



Síntesis de películas de nanoalambres de óxido cúprico a partir de materiales de una mina mexicana

Nora Elizondo Villarreal*, Eleazar Gándara Martínez*, Dora Martínez Delgado*, Francisco Vázquez Rodríguez*

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl26.121-5>

RESUMEN

Obtención directa de nanoalambres de $\text{Cu}(\text{OH})_2$ a partir del mineral cuprita, para la escala nanométrica y a bajo costo de películas delgadas de nanoalambres de $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Mediante espectroscopía de absorción atómica se encontró 5% de cobre en la mena de mina utilizada. Entonces se obtuvo $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ por ultrasonido a una temperatura de 50°C por 15 minutos. La película homogénea de color azul claro mostró por XRD que es $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ortorrómbico y el TEM indicó una morfología con una distribución homogénea de nanoalambres de varios micrómetros de longitud y diámetros ± 100 nm.

Palabras clave: nanomateriales, minería, nanoalambres, óxido cúprico, película.

ABSTRACT

Direct obtaining of $\text{Cu}(\text{OH})_2$ nanowires from the mineral cuprite, for the low cost and nanometric scale preparation of thin films of $\text{Cu}(\text{OH})_2$ nanowires. Using atomic absorption spectroscopy, 5% copper was found in the mine ore used. Then $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ was obtained by ultrasound at a temperature of 50°C for 15 minutes. The light blue homogeneous film was shown by XRD to be orthorhombic $\text{Cu}(\text{OH})_2$ and TEM indicated a morphology with a homogeneous distribution of nanowires of several micrometers in length and diameters ± 100 nm.

Keywords: Nanomaterials, mining, nanowires, copper oxide, film.

México es un país con grandes fuentes de riqueza, tanto en términos de biodiversidad como de materia prima; entre los principales recursos se encuentran las tierras raras y los metales preciosos, como la plata (Ag) y el cobre (Cu), de los que ocupa, respectivamente, el primer y el séptimo lugar en producción en el mundo (Harp, 2020).

Aunque hay investigaciones sobre el uso del cobre (Cisternas, 2022), no son suficientes en el tema de la minería, sobre todo en nuestro país, donde es una gran industria que debería invertir más en ciencia, como la nanotecnología, por su gran número de aplicaciones: tratamiento de aguas residuales (Alka, 2021), aplicaciones de nanopartículas en biomedicina (Muhammad, 2021), uso de nanopartículas de cobre en terapias contra el cáncer (Tabrez, 2022), en electrónica, en catálisis heterogénea de alta eficiencia (Gawande, 2016), o

en forma de sulfuros u óxidos en baterías de iones o como antifúngico y antimicrobiano (Gómez, 2017).

Pero no sólo las partículas, también las películas de óxido de cobre (Diachenko, 2021) o nano-hojas con propiedades antimicrobacterianas (Iqbal, 2021), o los nanoalambres de CuO combinado con silicio para degradación fotovoltaica (Mahmoudi, 2021).

Existen pocos estudios de síntesis de algunas nanopartículas con material de mina, como el de agua residual de mina para obtener nanopartículas bimetalicas de FeCu (Dlamini, 2021) o la síntesis de nanopartículas partiendo residuos de mineral de minas (Pinto, 2020), pero no hay trabajos sobre la síntesis de nanoalambres de algún material o elemento, por lo que la presente investigación sería

*Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.
Contacto: nelizond@yahoo.com

una aportación al tema de nanotecnología con la síntesis de este nanomaterial partiendo de mineral de mina, y para la minería al demostrar una nueva aplicación para sus materiales.

Además, al depositar películas con este material se abriría la aplicación para todo tipo de recubrimientos, tratando de reproducir alguna de las propiedades mencionadas anteriormente.

METODOLOGÍA

Para la obtención de sal de cobre $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ a partir de la piedra de mina (figura 1), ésta se tritura hasta que sólo queden fragmentos de 1 cm de diámetro, después se pesan cinco gramos de polvos obtenidos, a los que se les añade una solución de 2.5 ml de ácido clorhídrico y 2.5 ml de agua desionizada. Esta solución es llevada a ultrasonido durante 30 minutos a una temperatura de 50°C y se almacena en tubos de ensayo por 24 horas. Posteriormente se lava la muestra en una centrífuga durante 5 min a 2 mil rpm. A la solución final se añaden 5 ml de etanol y, finalmente, se pone en el horno a 90°C por tres horas.

El proceso de formación de la película consiste en colocar $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y NaOH , por separado, en recipientes con agua desionizada y agitarlos durante 20 minutos. Una vez terminado el proceso se vacían juntos y se mezclan por otros 20 minutos. Con el mezclado finalizado se colocan en un recipiente para su exposición al ultrasonido.

