

DESARROLLO DE MATERIALES ADSORBENTES DE ALTO IMPACTO Y BAJO COSTO PARA LA REMOCIÓN DE COMPONENTES TÓXICOS DE FUENTES NATURALES Y AGUAS RESIDUALES

Tamayo Valdés Luz Sarai (1), Martínez Rosales Merced (2)

¹ [Escuela de Nivel Medio Superior de Salvatierra] | [Sarai-lu@hotmail.com]

² [Departamento de Química, División de Ciencia Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [mercedj@ugto.mx]

Resumen.

En este verano se estudió la síntesis de la pseudobohemita precursor de la alúmina activada ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) a partir del sulfato de aluminio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Se aplicó una metodología denominada Hidrólisis-Precipitación. Aquí se inicia con la dilución de una sal de sulfato de aluminio en agua. Esta solución se pone en contacto con un medio amoniacal caliente, haciendo burbujear amoníaco gas (NH_3) y llevando a cabo la reacción en condiciones controladas de temperatura y pH. En estas condiciones se obtiene un precipitado blanco pulverulento (AlOOH). Al final de la reacción, este precipitado se recupera por filtración y lavando este con agua destilada caliente. El material obtenido se dejó secar durante 24 horas a temperatura ambiente. Posteriormente el material fue calcinado a 500°C para obtener el óxido de aluminio o alúmina activada ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$). Posteriormente el material se caracterizó mediante diversas técnicas como: fisorción de nitrógeno (S_{BET}) donde se determinó el área superficial específica y la porosidad. La difracción de rayos X (DRX) donde se observó la fase y cristalinidad presentes. Finalmente se evaluó la capacidad de adsorción del material que se obtuvo, el cual, nos dió los resultados satisfactorios en la reducción del arsénico en agua de fuente (pozo) natural para consumo.

Abstract.

This summer, the synthesis of the pseudobohemite precursor of the activated alumina ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) from aluminum sulphate $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ was studied. A methodology called Hydrolysis-Precipitation was applied. Here it begins with the dilution of an aluminum sulphate salt in water. This solution is brought into contact with a hot ammoniacal medium, by bubbling ammonia gas (NH_3) and carrying out the reaction under controlled conditions of temperature and pH. Under these conditions a white powdery precipitate (AlOOH) is obtained. At the end of the reaction, this precipitate is recovered by filtration and washing this with hot distilled water. The obtained material was allowed to dry for 24 hours at room temperature. Subsequently the material was calcined at 500°C to obtain the activated aluminum oxide or alumina ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$). Subsequently the material was characterized by various techniques such as: nitrogen fisorción (S_{BET}) where the specific surface area and porosity were determined. X-ray diffraction (XRD) where the phase and crystallinity were observed. Finally, the adsorption capacity of the material obtained was evaluated, which, in turn, gave satisfactory results in the reduction of arsenic in natural source water (well) for consumption.

Palabras Clave

Alúmina; Mezcla; Hidrolisis; Precipitado; Arsénico.

INTRODUCCIÓN

Arsénico

El arsénico es un elemento que se puede encontrar en la corteza terrestre y fuentes naturales de agua para consumo. Químicamente ha sido clasificado como un metaloide (con propiedades de un metal y un no metal) aunque a pesar de eso se le refiere más como un metal. El arsénico es de un color gris acero, pero en el ambiente se encuentra mayormente combinado con otros elementos como el agua, azufre y cloro (arsénico inorgánico) o carbono e hidrogeno (arsénico orgánico).

Se da naturalmente en el suelo y muchos tipos de rocas (especialmente en minerales con cobre y plomo) [1]. Éste es utilizado para endurecer el plomo (1% de arsénico), en la industria del vidrio (0,5% de trióxido de arsénico) para quitarle el color verde que producen las impurezas de los compuestos de hierro, el arseniato de plomo y el arseniato de calcio se utilizan como insecticidas (aunque actualmente el uso de estos está prohibido), el disulfuro de arsénico ($As_2 S_2$) se usa como pigmento en la fabricación de fuegos artificiales, pinturas, etcétera. Sin embargo, el arsénico es un fuerte veneno y usarlo constantemente lo convierte en un contaminante [2].

La presencia del arsénico inorgánico en el agua o para la preparación de comidas, en el riego de cultivos agrícolas y más, es preocupante, ya que, estas se contaminan porque dichos compuestos (inorgánicos y orgánicos) son polvos de color blanco que no se evaporan, no tienen aroma y tampoco sabor, por ello, no se puede saber si están presentes en alimentos, agua o aire.

