

ESTUDIO DEL POTENCIAL ANTIMICROBIANO DE SÓLIDOS BASADOS DE ZINC RECUPERADOS DE PILAS AGOTADAS

López, Guillermo P.¹; Gallegos, María V.²; Bellotti, Natalia¹; Peluso, Miguel A.³; Sambeth, Jorge²

1 Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnologías de Pinturas (CIDEPINT), CIC-CONICET- Facultad de Ingeniería-UNLP, Buenos Aires, Argentina.

2 Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias Aplicadas “Dr. Jorge J. Ronco” (CINDECA), Facultades de Cs. Ex. UNLP-CONICET, Buenos Aires, Argentina.

3 Laboratorio UPL (CICPBA-UNLP), Buenos Aires, Argentina

g.lopez@cidepint.ing.unlp.edu.ar

PALABRAS CLAVE: pilas alcalinas, zinc, economía circular, actividad antimicrobiana.

STUDY OF THE ANTIMICROBIAL POTENCIAL OF ZINC-BASED SOLIDS RECOVERED FROM EXHAUSTED BATTERIES

KEYWORDS: alkaline batteries, zinc, circular economy, antimicrobial activity.

Dado el gran consumo de pilas (6000 ton en Argentina en el año 2019) y el problema ambiental que su eliminación final representa, la recuperación de Zn y Mn de las pilas agotadas tiene un interesante potencial social-económico-ambiental. El ZnO es un semiconductor que posee una banda de energía prohibida de 3,37 eV y una alta energía de enlace excitónica de 60 meV. Debido a estas propiedades, es un material con importantes aplicaciones tecnológicas [1]. Entre las diversas aplicaciones el ZnO tiene actividad antifúngica, antibacteriana y de inactivante viral, considerado no tóxico para las células humanas [2]. En este contexto la recuperación del Zn y la fabricación de nuevos materiales con una posible aplicación como aditivo antimicrobiano en pinturas otorga una importante valorización a los residuos en lo que se denomina “Economía Circular”. Con lo descripto, este trabajo plantea la recuperación de Zinc de pilas alcalinas agotadas modificando las condiciones de obtención y evaluando las potencialidades antimicrobianas. Se recolectaron pilas y se separaron los ánodos de los cátodos. La pasta anódica, se lavó, se secó a 120°C y se disolvió utilizando ácido sulfúrico biogenerado. Una vez en solución los iones Zn⁺² (como sulfato), se le agregó una solución de Na₂CO₃ de acuerdo con la técnica de Gallegos et al., 2018[3]. El precipitado obtenido fue secado en estufa a 100°C durante 24 h. Finalizada esta etapa, se separó en dos fracciones: una de ellas fue dopada con exceso de H₂SO₄ biogenerado por impregnación húmeda con posterior calcinación a 500°C durante 2h (rotulada como SC-Zn(S). La fracción en la que se mantuvieron las condiciones iniciales fue denominada SC-Zn. Las muestras fueron caracterizadas mediante Difracción de Rayos X (DRX), los difractogramas fueron analizados mediante un software. Por último, la evaluación de la actividad antimicrobiana frente a los sólidos (SC-Zn(S) y SC-Zn) se realizó mediante una variante de la técnica de difusión en agar (Kirby-Bauer) conocida “agar-well difusión method” [2]. A partir de esta se evaluó la sensibilidad de las cepas frente a las muestras en estudio. Las cepas utilizadas en el ensayo fueron *Aspergillus fumigatus* (KU936230), *Chaetomium globosum* (KU936228), *Penicillium commune* (KU936231) y *Escherichia coli* (ATCC 11229) que forman parte del cepario del área de recubrimientos antimicrobianos del CIDEPINT. Los difractogramas mostraron que la fase predominante en ambos sólidos es el ZnO. En el

