

Artículo original

CARACTERIZACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC PROCEDENTE DE PILAS CARBONO ZINC SINTETIZADAS POR ELECTRÓLISIS ALCALINA

CHARACTERIZATION OF ZINC OXIDE NANOPARTICLES FROM CARBON ZINC BATTERIES SYNTHESIZED BY ALKALINE ELECTROLYSIS

FELIPE MAQUERA LLICA¹

 <https://orcid.org/0000-0001-7777-7617>

WILLIAMS SERGIO ALMANZA QUISPE²

 <https://orcid.org/0000-0003-4453-3610>

AGAPITO FLORES JUSTO³

 <https://orcid.org/0000-0002-4580-5799>

Recibido: 20/07/2022

Aceptado: 30/09/2022

Publicado: 12/10/2022

^{1,3}Departamento de Ingeniería Minas. Universidad Nacional de Moquegua, Perú
²Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Perú

E-mail: ¹fmaqueral@unam.edu.pe, ²walmazaq@unjbg.edu.pe, ³afloresj@unam.edu.pe



Resumen

Las pilas y baterías son dispositivos donde la energía química se transforma en eléctrica. Al ser desechadas pueden contaminar el ambiente, su contenido de zinc en forma pura y en forma de óxidos representa un porcentaje importante del peso del total. Con la finalidad de aprovechar las pilas carbono zinc, se recuperó las nanopartículas de óxido de zinc mediante el método de electrólisis alcalina y se caracterizó con el propósito de conocer sus características estructurales mediante la microscopía electrónica de barrido (SEM). La distribución de las partículas es variable en la escala de 500 nm que muestra conglomerados cristalinos constituidos por partículas más pequeñas y alargados entre 66 y 115 nm que distan de una simetría hexagonal característica tipo wursita, no obstante, el patrón de difracción de rayos X es similar al patrón estándar para óxido de zinc. Estas nanopartículas pueden ser empleadas por su mayor energía y área superficial en múltiples aplicaciones, especialmente en películas finas, catalizadores, pigmentos y transistores.

Palabras clave: nanopartículas; óxido de zinc; Pilas carbono Zinc.

Abstract

Cells and batteries are devices in which chemical energy is transformed into electrical energy. When disposed of, they can pollute the environment; their zinc content in pure form and in the form of oxides represents an important percentage of the total weight. In order to take advantage of the carbon zinc batteries, the zinc oxide nanoparticles were recovered by the alkaline electrolysis method and characterized in order to know their structural characteristics by means of scanning electron microscopy (SEM). The distribution of the particles is variable in the 500 nm scale, it shows crystalline conglomerates constituted by smaller and elongated particles between 66 and 115 nm that are far from a characteristic hexagonal symmetry wursite type, nevertheless, the X-Ray diffraction pattern is similar to the standard pattern for zinc oxide. These nanoparticles can be used for their higher energy and surface area in multiple applications; especially in thin films, catalysts, pigments, and transistors.

Keywords: nanoparticles; zinc oxide; Zinc carbon batteries.

1. Introducción

El mundo avanza a pasos agigantados y con ello el ser humano cambia sus hábitos y costumbres. No es un secreto que en la actualidad las personas son muy consumistas y hacen uso constante de aparatos electrónicos que conllevan al uso continuo de almacenadores de corriente eléctrica. Al agotarse la energía de estos dispositivos, conocidos como pilas, son desechadas, ocasionando un daño grave al medio ambiente, debido a sus componentes tóxicos, los cuales afectan directamente a las aguas subterráneas, superficiales, flora y fauna. Cada día se desechan miles de millones de pilas en todo el mundo, la mayoría de las cuales son alcalinas y de zinc-carbono (Ayala, 2017). Así, los sistemas de contención actuales son inadecuados y los materiales que componen la batería no pueden ser reutilizados; además, solo existen programas de devolución basados únicamente en la conciencia social del consumidor (Castro y Díaz, 2004). En general, los contaminantes, tanto los líquidos como los gases que generan las pilas, afectan la salud de quienes los rodean (Agencia de protección Ambiental de Estados Unidos, 2012).