El agua contaminada por arsénico es una preocupante amenaza que afecta a países como Argentina, Bangladesh, Chile, China, la India, Estados Unidos de América y México [3]. De acuerdo con la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR por sus siglas en inglés) es una realidad que el consumo

de agua rica en arsénico provoca diversos efectos en la salud [4].

Efectos agudos: La intoxicación aguda por arsénico tiene como consecuencia vómitos, dolor abdominal, diarrea, hormigueo en las manos, pies y calambres musculares.

Efectos a largo plazo: Aproximadamente a 5 años del consumo de agua contaminada ocurren cambios de pigmentación, lesiones cutáneas, durezas, callosidades en las palmas de las manos y planta del pie, desarrollo de cáncer de piel, vejiga y pulmón, infartos, entre otros [5].



IMAGEN 1: Efectos de el arsenico en la piel.

IMAGEN 2: Agua contaminada con arsenico.

En México el promedio de la presencia de concentraciones de arsénico en el agua subterránea, son bastante mayores a $25 \mu\text{g L}^{-1}$ gracias a un importante número de estudios técnicos realizados principalmente por CONAGUA y algunas universidades los estados con mayores problemas de agua contaminada por arsénico son: Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí, Michoacán, Hidalgo, Puebla y Guanajuato [6]. Cada uno de ellos rebasa la normativa que según la Organización Mundial de la Salud (OMS) es el límite recomendado para la concentración de arsénico en el agua potable que es de $10 \mu\text{g/}$ [7]. Por ello, el objetivo de este proyecto es sintetizar, caracterizar y evaluar distintos materiales para usarlos como potenciales adsorbentes y remover el arsénico de fuentes naturales de agua para consumo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Síntesis del oxihidroxido de aluminio ($Al(OH)_3$)

En el método experimental se utilizó sulfato de aluminio [$Al_2(SO_4)_3$] e hidróxido de amonio (NH_4OH) como la materia prima para la síntesis. Inicialmente se disuelven el sulfato de aluminio en agua destilada en base a su relación molar, enseguida, en un matraz de 3 bocas se agregó agua destilada y un burbujeo simultáneo de amoniaco gaseoso manteniendo un pH alcalino y

temperatura arriba de la temperatura ambiente, utilizando una bomba peristáltica la solución de sulfato de aluminio se adiciona por goteo a una velocidad constante dentro del matraz mezclándose para dar como resultado un precipitado blanco.

Al final de la reacción, el precipitado obtenido se filtró y lavó con agua amoniacal caliente, se dejó secar durante 24 hrs a temperatura ambiente y después se calcino a 500°C. El material obtenido se caracterizó mediante Difracción de Rayos-X (DRX), Fisorción de nitrógeno (S_{BET}) y Microscopía Electrónica de Barrido (SEM).

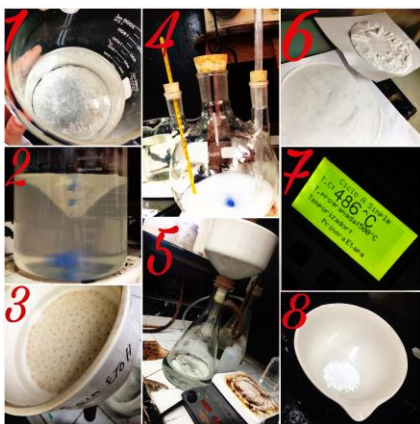


IMAGEN 3: Proceso de la síntesis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El precipitado blanco pulverulento fue sometido a las siguientes caracterizaciones:

Fisorción de Nitrógeno (BET)

En la Tabla 1 se resumen los valores de área específica y porosidad del oxihidróido de aluminio obtenido por esta vía.

Tabla 1. Propiedades texturales del oxihidróido de aluminio y alúmina activada

Muestra	S_{BET} (m^2/g)	V_P (cm^3/g)	D_P (nm)	T_P^* (nm)
AIOOH (precursor) modificado **	380	0.80	8.3	150

Alúmina activada ($\gamma-Al_2O_3$)	326	0.92	11.30	250
---------------------------------------	-----	------	-------	-----

Tabla 1: Tamaño de partícula. Técnica Dinámica Coloidal.

Mediante Microscopía Electrónica de Barrido fue posible identificar la morfología de las partículas del material sintetizado. Es notorio la forma irregular y lo amorfo del material.

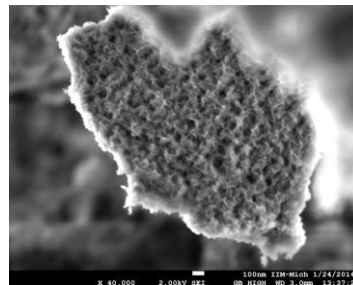


IMAGEN 4: Micrografía de partículas del precursor (AIOOH) de alúmina activada.

