

# Impresión 3D de nanopartículas de ZnO obtenidas por síntesis verde y su aplicación en la fotocatalisis de azul de metileno

Víctor Barroso-López<sup>1</sup>, Perla Méndez-Herrera<sup>1\*</sup>, Juan López-López<sup>1</sup> y José Bonilla-Cruz<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio 11 de física y química, Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa, México

<sup>2</sup> 3DLAB, Química de materiales, polímeros y surfactantes, Centro de Investigación de Materiales Avanzados, Apodaca, Nuevo León, México

\* Autor de correspondencia: [pmendez@uas.edu.mx](mailto:pmendez@uas.edu.mx), Tel.: +52 6673604066; [jose.bonilla@cimav.edu.mx](mailto:jose.bonilla@cimav.edu.mx), Tel.: +52 8110807301

**Contaminación de agua, suelo y aire** (Procesos fisicoquímicos). **Ponencia Virtual.**

Recibido: 21 de agosto de 2023 Aceptado: 19 de septiembre de 2023 Publicado: 23 de noviembre de 2023

**Palabras clave:** Impresión 3D, Escritura directa de tinta, POA (Proceso de oxidación avanzada)

**Introducción.** La presencia de contaminantes en los medios acuíferos ha sido una problemática considerable en las últimas décadas, partiendo de dicho punto, la residencia de colorantes en los diversos cuerpos de agua puede tener un alto impacto tanto en el ecosistema acuático como en la salud humana. Por tales motivos el encontrar técnicas eficaces para la remoción de este tipo de contaminantes es de gran importancia. El objetivo principal del proyecto es la obtención de estructuras impresas 3D de ZnO las cuales puedan utilizarse activamente en la fotodegradación de colorantes mediante el uso de un proceso de oxidación avanzada.

**Materiales y Métodos.** Para la obtención del material en fase precursora se utilizó el método de precipitación, se partió del extracto acuoso de *Tagetes Erecta* y 0.5 M de acetato de zinc como precursor (López-López *et al.*, 2022). Una vez obtenido la fase precursora se procedió a la impresión del monolito, para lo cual se utilizó la impresión directa de tinta (Son *et al.*, 2018). En esta etapa se preparó una pasta de impresión la cual fue formulada con agua desionizada, etilenglicol, óxido de silicio y la fase precursora, finalmente una vez obtenida la estructura 3D se somete a un tratamiento térmico para activar el catalizador.

**Resultados.** Se obtuvieron estructuras cúbicas de nanopartículas de ZnO, las cuales presentaron una buena actividad fotocatalítica aunado a una buena estabilidad lo cual propicia una buena recuperación, cabe destacar que posteriormente al tratamiento térmico de pudo notar una reducción de aproximadamente el 30% en tamaño debido a la volatilización de los grupos orgánicos presentes, agua y etilenglicol.

El tiempo de degradación se vio afectado principalmente por la reducción del área superficial efectiva al compactar el material en un cubo en contraste con el material en polvo.

En la figura 1 se observa el monolito 3D así como la decoloración de la muestra. En la figura 2 (a) se observa el comportamiento de la degradación de azul cuando el monolito recibió tratamiento térmico a diferente temperatura y en la figura 2 (b) la influencia de la carga del catalizador (g/L) para monolitos obtenidos a 400 °C.

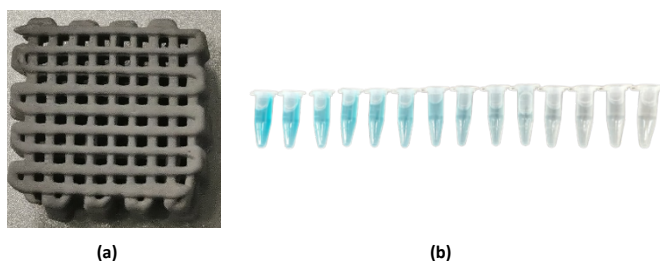


Figura 1. a) Monolito 3D de ZnO obtenido tras tratamiento térmico a 400 °C, b) Cambio de color del azul de metileno 10 mg/L (pH 6.86) a diferentes tiempos de muestreo.