La mezcla se mantiene dentro de la máquina de ultrasonido a una temperatura de 50°C por 15 minutos. Para la formación de la película se utilizó una placa rotativa en la cual se depositó, mediante goteo, la solución final, esta película se dejó en un horno por 24 horas a 60°C .



Figura 1. Mineral de mina de cobre.

Las propiedades químicas del polvo de mineral fueron estudiadas por absorción atómica en espectrofotómetros Varian AA200. Las propiedades estructurales de los nanoalambres se estudiaron utilizando un difractor de rayos Rigaku MiniFlexII con un ánodo de cobre ($\lambda \text{ Cu K}\alpha = 1.5418 \text{ \AA}$). La morfología de los mismos fue hecha por un microscopio electrónico de barrido (SEM) Jeol JSM 5300-LV (FC-FM-UANL).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El procesamiento del mineral de una mina requiere que éste sea triturado y pulverizado antes de que comience la extracción de los materiales valiosos. Dado que la mayoría de los metales está presente en los minerales como óxidos o sulfuros, el metal debe reducirse a su forma metálica. Esto se puede lograr a través de diferentes medios como la fundición o la reducción electrolítica. En este trabajo se utilizó la reducción química partiendo de los

estudios de los polvos mediante espectroscopía de absorción atómica, técnica usada comúnmente en minería para ver la composición del material a obtener y la viabilidad de la mina (Idris, 2022), dando como resultado 5% de cobre metálico en la mena de mina usada. Dato que se puede corroborar en la tabla I.

Tabla I. Espectroscopía de absorción atómica del polvo de mena de mina.	
Material	%
SiO ₂	70.53
Al ₂ O ₃	9.58
Cu	4.66
Na ₂ O	3.42
Fe ₂ O ₃	2.56
MgO	2.42
Otros	6.83

La película compuesta de nanoalambre, formada en el estudio, partiendo de material de mina (figura 2), mostró ser una película homogénea con un color azul claro, adhiriéndose bien al sustrato de vidrio, lo que demuestra su potencial para aplicaciones como recubrimientos o como parte de un material compuesto o híbrido combinado con algún otro nanomaterial (Mahmoudi, 2021).

El patrón de difracción de rayos X (figura 3) de la película delgada azul preparada mostró que todos los picos de difracción pueden indexarse como la forma ortorrómbica de Cu(OH)₂ en comparación con los archivos de tarjetas JCPDS No. 72-0140, resultado que coincide para nanoalambres de cobre con propiedades superhidrofóbicas de Cu(OH)₂ (Xin, 2018).

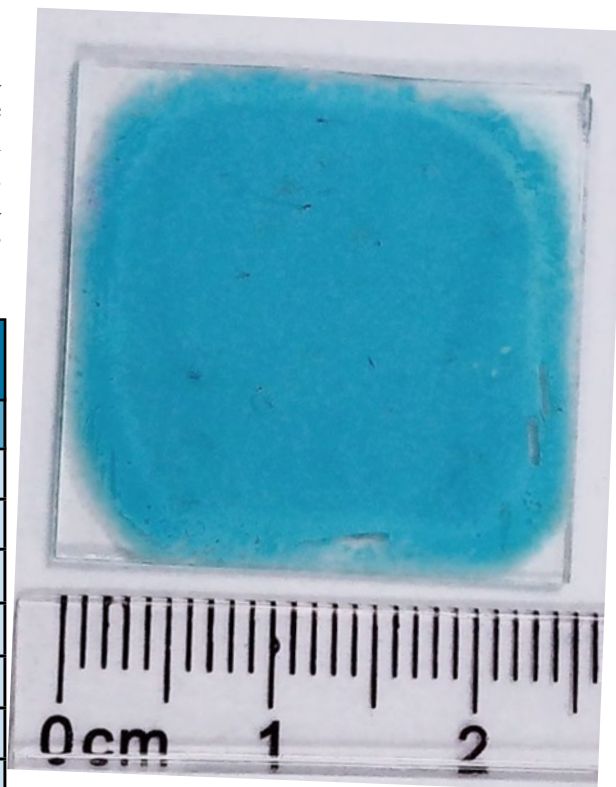


Figura 2. Película de nanoalambres de Cu(OH)₂.

En este patrón se pueden identificar tres picos principales, los planos (020), (021) y (002), característicos de este material; además, se demuestra que no existen picos de planos extra de otros materiales, lo que indica la calidad y pureza de la película sintetizada con este método y con este reactivo.