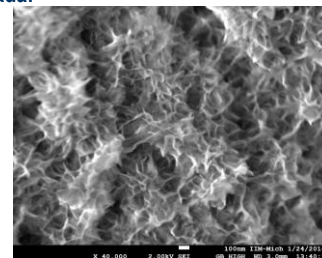


IMAGEN 5: Micrografía de partículas del precursor (AIOOH) ilustrativa de su alta porosidad.

Difracción de rayos x (DRX).

El patrón de DRX mostrado abajo, típico de la alúmina activada, refleja una baja cristalinidad del material, lo cual esta asociado con las micrografías mostradas, relacionadas con material amorfo.

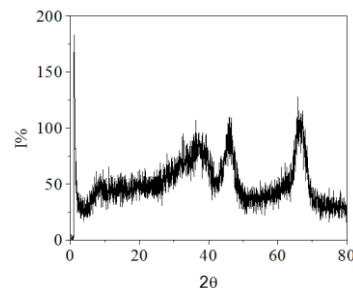


IMAGEN 5: Analisis de la alumina activada por DRX.

Evaluación de la capacidad de adsorción

Al poner en contacto muestras acuosas de pozos con agua conteniendo concentraciones de Arsénico fuera de NORMA, se evaluó la capacidad de remoción de este elemento con la alúmina activada preparada por este método. Los resultados indican que la alúmina remueve eficientemente el Arsénico presente en muestras de agua del pozo No. 67 y Pozo No. 38 en el Municipio de Irapuato, Guanajuato (Muestras antes de tratamiento, MA; Muestras después del tratamiento, MTA).

[As]T (mg/Lt)	MA	MTA
Pozo No. 67	0.0574	0.0011
Pozo No. 38	0.0865	0.0027

Tabla 2: Comparación del arsénico en el agua antes y después de ser adsorbido.

CONCLUSIONES

Con la referencia en los valores anteriormente anotados, se puede distinguir significativamente que el arsénico en el agua disminuye de manera favorable, lo cual representa una propuesta factible de purificar adecuadamente estas fuentes de agua.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer al Colegio de Nivel Medio Superior por haberme permitido participar en los Veranos de Investigación y darme más oportunidades de aprender; a mi asesora de la prepa Rocío Rubio Rivera por el tiempo y la ayuda brindada en todo lo que necesite. El profesor Merced Martínez Rosales por su tiempo y dedicación a este proyecto, ya que, gracias a él y a sus conocimientos pude saber y entender más de lo que esperaba con lo que trabajamos. Finalmente y con demasiada importancia a mis padres, por su constante dedicación y ayuda para verme salir adelante y dejarme ser parte de esto.

REFERENCIAS

- [1] Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 2005. Reseña Toxicológica del Arsénico (versión para comentario público) (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública. https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.html
- [2] <http://herramientas.educa.madrid.org/tabla/6usos/as6.html>
- [3] Association of arsenic with adverse pregnancy outcomes/infant mortality: a systematic review and meta-analysis. Quansah R, Armah FA, Essumang DK, Luginaah I, Clarke E, Marfoh K, et al. Environ Health Perspect. 2015;123(5):412-21. Arsenic in tube well water in Bangladesh: health and economic impacts and implications for arsenic mitigation. Flanagan, SV, Johnston RB and Zheng Y (2012). Bull World Health Organ 90:839-846. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/es/>
- [4] POR: MARIANA PEÑA <http://www.salud180.com/salud-z/riesgos-en-la-salud-por-exposicion-al-arsenico>
- [5] Association of arsenic with adverse pregnancy outcomes/infant mortality: a systematic review and meta-analysis. Quansah R, Armah FA, Essumang DK, Luginaah I, Clarke E, Marfoh K, et al. Environ Health Perspect. 2015;123(5):412-21. Arsenic in tube well water in Bangladesh: health and economic impacts and implications for arsenic mitigation. Flanagan, SV, Johnston RB and Zheng Y (2012). Bull World Health Organ 90:839-846. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/es/>
- [6] Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades de la Secretaría de Salud, Estudio Nacional, 2004. http://www.colsan.edu.mx/investigacion/pays/archivo/El_agua_para_consumo_humano_Mexico-2015-07.pdf
- [7] Anderson, T.W., Welder, G.E., Lesser, G. & Trujillo, A. 1988. Region 7, Central alluvial basins. In The Geology of North America, Hydrogeology. W. Back, J.S. Rosenshein & P.R. Seaber, (eds). O-2. The Geological Society of America. <http://defiendelasierra.org/wp-content/uploads/Ars%C3%A9nico-en-M%C3%A9xico.pdf>