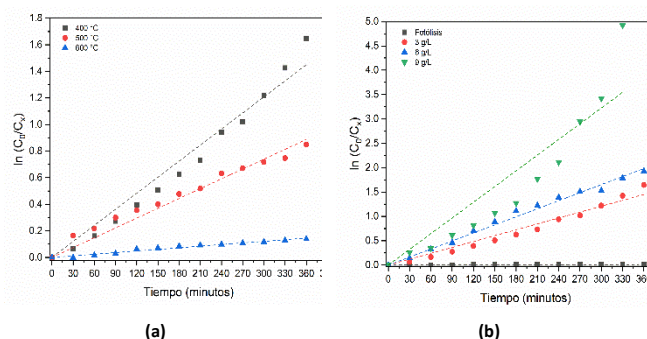


Figura 2. Degradación de azul de metileno 10 mg/L a pH 6.86: (a) Monolitos obtenidos a 400 °C, 500 °C y 600 °C, (b) diferente carga de catalizador 3, 6 y 9 g/L para monolitos obtenidos a 400 °C.

En la tabla 1 se muestran las constantes cinéticas obtenidas para cada experimento.

Tabla 1. Constantes cinéticas y porcentajes de fotodegradación

Sistema	K (min <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	% Degradación	Minutos
Fotólisis	3.18964E-5 ± 7.95322E-7	0.99259	1.086715458	360
Catalizador 3 g/L, Tratamiento térmico 500 °C	0.00403 ± 1.25509E-4	0.98847	82.50990317	360
Catalizador 3 g/L, Tratamiento térmico 400 °C	0.00247 ± 6.78574E-5	0.99099	57.74028288	360
Catalizador 3 g/L, Tratamiento térmico 600 °C	4.05086E-4 ± 1.14631E-5	0.99048	16.44452138	360
<b>Diferente carga de catalizador con tratamiento térmico de 400 °C</b>				
Catalizador 3 g/L	0.00403 ± 1.25509E-4	0.98847	82.50990317	360
Catalizador 6 g/L	0.00551 ± 8.46811E-5	0.99717	86.53558836	360
Catalizador 9 g/L	0.01075 ± 8.4426E-4	0.93645	100	360

**Conclusiones.** La estructura obtenida mantiene sus propiedades relacionadas con la actividad fotocatalítica a pesar de reducir su dispersión en la solución cargada con colorante, adicionalmente la adición de etilenglicol es totalmente necesaria para permitir una buena impresión debido a que prolonga la residencia del líquido en la pasta. Incrementar la temperatura como tratamiento para eliminar el aditivo (etilenglicol) formar la fase catalítica de ZnO no favorece la actividad fotocatalítica del material, posiblemente puede atribuirse al incremento del tamaño de partículas de ZnO, mientras que aumentar la carga de catalizador (g/L) incrementa la constante cinética y porcentaje de degradación, como trabajo futuro se plantea utilizar estos monolitos en un reactor de lecho empacado y estudiar el efecto de modificar el pH del efluente.

## Bibliografía.

- López-López, J., Tejeda-Ochoa, A., López-Beltrán, A., Herrera-Ramírez, J., & Méndez-Herrera, P. (2022). Sunlight Photocatalytic Performance of ZnO Nanoparticles Synthesized by Green Chemistry Using Different Botanical Extracts and Zinc Acetate as a Precursor. *Molecules*, 27(1). <https://doi.org/10.3390/molecules27010006>
- Son, S., Jung, P.-H., Park, J., Chae, D., Huh, D., Byun, M., Ju, S., & Lee, H. (2018). Customizable 3D-printed architecture with ZnO-based hierarchical structures for enhanced photocatalytic performance. *Nanoscale*, 10(46), 21696–21702. <https://doi.org/10.1039/C8NR06788K>