



Grupo de Investigación



POLITÉCNICO COLOMBIANO  
JAIME ISAZA CADAVID



BOLETÍN CAMER, AGOSTO DE 2024

# VALORIZACIÓN DE PILAS ALCALINAS

AUTORES

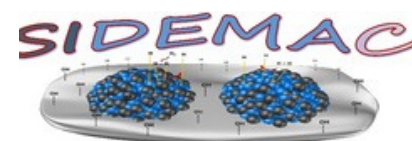
MADÉLAIN LINERO DÍAZ  
ALBA N. ARDILA A. 1\*

\*Email contacto:  
[anardila@elpoli.edu.co](mailto:anardila@elpoli.edu.co)



Semillero de Investigación en Valorización de Residuos

Semilleros de Investigación en  
Valorización de Residuos  
(SIVARE)

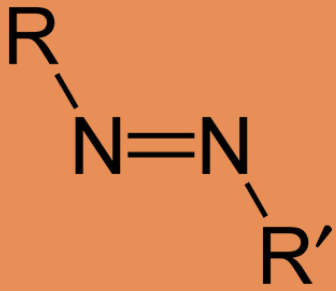


Semillero de Investigación  
en Desarrollo de Materiales  
Catalíticos (SIDEMAC)

# CONTENIDO

Problemática ambiental por colorantes azoicos -----	pag 01
Métodos convencionales para la degradación de colorantes -----	pag 02
Métodos no convencionales para la degradación de colorantes -----	pag 03
Óxido de zinc, alternativa prometedora -----	pag 04
Obtención de óxido de zinc, ventajas y desventajas -----	pag 04
Pilas alcalinas -----	pag 05
¿Qué estrategias hemos implementado en CAMER para la valorización de residuos de pilas alcalinas? -----	pag 06
Conclusión -----	pag 06
Agradecimientos -----	pag 07
Referencias -----	pag 07

## INTRODUCCIÓN A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL POR COLORANTES AZOICOS



Colorantes empleados en la tintura de tejidos tanto naturales como sintéticos de la industria textil. Los colorantes azoicos contienen uno o más grupos azo ( $R - N=N - R'$ ), se utilizan ampliamente por su capacidad para ofrecer una extensa gama de colores.



En la industria textil, la fabricación de una tonelada de productos requiere aproximadamente 200 toneladas de agua, se estima que se utilizan 5 billones de litros de agua solo en este proceso, y como resultado se vierten grandes cantidades de agua residual.

Estos colorantes poseen una estructura química que les confiere cierta estabilidad en el agua, por esto son difíciles de degradar con técnicas o métodos comúnmente utilizados.

Estas aguas residuales se caracterizan por altas concentraciones de:

- Carbono orgánico.
- Demanda bioquímica de oxígeno.
- Demanda química de oxígeno.
- color.

Esta problemática impacta negativamente en la **flora, fauna** y **conlleva a la aparición de riesgos para la salud**, incluyendo potenciales **efectos carcinogénicos, mutagénicos y teratogénicos**



## MÉTODOS CONVENCIONALES PARA DEGRADAR COLORANTES

Los métodos tradicionales para la degradación de colorantes comprenden procesos de oxidación tanto biológica como química.

- Los métodos biológicos emplean microorganismos para descomponer.
- Los procesos de oxidación química utilizan agentes oxidantes como el peróxido de hidrógeno o el ozono para degradarlos.



**Biodegradación  
aneróbica**



**Oxidación por  
hipoclorito de sodio**



**Ozonización**



**Adsorción**



**Procesos  
oxidativos**



**Tratamiento con  
ozono**



**Procesos  
fotoquímicos**



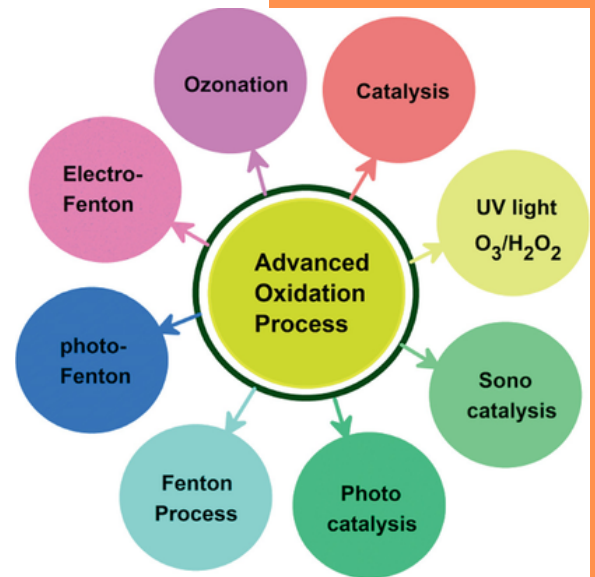
**Tratamiento con  
cloro**

Estos métodos son eficaces y rápidos, algunos rentables y fáciles de usar, también con capacidad de adsorción alta de contaminantes orgánicos. Pero también se caracterizan por su alto consumo, alto consumo de energía y por generación de productos tóxicos o no deseados.

