total (COT) y demanda química de oxígeno (DQO). Adicionalmente, se realizaron experimentos con alcohol tert-butilico (TBA) e isopropanol (IPA) para investigar las especies reactivas involucradas en el proceso de oxidación.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización estructural y textural de los catalizadores

La Figura 1 presenta los difractogramas de rayos X de los catalizadores CuLa/A-400 y CuLa/A-900 seleccionados para este estudio. En ambos materiales se identificaron las

Realização



Correalizadores



Apoio Institucional



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

reflexiones características de la γ - Al_2O_3 , indicando que la estructura del soporte se conservó luego de la incorporación de las especies activas y de los tratamientos térmicos aplicados. Asimismo, se observaron señales atribuibles a especies de cobre y a fases mixtas CuAl_2O_4 y CuAlO_2 . En el catalizador calcinado a 900 °C estas contribuciones se encontraron más definidas, sugiriendo una mayor interacción entre las especies activas y la matriz de alúmina. Por otra parte, la presencia de señales asociadas a fases basadas en lantano evidencia la incorporación del promotor en ambos materiales. En conjunto, los resultados confirman que la temperatura de calcinación modifica la naturaleza y distribución de las especies cristalinas presentes en los catalizadores $\text{CuLa}/\text{Al}_2\text{O}_3$.

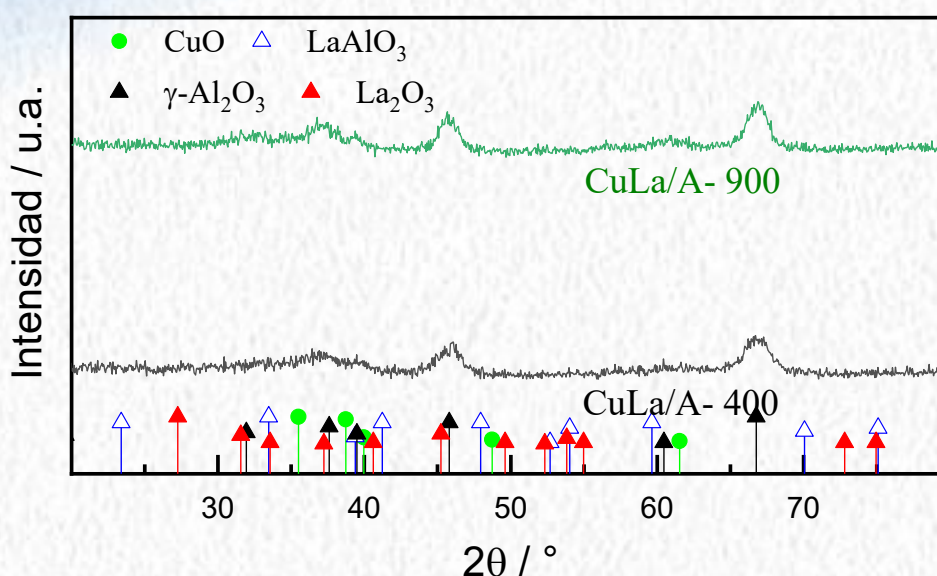


Figura 1. Difractogramas de rayos X de los catalizadores $\text{CuLa}/\text{A-400}$ y $\text{CuLa}/\text{A-900}$.

Las propiedades texturales de los catalizadores seleccionados se resumen en la Tabla 1. El incremento de la temperatura de calcinación de 400 a 900 °C produjo una disminución del área superficial específica de 138 a 83 $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$. Este comportamiento puede atribuirse a fenómenos de sinterización y crecimiento de cristalitas favorecidos por el tratamiento térmico, los cuales reducen progresivamente la porosidad accesible del material. Los resultados confirman que la temperatura de calcinación ejerce una influencia significativa sobre las propiedades texturales de los catalizadores $\text{CuLa}/\text{Al}_2\text{O}_3$.

