

# SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES ADSORBENTES PARA REMOVER ARSÉNICO DE AGUA DE POZOS EN GUANAJUATO

Cordero Luna Claudia Lizbet (1), Martínez Rosales J. Merced (2)

1 [Bachillerato General, Escuela de Nivel Medio Superior de Guanajuato, Colegio de Nivel Medio Superior, Universidad de Guanajuato] | [cl.corderoluna@ugto.mx]

2 [Laboratorio de Síntesis y Caracterización de Materiales, Centro de Investigaciones Químicas Inorgánicas, División de Ciencias Naturales Y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [mercedj@ugto.mx]

## Resumen

La presencia de Arsénico (As) en el agua subterránea es uno de los mayores problemas que se encuentran actualmente en el país ya que esta es una de las principales fuentes de agua potable para México. En este trabajo se presenta la preparación de la alúmina activada, un material adsorbente de alta capacidad a partir de sulfato de Aluminio, un material económico y disponible en el mercado. La alúmina activada fue sintetizada mediante un método denominado hidrólisis-precipitación. El material obtenido se seca y se calcina a cierta temperatura. Posteriormente, fue sometido a varios métodos de caracterización: Fisisorción de Nitrógeno (SBET), Microscopía electrónica de Barrido (SEM) y Difracción de Rayos-X (DRX), mediante los cuales fueron identificadas las propiedades fisicoquímicas de la alúmina. Enseguida, se colectaron y analizaron varias muestras de agua de pozo de dos comunidades del estado de Guanajuato, en estas se detectó la presencia de As en concentraciones fuera de NORMA. Finalmente se evaluó la capacidad de adsorción de la alúmina en muestras de agua de pozo y así se pudo confirmar que efectivamente disminuyó la cantidad de As después del tratamiento llegando a valores muy por debajo de los que la NORMA Internacional establece (0.01ppm).

## Abstract

The presence of arsenic (As) in groundwater is one of the biggest problems that are currently in the country since this is one of the main sources of drinking water for Mexico. This paper presents the preparation of activated alumina, an adsorbent material of high capacity from sulfate of aluminium, a material economic and available in the market. Activated alumina was synthesized using a method called hidrolisis-precipitacion. The retrieved material is dried and calcined at a certain temperature. Subsequently, he was subjected to several methods of characterization: nitrogen Physisorption (SBET), scanning electron microscopy (SEM) and X-ray diffraction (XRD), which identified the physicochemical properties of the alumina. Then, they were collected and analyzed several samples of water from well for two communities in the State of Guanajuato, in these detected the presence of ACE at concentrations outside the norm. Finally the adsorption capacity of alumina in samples of well water was evaluated and thus it was able to confirm that I effectively decreased the number of ACE after treatment reaching values very below which the international standard establishes (0. 01ppm).

## Palabras Clave

Pseudo-bohemita 1; Alúmina activada 2;

## INTRODUCCIÓN

### Arsénico

El agua subterránea es la principal fuente de agua potable en México por ello es de gran importancia mantenerla libre de contaminantes que puedan perjudicar al ser humano y al ambiente mismo. Sin embargo, el agua subterránea contiene elementos y componentes altamente dañinos, entre ellos el Arsénico(As). Este elemento se encuentra en un nivel prioritario entre los principales contaminantes del medio ambiente a escala global. El Arsénico es un metaloide que se encuentra en la corteza terrestre y que en su forma orgánica está presente en el aire, agua y tierra, en su forma inorgánica es muy toxico y trae consigo varios daños a la población. La mayor amenaza para la salud humana se traduce en el uso y consumo directo de agua contaminada, ejemplo, alimentos preparados, riego de cultivos, para procesos industriales y todo a base de fuentes de esta sustancia. El As puede causar grandes malestares y enfermedades entre ellos los más característicos son cáncer o lesiones cutáneas. La mayoría de los daños que provoca son relacionados con la piel como son hiperpigmentación, hipopigmentación e hiperqueratosis; daños al sistema cardiovascular, alteraciones renales y hepáticas, desarrollo de neuropatías periféricas y encefalopatías [1, 2].

Los niveles permisibles de este elemento de acuerdo a la Modificación a la Norma Oficial Mexicana-127-1994 (NOM-127) son de 0.025 mg de arsénico/L y la OMS recomienda un valor de 0.010 mg As/L y la mayoría de las regiones reportadas con exceso de arsénico en sus aguas son los estados de: Baja California Norte, Durango, Aguascalientes, Zacatecas Guanajuato, Sonora, Chihuahua, Chiapa Coahuila, Nuevo León, Sinaloa, San Luis Potosí, Jalisco, Michoacán, Querétaro, México, Hidalgo, Chiapas y Puebla [3].

Al saber las altas concertaciones de arsénico en varios estados del país se han estudiado estrategias de remover este elemento toxico del agua, entre algunos de los métodos usados son

los siguientes: Coagulación, Osmosis Inversa, Intercambio Iónico, Nanofiltración, Ablandamiento con cal y Adsorción, sin embargo estos métodos a excepción de adsorción tiene más desventajas que ventajas y requieren mayor inversión. Los materiales adsorbentes en estudio ( $Al_2O_3$ ) debido a su propia capacidad de adsorción de aniones de As (v), accesibilidad y un fácil manejo además de que separan fácilmente cantidades pequeñas de elementos tóxicos de grandes volúmenes de soluciones. Estas ventajas en los materiales adsorbentes han motivado a muchos investigadores a usarlos para remover arsénico del agua. La adsorción del As (V) en las superficies de los coloides de suelos y sedimentos es un proceso muy importante, que afecta su movilidad (Tamaki and Frankenberger, 1992). Los grupos hidroxilo de la superficie de algunos minerales son los sitios de adsorción más abundantes y reactivos, particularmente en los óxidos e hidróxidos de hierro, aluminio y magnesio tienen una fuerte afinidad por el As (V) (Pierce and Moore, 1982, Gustafsson and Jacks, 1995, Wilkie and Hering, 1996, Smith et al., 1998). [4]