La recuperación y reciclaje de estos materiales es de suma importancia y en esa dirección diversos estudios han investigado la recuperación de sus componentes como el zinc (Alvarado et al., 2010; Romina, 2013; Medina, 2014; García y Ochoa, 2018) con atractivos rendimientos. La obtención de zinc en forma de nanopartículas favorece su uso en distintas aplicaciones como consecuencia de su mayor energía y área superficial, entre otras propiedades, beneficia su uso en textiles, películas finas, catalizadores, pigmentos y transistores y transductores (Yadav et al., 2006; Pérez et al., 2008; Osama et al., 2008; Hingorani et al., 1993). Para su obtención, existe diversos métodos como la síntesis por precipitación, la síntesis química y la síntesis por el método hidrotermal (Aquino et al., 2018).

Por tanto, la investigación propone la electrólisis para la recuperación de óxido de zinc en forma de nanopartículas y su caracterización a partir de pilas alcalinas de carbono/zinc.

2. Objetivo

Caracterizar las nanopartículas de óxido de zinc obtenidas a través de la electrólisis de material recuperado de las pilas alcalinas carbono Zinc.

3. Métodos

3.1. Recuperación de Zinc

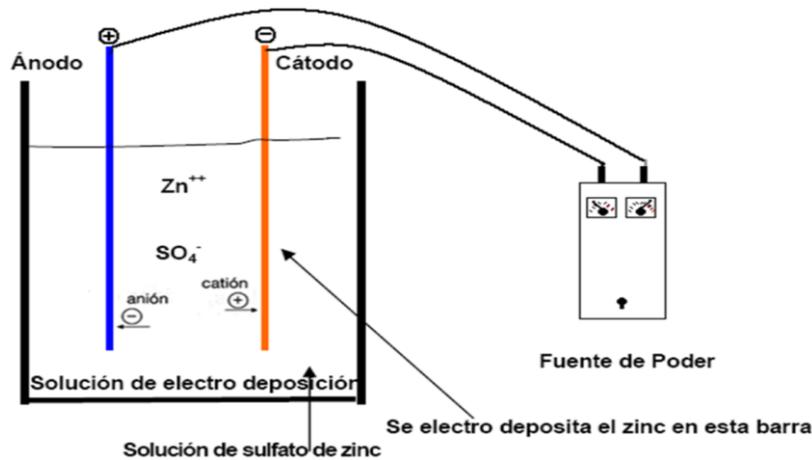
En la primera fase, se recuperó el zinc y el dióxido de manganeso utilizando el método físico-mecánico de desmantelamiento. Primero se retiró la carcasa exterior de acero que cubre la pila, luego se cortó y retiró el envoltorio de plástico que separaba la carcasa de acero y el zinc; en seguida, se separó el zinc que envolvía al dióxido de manganeso, finalmente se retiró la barra de carbono.

3.2. Obtención de nanopartículas de óxido de zinc a través de electrólisis

La electrólisis es una etapa de descomposición química que se produce a través de la fuente que lleva la corriente e incluye tener un electrólito, que es una sustancia que se puede cambiar

a través de la fuente de la corriente, tal como se observa en la figura 1. Tiene una masa o cuerpo sólido, que puede o no ser un buen conductor, por lo que se utilizan diferentes tipos de disolventes (Field, S y A Dudley Weill, 1955). En su interior, los aniones liberan electrones (oxidación) en el ánodo y los cationes atrapan electrones en el cátodo (una reducción).

Figura 1
Celda Electroquímica para obtención de nanopartículas de ZnO



Nota. Celda Electroquímica para obtención de nanopartículas de ZnO obtenida de Pérez (2011).