Tabla 1 - Propiedades texturales de los catalizadores seleccionados

Catalizador	Área BET ($\text{m}^2 \text{g}^{-1}$)
$\text{Cu5.0La5.0}/\text{A-400-1}$	138

Realização



Apoio Institucional



REBOB

Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

Tabla 1 - Propiedades texturales de los catalizadores seleccionados

Catalizador	Área BET (m ² g ⁻¹)
Cu5.0La5.0/A-900-1	83

3.2. Composición superficial de los catalizadores

Las Figuras 2 y 3 presentan los espectros XPS de las regiones La 3d, Cu 2p, O 1s y Al 2p correspondientes al catalizador CuLa/A-400. Las señales observadas evidenciaron la presencia de cobre y lantano sobre la superficie del material, así como las contribuciones características asociadas al oxígeno y al aluminio de la matriz soporte. En la región Cu 2p se identificaron contribuciones atribuibles a especies Cu⁺ y Cu²⁺, indicando la coexistencia de ambos estados de oxidación sobre la superficie del catalizador.

La composición superficial determinada mediante XPS se resume en la Tabla 2. Se observó un incremento de la concentración superficial de cobre al aumentar la temperatura de calcinación, pasando de 0,57 a 0,73 % at. para CuLa/A-400 y CuLa/A-900, respectivamente. Asimismo, la relación Cu²⁺/Cu⁺ aumentó de 1,8 a 2,8, indicando una mayor proporción relativa de especies Cu²⁺ en el material tratado a 900 °C. Por el contrario, la concentración superficial de lantano disminuyó de 0,43 a 0,24 % at. al incrementar la temperatura de calcinación. Estos resultados evidencian que el tratamiento térmico modifica la composición superficial y la distribución relativa de las especies activas presentes en los catalizadores.

Tabla 2. Composición superficial y relación Cu²⁺/Cu⁺ determinada por XPS.

Catalizador	Cu (% at.)	Cu ²⁺ /Cu ⁺	La (% at.)
Cu5.0La5.0/A-400-1	0.57	1.8	0.43
Cu5.0La5.0/A-900-1	0.73	2.8	0.24