# MÉTODOS NO CONVENCIONALES PARA DEGRADAR COLORANTES

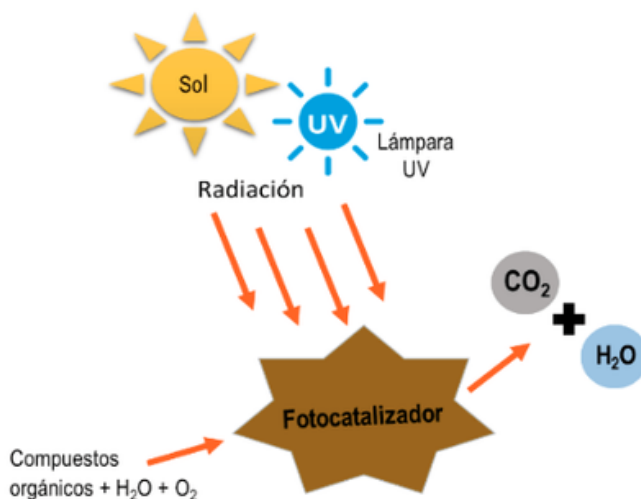
## PROCESOS DE OXIDACIÓN AVANZADA

Los métodos no convencionales de degradación abarcan procesos de oxidación avanzada que se caracterizan por la generación de especies altamente reactivas como los radicales hidroxilo. Estos son altamente efectivos para la oxidación de contaminantes orgánicos como los colorantes.



Como alternativa a los métodos convencionales, se ha propuesto la **degradación fotocatalítica** como una técnica efectiva para descomponer colorantes en moléculas más pequeñas como CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O mediante la activación de un catalizador con luz, tanto UV o solar.

Uno de los fotocatalizadores estudiados es el TiO<sub>2</sub>, en este la luz UV induce la generación de electrones que rompen los enlaces químicos. Sin embargo, extracción de TiO<sub>2</sub> a partir del titanio implica una purificación con HCl y magnesio, lo cual es perjudicial para el ambiente y costoso.



# ÓXIDO DE ZINC, ALTERNATIVA PROMETEDORA

En este contexto, el óxido de zinc emerge como una alternativa prometedora debido a sus propiedades semiconductoras con alta actividad fotocatalítica

Método	Ventajas	Desventajas
Proceso directo	Bajo costo, simplicidad, alta pureza, control de la morfología y las partículas	Control de calidad limitado, alto consumo energético, limitaciones en la estructura
Proceso indirecto	Alta pureza, mejor control del producto, calidad consistente del material obtenido	Alto costo, proceso complejo, consumo energético, precursores tóxicos y corrosivos.
Deposición química de vapores	Alta pureza y calidad, versatilidad, propiedades mejoradas	Alto costo, control estricto, complejidad del proceso

Apartir de lo anterior se puede evidenciar que los procesos de obtención de óxido de zinc, aunque efectivos, presentan desventajas significativas, como la contaminación ambiental, la complejidad técnica, los altos costos y la variabilidad en la calidad del producto final.



En respuesta a estos desafíos, se propone una alternativa basada en la **recuperación de óxido de zinc a partir de pilas alcalinas desechadas**.

Esta técnica ofrece beneficios ambientales y económicos, incluyendo:

- La conservación de un recurso no renovable.
- La reducción de desechos.
- La mitigación del impacto ambiental asociado a la extracción del zinc.

# PILAS ALCALINAS

## Composición

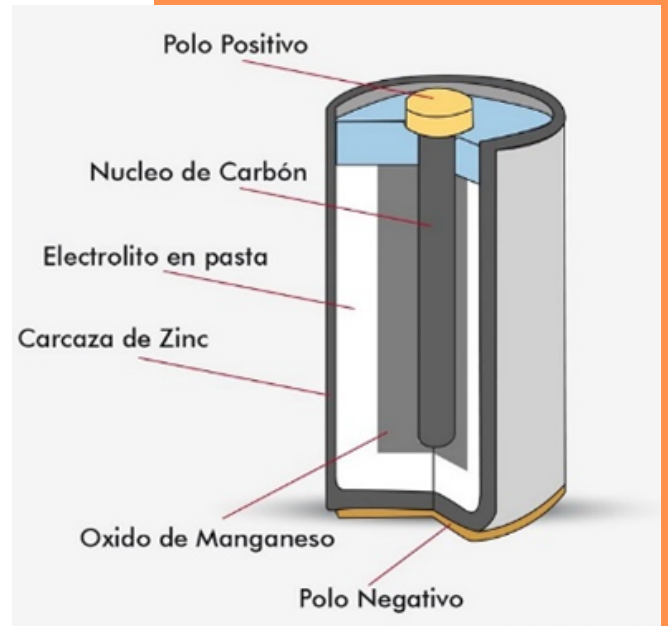
**Ánodo:** Zinc.