El electrólito es una solución de medio conductor (H₂O + NaCl), a través de la cual la corriente se cambia químicamente de acuerdo con la ley de Faraday, mientras que los electrodos están ubicados, siendo el Zinc en el Ánodo (+) y Carbono en el Cátodo (-), que reaccionan cuando se alimenta de energía continua emitida por fuente de poder. Cuando la solución se coloca en la batería, la corriente es transportada por iones entre los electrodos. Los iones o aniones cargados negativamente son atraídos a un electrodo cargado positivamente y la oxidación ocurre allí (ánodo); en este caso, el catión (+) zinc se oxida en una solución electrolítica, mientras que la oxidación de los aniones se reduce oxígeno.

Para la obtención de nanopartículas, se preparó el electrólito; la cuba fue de 0,75 litros, el área de 48,5 cm², rectificador de corriente a una densidad de 0,05 - 0,35 A/cm², área del ánodo: ancho (5,0 cm) x altura (9,7 cm) x 2 (dos caras) = 97 cm², se utilizó 0,02 Amp/cm² preparándose un electrólito de 270 ml de H₂O con 25 g. NaCl (92,6 g/l), se instaló el ánodo (Zinc) y el cátodo (barra de carbono) y, finalmente, se electrolizó obteniéndose óxido de Zinc. El pH de trabajo fue de 7,52.

En general, las etapas del proceso de obtención de las nanopartículas se inician después de la recuperación del zinc metálico aplicando electrólisis alcalina, lavado, secado y obtención de nanopartículas de zinc.

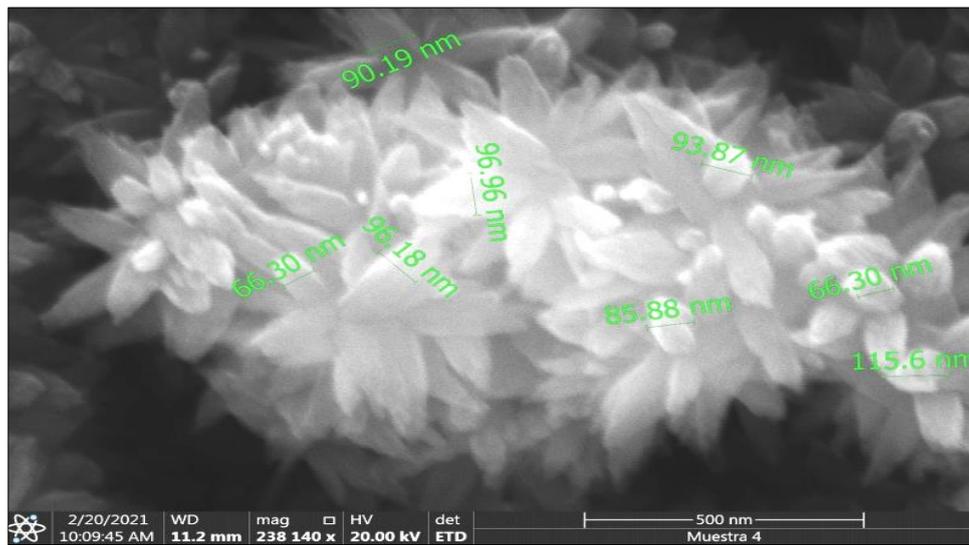
4. Resultados

La microscopía electrónica de barrido (SEM) realizada a las nanopartículas a través de un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo marca Thermoscientific modelo

Quattro S, mostrado en la figura 2, se observa una distribución variable en la escala de medición de 500 nm que muestra conglomerados cristalinos (similar al que en la naturaleza se observa a un cúmulo de arroz). Estos conglomerados cristalinos están constituidos a su vez por partículas más pequeñas y alargadas entre 66 y 115 nm.