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

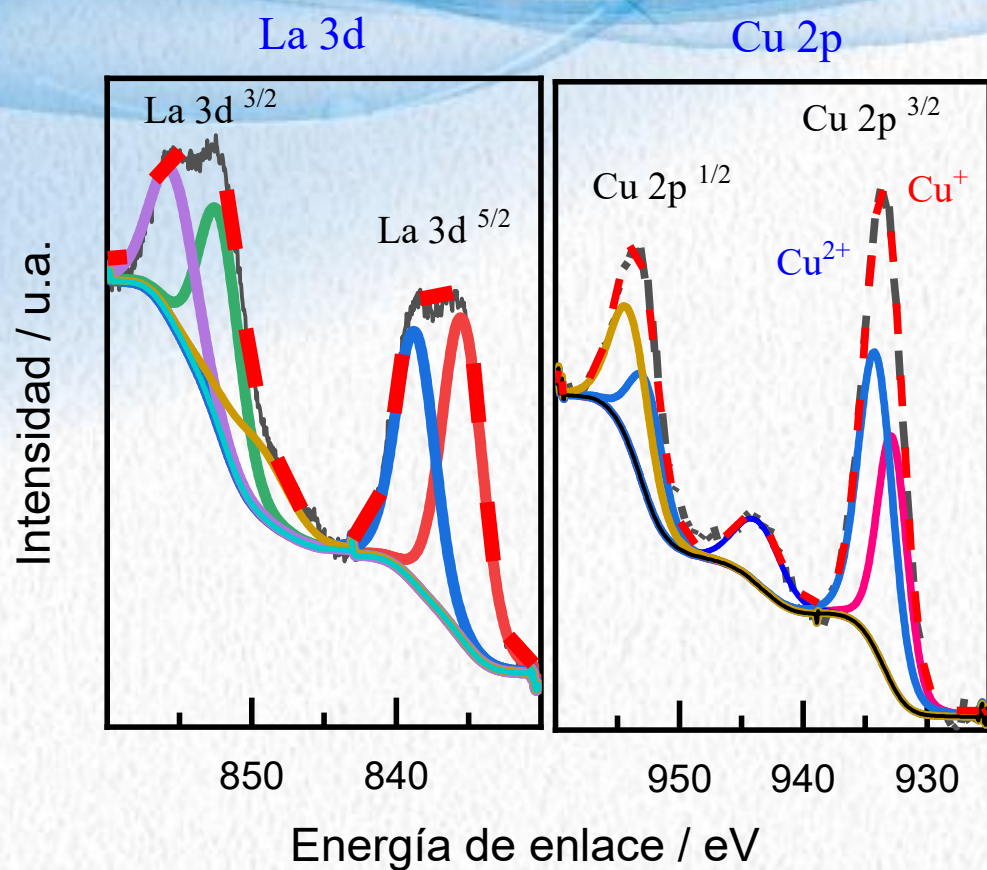


Figura 2. Espectros XPS de las regiones La 3d y Cu 2p del catalizador CuLa/A-400

Realização



Apoio Institucional



REBOB

Correalizadores



PUCRS



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

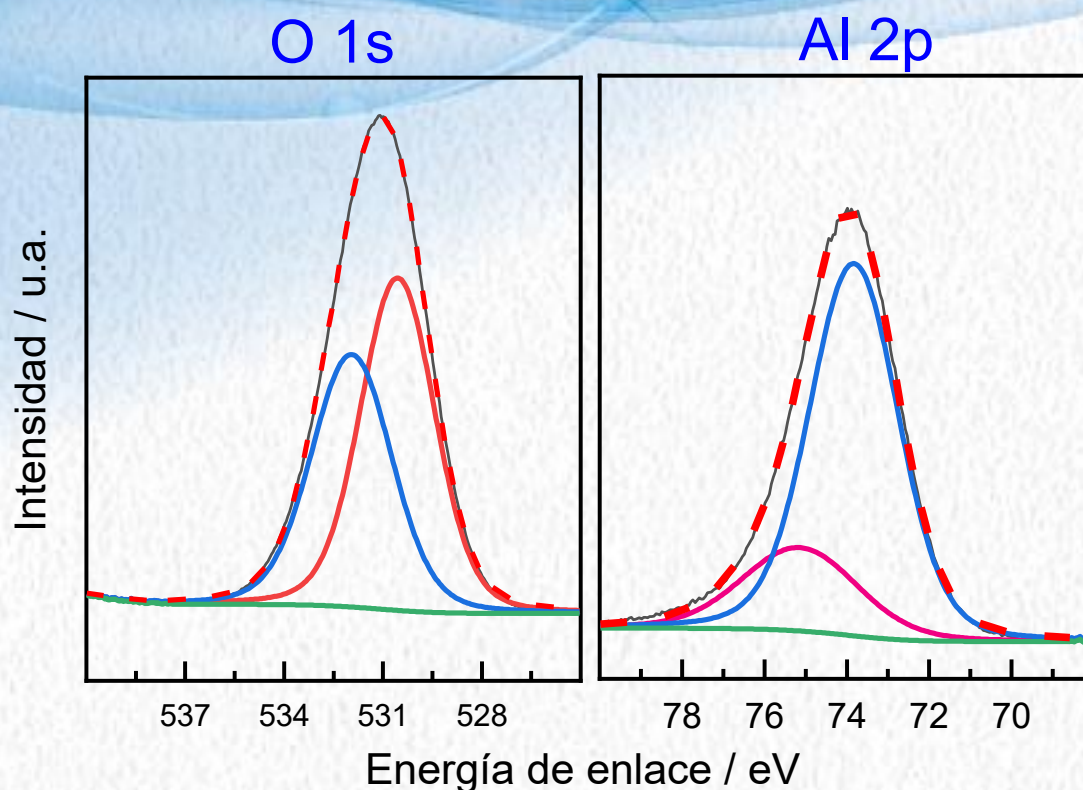


Figura 3. Espectros XPS de las regiones O 1s y Al 2p del catalizador CuLa/A-400.