caso de SC-Zn(S) se observaron picos de baja intensidad correspondientes a ZnSO₄ debido a la descomposición de los grupos sulfatos a temperaturas mayores a los 500°C. Para el caso SC-Zn se detectaron las fases ZnCO₃ y ZnSO₄[4]. Con las 4 cepas los sólidos SC-Zn(S) y SC-Zn exhibieron halos de inhibición, en comparación a los controles, marcando actividad antimicrobiana positiva, destacándose los halos con la muestra SC-Zn. La tabla 1 muestra los diámetros promedios y la desviación estándar de todos los casos analizados a 48 h para los hongos (*A. fumigatus*, *C. globosum* y *P. commune*) y 24 h para la bacteria (*E. coli*), además, se muestran registros fotográficos en la Figura 1. A los 7 días de incubación se volvió a evaluar el grado de crecimiento para el caso de los hongos, observando que SC-Zn(S) mostró una pérdida de actividad reflejada en la inhibición parcial en todos los casos. En cambio SC-Zn en contacto con *P. commune* y *A. fumigatus* logró mantener una inhibición total en el tiempo. Esto podría atribuirse a la presencia de sales de Zn presentes en SC-Zn, que darían lugar a una mayor disponibilidad de iones Zn⁺²[2].

Tabla 1. Ensayo de difusión: halos de inhibición (mm)

Hongo	<i>P. commune</i>	<i>A. fumigatus</i>	<i>C. globosum</i>	<i>E. coli</i>
Control	<7	<7	<7	=7
SC-Zn(S)	19,6 ± 1,4	18,1 ± 1,4	17,6 ± 0,8	21,1 ± 0,8
SC-Zn	30,2 ± 1,0	21,9 ± 1,6	26,6 ± 1,2	25,6 ± 0,6

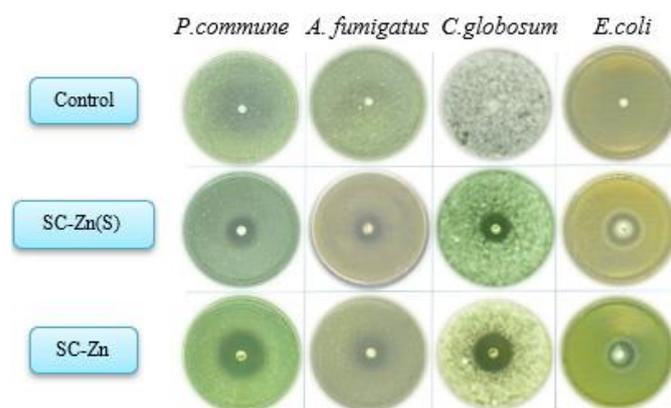


Figura 1. Ensayo de difusión

Se estudiaron dos muestras de Zn obtenidas a partir del reciclado de pilas como potenciales agentes antimicrobianos, con la finalidad de analizar el efecto con el dopaje en las propiedades biocidas. Los resultados señalan que SC-Zn, tuvo un mayor grado de bioactividad en el tiempo para el caso estudiado frente a *P. commune* y *A. fumigatus*. Estos resultados resultan interesantes desde el punto de vista ambiental y de la salud, debido al uso de un residuo para preparar nuevos materiales que podrían utilizarse como antimicrobianos, cerrando el ciclo de vida de las pilas en desuso.

REFERENCIAS

[1] Pivin JC, Socol G, Mihalescu I, Berthet P, Singh F, Patel MK, *et al.* *Structure and magnetic properties of ZnO films doped with Co, Ni or Mn synthesized by pulse laser deposition under low and high oxygen partial*

pressures. Thin Solid films 2008; 517:916–22.

[2] Lopez G.P., Gallegos M.V., Peluso M.A., Damonte L.C., Sambeth J.E., Bellotti N., 2022. *ZnO recovered from spent alkaline batteries as antimicrobial additive for waterborne paints.*, Emergent Materials Springer Nature.

[3] Gallegos M.V., Aparicio F., Peluso M.A., Damonte L.C., Sambeth J.E., 2018. *Structural, optical and photocatalytic properties of zinc oxides obtained from spent alkaline batteries*, Materials Research Bulletin 103,158-165.

[4] Sharma, V., Basak, S., Rishabh, K. et al. Synthesis of zinc carbonate nanoneedles, a potential flame retardant for cotton textiles. Cellulose 25, 6191-6205 (2018).