La formación del hidróxido de cobre (II) o Cu(OH)₂ se debe a que el cloruro de cobre es soluble en agua y se disocia de iones Cu₂⁺ y Cl⁻. Además, el NaOH se disocia fácilmente a iones Na⁺ y OH⁻ en el agua, causando la reacción que se puede ver en la ecuación 1, formando el material, como residuo se tiene al NaCl o sal común, lo que hace esta síntesis de bajo impacto ambiental.

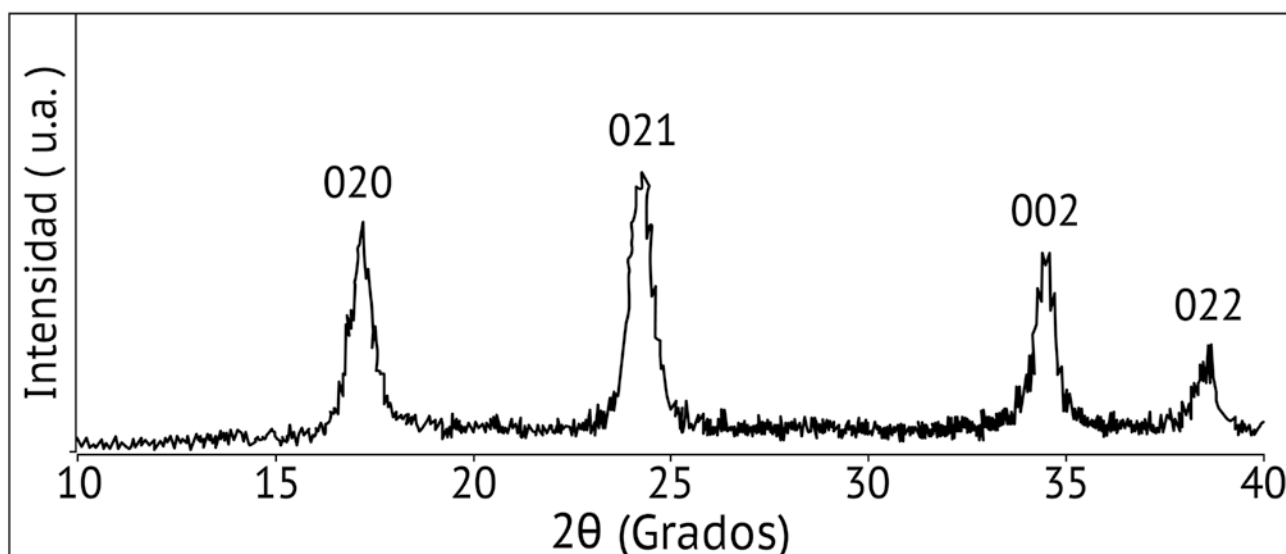
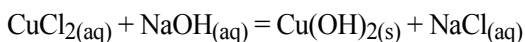


Figura 3. Patrón XRD de nano alambres de $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

Ecuación 1:



Las observaciones mediante el microscopio electrónico de barrido mostraron (figura 4) que la película azul sintetizada cuenta con morfología con distribución homogénea, compuesta por nanoalambres con varios micrómetros de longitud y con diámetros entre los 100 a 200 nm, esto en comparación con las imágenes obtenidas mediante la misma técnica de SEM, aunque la técnica de síntesis fue pulverización catódica por magnetrón (Lin, 2019), más compleja y cara, en comparación con la que se usa en este estudio. En cuanto al espesor de la película se estima que se tiene cerca de 1 micrómetro, en comparación con los resultados de depósito del mismo tipo de películas (Wang, 2018).

CONCLUSIONES

Se obtuvo $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ a partir del mineral de la mina y HCL, con los cuales se sintetizaron y depositaron con éxito películas delgadas de

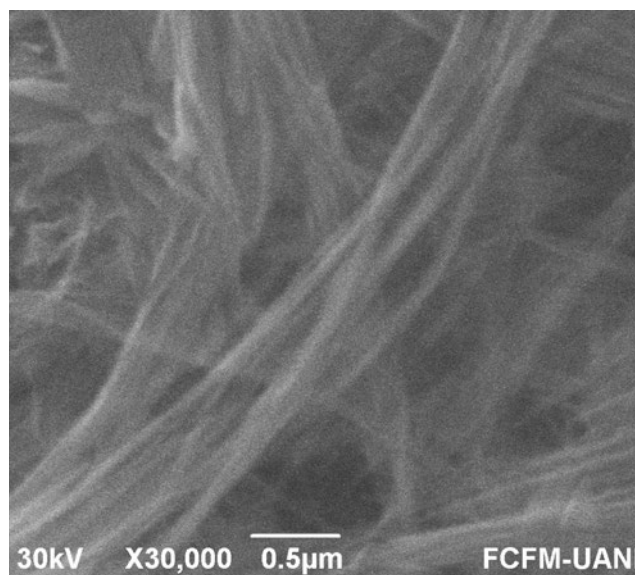


Figura 4. Imágenes SEM de nano alambres de $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

$\text{Cu}(\text{OH})_2$ de nanoalambres bajo irradiación ultrasónica de ondas ultrasónicas a 50°C durante 30 min sin la ayuda de ningún tensioactivo, empleando $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ obtenido directamente del cobre mineral de una mina y NaOH como componente inicial.