3.3. Influencia del tamaño de partícula del PET sobre la transformación oxidativa

La evolución relativa de COT y DQO durante los ensayos de tratamiento se presenta en las Figuras 4 y 5. En todos los sistemas evaluados se observó un incremento progresivo de ambos parámetros con el tiempo de reacción, evidenciando la generación de compuestos orgánicos solubles como consecuencia de la transformación parcial del PET.

El tamaño de partícula del polímero ejerció una influencia significativa sobre la evolución del proceso. Las muestras de menor tamaño (100 mesh) presentaron los mayores valores de COT y DQO para los tres catalizadores evaluados, mientras que las partículas de mayor tamaño (20 mesh) exhibieron los menores niveles de liberación de carbono orgánico y compuestos oxidables. Este comportamiento puede atribuirse al aumento de la superficie específica disponible para la interacción entre el polímero y las especies oxidantes generadas durante la activación del percarbonato.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

Asimismo, se observaron diferencias asociadas a la temperatura de calcinación del catalizador. En general, CuLa/A-400 presentó los mayores valores de COT y DQO luego de 24 h de tratamiento, mientras que CuLa/A-650 y CuLa/A-900 mostraron respuestas inferiores bajo condiciones equivalentes. La similitud observada entre las tendencias de ambos parámetros indica que la liberación de carbono orgánico estuvo acompañada por la formación de especies susceptibles de oxidación química.

En conjunto, estos resultados evidencian que tanto las características del catalizador como el tamaño de partícula del PET influyen significativamente sobre la intensidad de las transformaciones oxidativas promovidas por el sistema CuLa/Al₂O₃-percarbonato.