Figura 2

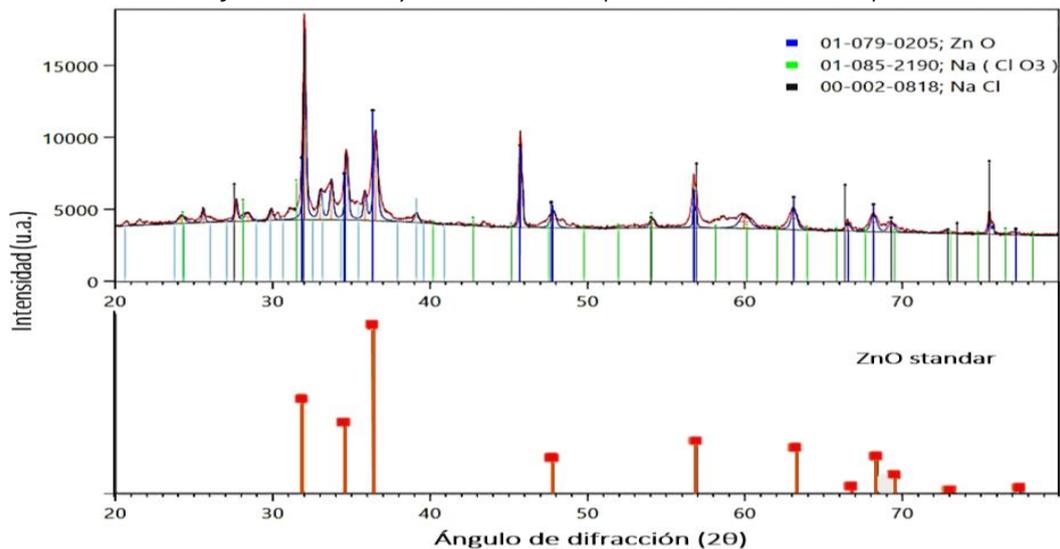
Forma estructural de nanopartículas de óxido de zinc sintetizadas por electrólisis a partir de pilas recicladas



Los patrones de difracción de rayos X a las nanopartículas mostradas en la figura 3, se determinaron mediante un difractómetro de rayos X, marca PANalytical, modelo Aeris research, donde se aprecia que existen notoriamente diferentes picos identificados y asignados a las deflexiones que obedecen al patrón de difracción estándar para óxido de zinc, además, es similar al obtenido por Ramírez-Barrón et al. (2019).

Figura 3

Patrones de difracción de rayos X a las nanopartículas obtenidas por electrólisis



Nota. Las partículas fueron determinadas en polvo (sin lavar fases presentes Zincita ZnO, Clorato de Sodio Na(ClO3) y Cloruro de Sodio NaCl).

La caracterización morfológica de las nanopartículas sirve para interpretar sus propiedades tanto físicas como químicas que podrían servir para su empleo para diferentes aplicaciones. Por ello la determinación de la difracción de rayos X y el análisis morfológico resulta importante. Las nanopartículas obtenidas se muestran como conglomerados cristalinos que están constituidos a su vez por partículas más pequeñas y alargadas entre 66 y 115 nm, las formas difieren a lo encontrado por Colonia et al, (2013), quienes obtuvieron conglomerados esféricos entre 100 y 200 nm de apariencia racimosa al obtener óxido de zinc mediante la ruta sol-gel. Por su parte, Aquino et al, (2018) encontraron que nanopartículas de óxido de zinc sintetizadas por el método de precipitación, presentaron una distribución homogénea con morfología semiexagonal compatible con la naturaleza cristalina con un tamaño promedio de $90,4 \pm 10,6$ nm medidos mediante microscopía electrónica de transmisión (TEM).

La variación del tamaño (66 – 115 nm) no resulta muy precisa principalmente debido a las condiciones de medición debido a la presencia de impurezas como NaCl, que resulta de no lavar adecuadamente el compuesto obtenido, pero resulta interesante el sistema cristalización encontrado que no pertenecen a un sistema cristalino hexagonal que corresponde a una estructura tipo wurtzita (Aquino et al., 2018), más bien presentan estructuras alargadas que distan de una simetría hexagonal, siendo en general una estructura cristalina hemimórfica.

5. Conclusiones

Las nanopartículas de óxido de zinc fueron sintetizadas por electrólisis alcalina, evidenciando que los tamaños de los cristallitos determinados por difracción de rayos X, no obstante, se encuentran conglomeradas que muestran una apariencia de cristales alargados con tamaños entre 66 y 115 nm, que distan de una simetría hexagonal, el patrón de difracción de rayos X es similar al patrón estándar para óxido de zinc.