REFERENCIAS

- Alka, L.J.S., y Dhania, G. (2021). Applications of Nanotechnology in Wastewater Treatments. *Determinations Nanomed Nanotechnol.* 2(2). DNN.000535.
- Bibi, H., Iqbal, M., Wahab, H., *et al.* (2021). Green synthesis of multifunctional carbon coated copper oxide nanosheets and their photocatalytic and antibacterial activities. *Scientific Reports.* 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-90207-5>
- Cisternas, N., Tobosque, P., Sbarbaro, D., *et al.* (2022). Heating Pre-Treatment of Copper Ores and Its Effects on the Bond Work Index. *Minerals.* 12(5):593.
- Diachenko, O., Kováč Jr., J., Dobrozhan, O., *et al.* (2021). Structural and Optical Properties of CuO Thin Films Synthesized Using Spray Pyrolysis Method. *Coatings.* 11(11):1392.
- Dlamini, N.G., Basson, A.K., y Pullabhotla, V.S.R. (2021). Synthesis and Application of FeCu Bimetallic Nanoparticles in Coal Mine Wastewater Treatment. *Minerals.* 11:132. <https://doi.org/10.3390/min11020132>
- Gawande, M.B., Goswami, A., Felpin, F.-X., *et al.* (2016). Cu and Cu-Based Nanoparticles: Synthesis and Applications in Catalysis. *Chemical Reviews.* 116(6):3722-3811. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.5b00482>
- Gómez-León, M.M., Román-Mendoza, L.E., Castro-Basurto, F.V., *et al.* (2017). Nanopartículas de CuO y su propiedad antimicrobiana en cepas intrahospitalarias. *Revista Colombiana de Química.* 46(3):28-36. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v46n3.62386>
- Harp, F. de M. (2020). *Anuario estadístico de la minería mexicana. Edición 2020.* Sitio de Servicio Geológico Mexicano. <https://www.gob.mx/sgm>
- Idris, M.G., Umaru, D., Aliyu, A.N., *et al.* (2022). Atomic Absorption Spectroscopy Analysis of Heavy metals in water at Daura Gypsum Mining Site, Yobe State, Nigeria. *Journal for Foundations and Applications of Physics.* 8(2):227-234.
- Lin, J., Gao, N., Liu, J., *et al.* (2019). Superhydrophilic Cu (OH)₂ nanowire-based QCM transducer with self-healing ability for humidity detection. *Journal of Materials Chemistry A.* 7(15):9068-9077.
- Mahmoudi, M., Bouras, O., Hadjersi, T., *et al.* (2021). Synthesis of CuO-modified silicon nanowires as a photocatalyst for the degradation of malachite green. *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis.* 134(2):971-987.
- Muhammad, A.J., Adeel, A. (2021). Synthesis and Characterization of Nickel Doped Iron Oxide Nano Particles for Biomedical Application. *Int J Conf Proc.* 2(5). ICP.000549. DOI: 10.31031/ICP.2021.02.000549
- Pinto, W., Menzies, A., y Ordóñez, J. (2020). Biominerology: biotechnological synthesis of metal nanoparticles from mining waste-opportunity for sustainable management of mining environmental liabilities. *Applied Microbiology and Biotechnology.* 104. 10.1007/s00253-020-10353-0.
- Tabrez, S., Khan, A., Mirza, A., *et al.* (2022). Biosynthesis of copper oxide nanoparticles and its therapeutic efficacy against colon cancer. *Nanotechnology Reviews.* 11(1):1322-1331. <https://doi.org/10.1515/ntrev-2022-0081>
- Wang, J., Zhu, L., Ji, L., *et al.* (2018). Preparation of nanostructured Cu(OH)₂ and CuO electrocatalysts for water oxidation by electrophoresis deposition. *Journal of Materials Research.* 33(5):581-589.
- Xing, H., Cheng, J., Zhou, C., *et al.* (2018). Fog collection on a conical copper wire: effect of fog flow velocity and surface morphology. *Micro & Nano Letters.* 13(8):1068-1070.

Descarga aquí nuestra versión digital.