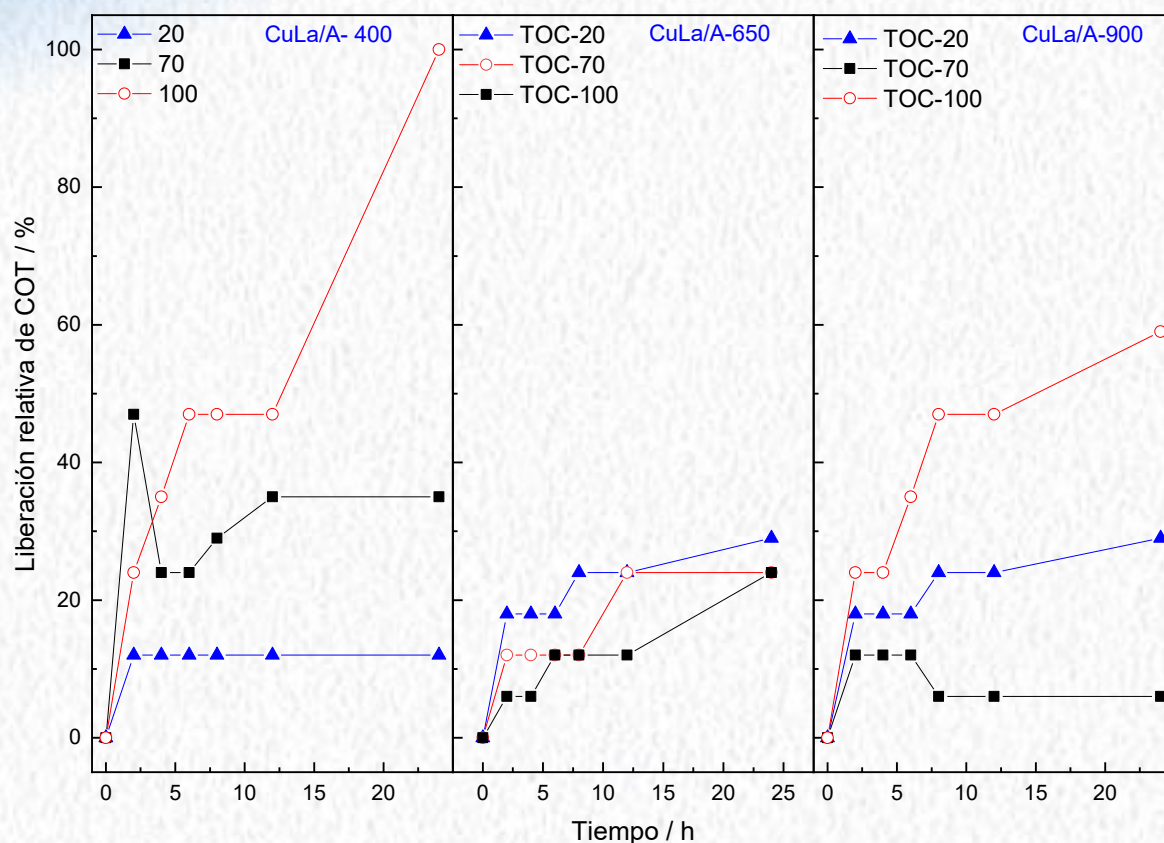


Figura 4. Evolución temporal de la liberación relativa de COT durante el tratamiento de microplásticos PET de diferentes tamaños de partícula (20, 70 y 100 mesh) mediante activación de percarbonato de sodio sobre catalizadores CuLa/Al₂O₃.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