**Cátodo:** dióxido de manganeso

**Electrolito:** Hidroxido de potasio.

Pueden contener impurezas menores como mercurio, plomo, cadmio, hierro, cobre, cromo entre otros

El ánodo compuesto de polvo de zinc, proporciona mayor área superficial, esto beneficia la velocidad de reacción y por tanto, el flujo de electrones. Por su parte, el KOH como electrolito proporciona el medio básico para la reacción y evita la polarización de la pila.



Actualmente un consumidor promedio utiliza entre 30-50 pilas desechables al año. A nivel mundial se desechan más de 15.000 millones. En Colombia, cerca de 200 millones de pilas se comercializan anualmente pero unas 134 millones (67%) no se reciclan.

El uso desmedido y la incorrecta disposición de pilas alcalinas conlleva a algunos impactos como los que se presentan a continuación:

### **Impacto ambiental:**



Contaminación del suelo, fuentes hídricas y bioacumulación en la flora y fauna, su ingesta puede causar daños graves e incluso la muerte.



**Impacto social:** problemas neurológicos, renales entre otros por exposición a metales pesados.



Costos adicionales por limpieza y remediación de áreas contaminadas. Los vertederos implican riesgos por contaminación de suelo y agua.

# ¿QUÉ ESTRATEGIAS HEMOS IMPLEMENTADO EN CAMER PARA LA VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE PILAS

En el grupo de Investigación en Catálisis Ambiental y Energías Renovables, a través de sus semilleros de investigación, nos encontramos desarrollando un proyecto centrado en la valorización del óxido de zinc recuperado de pilas alcalinas desechadas. El objetivo principal es utilizar este óxido de zinc como fotocatalizador para degradar colorantes azoicos presentes en las aguas residuales textiles. Para esto se está evaluando la actividad fotocatalítica para los óxidos de zinc y se está dilucidando el rol de la temperatura de calcinación en su síntesis para degradar diferentes tipos de colorantes.



## CONCLUSIÓN



La síntesis de ZnO a partir de residuos de pilas alcalinas se presenta como una estrategia fundamental para abordar la problemática de los desechos electrónicos. Las pilas alcalinas son una fuente significativa de contaminación debido a la presencia de metales pesados como el zinc, que pueden causar daños ambientales y para la salud humana si no se gestionan adecuadamente. Al recuperar el óxido de zinc de estos residuos y utilizarlo como fotocatalizador para la degradación de colorantes de la industria textil, se reduce la cantidad de desechos que terminan en vertederos o en el medio ambiente, mitigando así el impacto negativo en los ecosistemas y en la salud pública.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid por la financiación del proyecto de investigación “Síntesis de ZnO a partir de residuos de pilas alcalinas para la degradación de colorantes de la industria textil.

## REFERENCIAS

- [1] M. A. Moghazy, “Effect of stirring time on ZnO nanoparticles properties and morphology,” IOP Conf Ser Mater Sci Eng, vol. 1046, no. 1, p. 012012, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1046/1/012012.
- [2] S. Mohan, M. Vellakkat, A. Aravind, and U. Reka, “Hydrothermal synthesis and characterization of Zinc Oxide nanoparticles of various shapes under different reaction conditions,” Nano Express, vol. 1, no. 3, 2020, doi: 10.1088/2632-959X/abc813.
- [3] L. Alcaraz et al., “New photocatalytic materials obtained from the recycling of alkaline and Zn/C spent batteries,” Journal of Materials Research and Technology, vol. 8, no. 3, pp. 2809–2818, 2019, doi: 10.1016/j.jmrt.2019.04.020.
- [4] G. Arroyo-Ortega et al., “Photocatalytical degradation of methyl orange (MO) using ZnO nanoparticles from alkaline wasted batteries. The effect of the MO, catalyst, and organic loads,” Dig J Nanomater Biostruct, vol. 17, no. 4, pp. 1241–1248, 2022, doi: 10.15251/DJNB.2022.174.1241.
- [5] C. J. Bahena Martínez, N. Torres Gómez, D. I. García Gutiérrez, and A. R. Vilchis Néstor, “Síntesis hidrotermal de nanomateriales,” in Materiales Avanzados y Nanomateriales: Aprovechamiento de fuentes naturales y sus beneficios al medio ambiente, OmniaScience, 2022, pp. 239–280. doi: 10.3926/oms.409.09.