6. Referencias Bibliográficas

- Agencia de Protección Ambiental Estados Unidos. (2012). Guía Ciudadana de Solidificación y Estabilización. (Artículo, Estados Unidos).
https://clu.in.org/download/Citizens/a_citizens_guide_to_solidification_and_stabilization.pdf.
- Alvarado, González y Mendoza (2010). Propuesta de un método para la recuperación de zinc de pilas alcalinas usadas bajo el enfoque de producción más limpia [Tesis de pregrado, para optar el Título de Ingeniero Químico de la Universidad El Salvador, Escuela de Ingeniería Química].
- Aquino, Pablo, Osorio, Ana María, Ninán, Efraín, & Torres, Fernando. (2018). Caracterización de nanopartículas de ZnO sintetizadas por el método de precipitación y su evaluación en la incorporación en pinturas esmalte. Revista de la Sociedad Química del Perú, 84(1), 5-17.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2018000100002&lng=es&tlng=es.
- Ayala, C. (2017). Propuesta metodológica para la recuperación de las pilas alcalinas y zinc – carbono. Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sogamo. <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1952/1/TGT-584.pdfCruz>,

- Colonia, Roberto, Martínez, Vanessa C., Solís, José L., & Gómez, Mónica M. (2013). Síntesis de nanopartículas de ZnO₂ empleando ultrasonido: caracterización estructural y morfológica para aplicaciones bactericidas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 79(2), 126-135, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2013000200005&lng=es&tlng=es.
- Castro, J. y Díaz, M. L. (2004). La contaminación por pilas y baterías en México. *Gaceta Ecológica*, (72) pp. 53-74. <http://www.redalyc.org/pdf/539/53907205.pdf>
- García y Ochoa (2018). Recuperación de Hidróxido de Zinc, Sulfuro de Manganeso y Oxido de Plata a Partir de Pilas (Alcalinas D-2, Ácidas AAA, y pilas de botón). Tesis de pregrado. Para obtener el título profesional de ingeniero químico. Escuela de ingeniería química. Universidad nacional de san Agustín de Arequipa.
- Hingorani S, Pillai V, Kumar P, Multani MS, Shah DO (1993). Síntesis mediada por microemulsión de nanopartículas de óxido de zinc para estudios de varistores. *Mat Res Bull*. 28: 1303-1310. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/002554089390178G>
- Medina, (2014). Influencia de relación materia primaria / solvente en la extracción de manganeso de pilas alcalinas utilizando ácido acético y ácido cítrico [Tesis de Pregrado, para optar el Título de Ingeniero Ambiental, Escuela de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Trujillo].
http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3237/MedinaLLerena_J.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Osama M, El Fekya, Hassanb EA, Fadelb SM, Hassanb ML. (2014). Uso de nanopartículas de ZnO para la protección de pinturas al óleo sobre soporte de papel contra la suciedad, el ataque de hongos y el envejecimiento por UV. *J Cult Herit*. 2014; 15: 165-172. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1296207413000642>
- Pérez, J. A. P., Gallego, J. L., Roman, W. S., & Landázuri, H. R. (2008). Películas nanoestructuradas de óxido de zinc (ZnO). *Scientia et Technica*, 14(39), 416-421. <https://www.redalyc.org/pdf/849/84920503076.pdf>
- Pérez, J. (2011). Obtención de polvos de zinc por vía electrolítica. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/4720>
- Romina, M. (2013). Optimización de un proceso biohidrometalúrgico de recuperación de metales de pilas alcalinas y de cinc-carbón agotadas [Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad de la Plata, Argentina]. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/29548/Documento_completo_.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Yadav A, Prasad V, Kathe AA, Raj S, Yadav D, et al. (2006). Acabado funcional en tejidos de algodón utilizando nanopartículas de óxido de zinc. *Bull Mater Sci*. 29: 641–645. <https://doi.org/10.1007/s12034-006-0017-y>