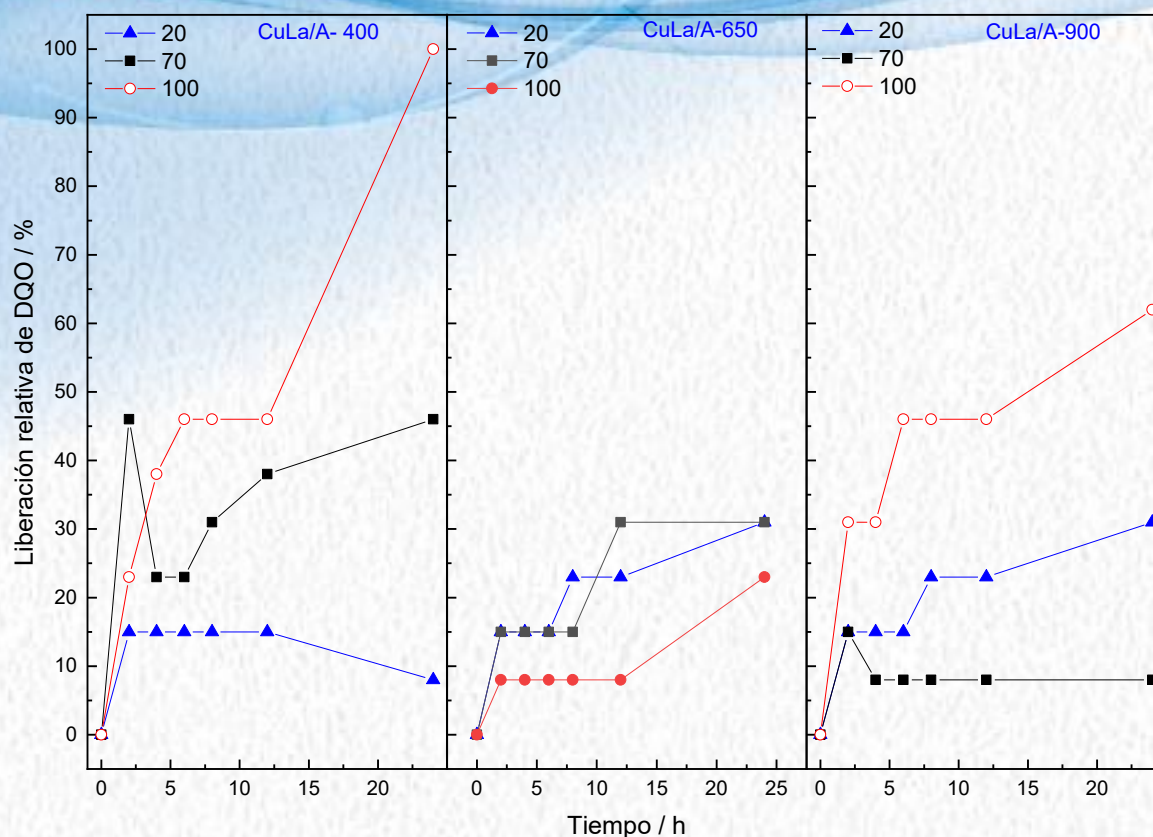


Figura 5. Evolución temporal de la liberación relativa de DQO durante el tratamiento de microplásticos PET de diferentes tamaños de partícula (20, 70 y 100 mesh) mediante activación de percarbonato de sodio sobre catalizadores CuLa/Al₂O₃.

3.4. Influencia de la concentración de percarbonato

La influencia de la cantidad de oxidante sobre la transformación del PET se evaluó utilizando 0,5 y 1,0 g de percarbonato de sodio. Los resultados obtenidos para los catalizadores CuLa/A-400 y CuLa/A-900 empleando PET de 20 mesh se presentan en la Figura 6.

Se observaron diferencias significativas en función tanto de la carga de oxidante como de la temperatura de calcinación del catalizador. En el caso de CuLa/A-400, los ensayos realizados con 0,5 g de percarbonato generaron valores relativos de COT y DQO comparables e incluso superiores a los obtenidos con 1,0 g de oxidante. Por el contrario, para CuLa/A-900

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

se observó una respuesta más gradual, alcanzándose los mayores valores de COT y DQO luego de 24 h de tratamiento cuando se utilizó 1,0 g de percarbonato.

Los resultados evidencian que la cantidad de oxidante influye significativamente sobre la evolución del proceso, aunque el incremento de la dosis de percarbonato no se tradujo necesariamente en una mayor formación de compuestos orgánicos solubles. En conjunto, estos resultados confirman que tanto la temperatura de calcinación como la concentración de oxidante constituyen variables relevantes para controlar la transformación oxidativa de los microplásticos PET y la generación de productos solubles en solución.

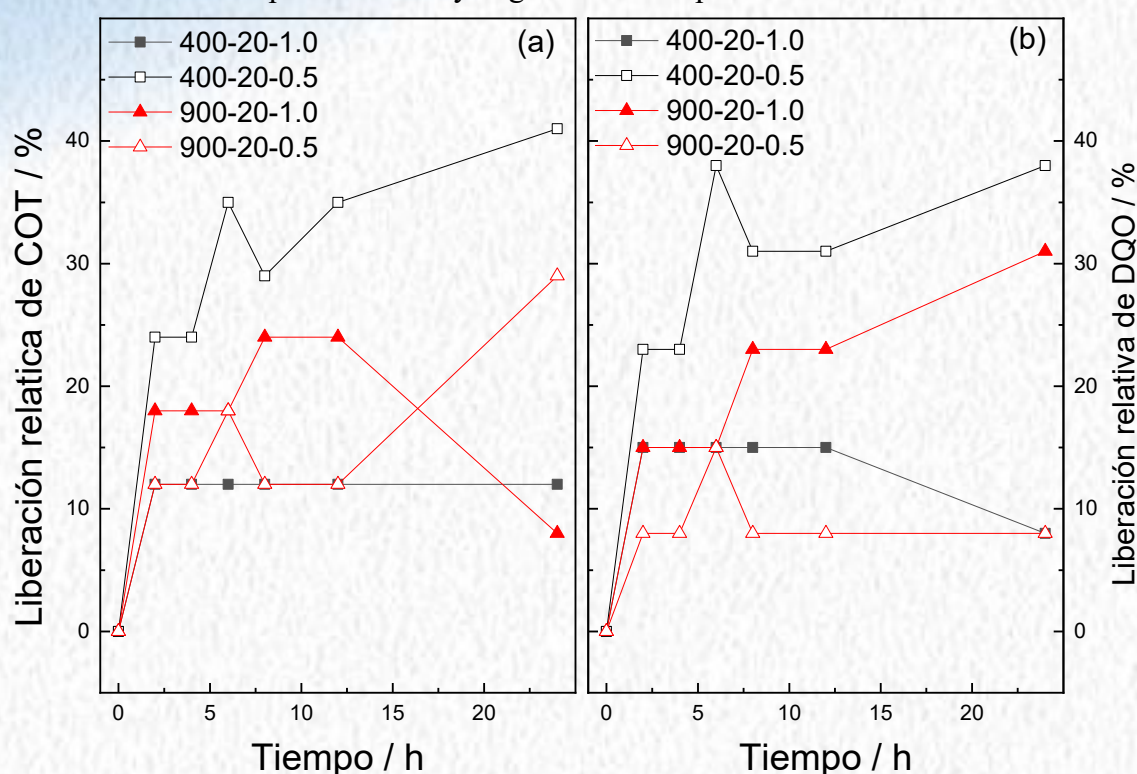


Figura 6. Efecto de la carga de percarbonato de sodio (0,5 y 1,0 g) sobre la liberación relativa de (a) COT y (b) DQO durante el tratamiento de microplásticos PET (20 mesh) utilizando los catalizadores CuLa/A-400 y CuLa/A-900. Los valores relativos fueron normalizados respecto a los máximos valores experimentales de COT y DQO obtenidos en el conjunto de ensayos.

3.5. Identificación de especies reactivas y mecanismo de oxidación

Con el fin de obtener información preliminar sobre las especies oxidantes involucradas en la transformación del PET, se realizaron ensayos en presencia de alcohol tert-

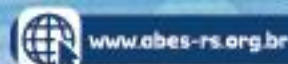
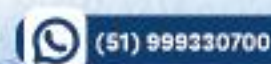
Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



butílico (TBA) e isopropanol (IPA) como agentes secuestrantes. La incorporación de TBA produjo una inhibición prácticamente completa de la liberación de COT y DQO durante gran parte del tratamiento, mientras que la presencia de IPA generó únicamente una disminución parcial de ambos parámetros.

Estos resultados sugieren una participación predominante de radicales hidroxilo ($\bullet\text{OH}$) durante la activación del percarbonato sobre los catalizadores $\text{CuLa}/\text{Al}_2\text{O}_3$. Sin embargo, el efecto observado en presencia de IPA indica que otras especies oxidantes derivadas del sistema podrían contribuir simultáneamente a la transformación del polímero. En conjunto, los resultados obtenidos evidencian que la degradación del PET ocurre mediante mecanismos radicalarios promovidos por la activación catalítica del percarbonato de sodio.

4. CONCLUSIONES

Los catalizadores $\text{CuLa}/\text{Al}_2\text{O}_3$ permitieron activar percarbonato de sodio y promover la transformación oxidativa de microplásticos PET en medio acuoso. La temperatura de calcinación modificó significativamente las propiedades estructurales y superficiales de los materiales, observándose el comportamiento más favorable para el catalizador $\text{CuLa}/\text{A-400}$. La evolución de COT y DQO evidenció una marcada influencia tanto del tamaño de partícula del PET como de la concentración de percarbonato sobre la formación de compuestos orgánicos solubles. Finalmente, los ensayos con agentes secuestrantes sugirieron una participación predominante de radicales hidroxilo durante el proceso oxidativo.

5. REFERENCIAS

- MA, Y., JIN, K., YIN, X., ZHAO, X., LIU, Z., DOU, Y., AO, T., LI, Y., DUAN, X. "Advanced oxidation in the treatment of microplastics in water: A review", **Desalination Water Treatment**, v. 322, p. 101135, 2025. DOI: 10.1016/j.dwt.2025.101135.
- NUR, M., SUMARIYAH, S., NIZAM, M.W.K., LAU, H.L.H., SOFIAN, R.R., ZAYANAH, N.F., et al. "Advanced Oxidation Techniques and Hybrid Approaches for Microplastic Degradation: A Comprehensive Review", **Catalysts**, v. 16, p. 71, 2026. DOI: 10.3390/catal16010071.
- WU, M., WANG, R., MIAO, L., SUN, P., ZHOU, B., XIONG, Y., DONG, X. "Synergistically piezocatalytic and Fenton-like activation of H_2O_2 by a ferroelectric $\text{Bi}_{12}(\text{Bi}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})\text{O}_{19.5}$ catalyst to boost degradation of polyethylene terephthalate microplastic (PET-MPs)", **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 682, p. 738–750, 2025. DOI: 10.1016/j.jcis.2024.12.002.

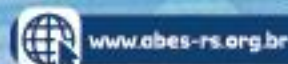
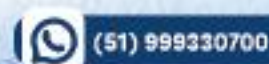
Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



LIU, Y., XIA, Y., XIONG, Y., ZHANG, S., YU, J., WU, H., TANG, X., DENG, Y., LIN, Z., WANG, J. "Activation of sodium percarbonate by micro amounts of copper for highly efficient degradation of acid orange 7", **Separation and Purification Technology**, v. 322, p. 124256, 2023. DOI: 10.1016/j.seppur.2023.124256.

LI, Y., DONG, H., XIAO, J., LI, L., DONG, J., HUANG, D., DENG, J. "Ascorbic Acid-Enhanced CuO/Percarbonate Oxidation: Insights Into the pH-Dependent Mechanism", **ACS ES&T Engineering**, v. 3, n. 5, p. 798–810, 2023. DOI: 10.1021/acsestengg.2c00410.

LIU, S., LIU, S., CHEN, H., XING, Y., WANG, W., WANG, L., LIANG, Y., FU, J., ZHANG, C. "Catalytic activation of percarbonate with synthesized carrollite for efficient decomposition of bisphenol S: Performance, degradation mechanism and toxicity assessment", **Journal of Hazardous Materials**, v. 462, p. 132719, 2024. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2023.132719.

LIU, J., WAN, Y., WANG, H., ZHANG, Y., XU, M., SONG, X., ZHOU, W., ZHANG, J., MA, W., HUO, P. "Enhanced activation of peroxymonosulfate by ZIF-67/g-C₃N₄ S-scheme photocatalyst under visible light assistance for degradation of polyethylene terephthalate", **Environmental Pollution**, v. 360, p. 124682, 2024. DOI: 10.1016/j.envpol.2024.124682.

LI, H., YANG, J., FANG, Y., DUAN, X., YANG, C., LIU, S., LIU, W., LIU, Q., REN, S. "Role of surface species in CO oxidation over CuO@LaMnO₃ nanocomposites: Effect of calcination temperature", **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 12, p. 111981, 2024. DOI: 10.1016/j.jece.2024.111981.

YU, Y., ZHANG, J., CHEN, C., HE, C., MIAO, J., LI, H., CHEN, J. "Effects of calcination temperature on physicochemical property and activity of CuSO₄/TiO₂ ammonia-selective catalytic reduction catalysts", **Journal of Environmental Sciences**, v. 91, p. 237–245, 2020. DOI: 10.1016/j.jes.2020.01.010.

LIU, Q., SUN, K., LU, K., XIE, X., ZHANG, L., KIM, Y.D., LIU, Z., PENG, Z. "Regulating the Cu⁺ distribution by the controllable metal-support interaction via thermal treatment for boosting reverse water-gas shift reaction", **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 688, p. 517–525, 2025. DOI: 10.1016/j.jcis.2025.02.154.

HATTORI, M., HATTORI, T., OZAWA, M. "The chemical state and Cu⁺ stability for three-way catalytic performance of Cu-added Al₂O₃ catalysts", **Applied Catalysis A: General**, v. 670, p. 119515, 2024. DOI: 10.1016/j.apcata.2023.119515.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br



13º Simpósio
Internacional de
Qualidade Ambiental

Tecnologias Ambientais e Inovação

23, 24 e 25 de setembro de 2026

Realização



Correalizadores



Apoio Institucional



REBOB
Rede Brasileira
de Órgãos de
Regulação Ambiental



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br