Es por ello que el objetivo de este proyecto es sintetizar y caracterizar adsorbentes para la remoción de contaminantes del agua subterránea tales como Arsénico (As) sobre la alúmina activada preparada a partir de sulfato de aluminio, de bajo costo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

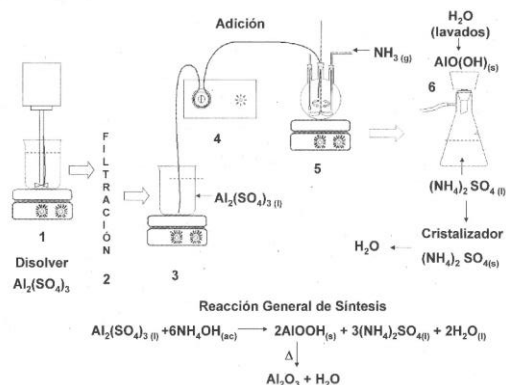
### *Síntesis de pseudobohemita.*

Para la síntesis del Oxi-hidroxido de Aluminio ( $AlOOH$ ) (IMAGEN 1) se partió de sal sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ ), la cual se disuelve en agua destilada y posteriormente filtrada para remover impurezas.

Posteriormente se continuó con la reacción de precipitación según se describe enseguida. En un matraz de tres bocas conteniendo una cierta cantidad de agua destilada, se hace burbujear amoníaco gas y se calienta la solución hasta cierta temperatura, una vez lograda la temperatura deseado se adiciona por goteo a una velocidad controlada la solución de sulfato de aluminio utilizando a una bomba peristáltica con un goteo constante, durante la reacción se mantuviera un

PH alcalino, temperatura y agitación vigorosa constantes. Así, se formó un precipitado blanco que posteriormente se filtró y lavó con agua destilada caliente para separar el subproducto en solución de sulfato de amonio según se indica en el esquema de la Imagen 1.

Finalmente se dejó secar el precipitado obtenido a temperatura ambiente durante 24 horas y posteriormente se calcino.



**IMAGEN 1: Reacción General y proceso de síntesis vía Hidrolisis del (Al(OH)3)**

### Caracterización de material.

Para conocer las características del material que se generó, se aplicaron varios métodos de caracterización y fueron los siguientes:

- *Difracción de Rayos-X.*

El análisis se realizó en un Difractómetro Siemens con un tubo de rayos-X con ánodo de cobre, operado a 30Kv y 20mA.

- *Fisorción de Nitrógeno (BET)*

En este método se usó nitrógeno gas como adsorbato y nitrógeno líquido para mantener la temperatura constante durante la prueba de adsorción-desorción de nitrógeno. De esta forma se obtiene los valores de área superficial y porosidad presentes en la muestra.

- *Microscopía electrónica de Barrido (SEM)*

Esta técnica consiste en hacer incidir un haz de electrones sobre la muestra. La muestra generalmente es recubierta con una capa muy fina

de oro o carbón, lo que le otorga propiedades conductoras.

### Muestreo y estudios de remoción de As con material adsorbente.

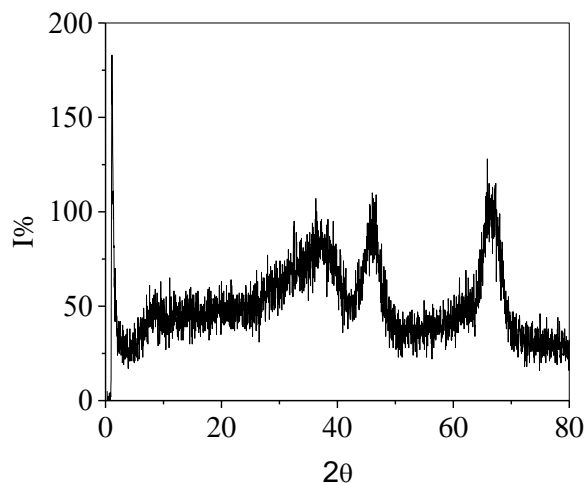
Para conocer la concentración de Arsénico, se preparó una solución a partir de una cantidad de agua. Se analizó dos muestras de agua de los siguientes lugares: del pozo de La Saucedá y del pozo de Campusano, ambas comunidades de Guanajuato.

El método de adsorción consistió en poner una cantidad definida de muestra de agua se colocó en un tubo de centrifuga con una cantidad conocida del material adsorbente, todo en una cuba se mantiene a un pH y temperatura constantes. Pasado el tiempo definido, el material obtenido de separo por filtración la muestra de agua y adsorbente y se procedió al análisis de la muestra de agua tratado por espectrometría de adsorción atómica.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Difracción de Rayos-X

Como se puede observar en la IMAGEN 2, aparece el patrón DRX de la muestra la cual corresponde a la fase  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (alúmina activada) y por la anchura de las señales o picos, asociados a material amorfo o de baja cristalinidad, típico de estos materiales.



**IMAGEN 2: Patrón DRX de  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (alúmina activada).**

### Fisorción de Nitrógeno (BET)

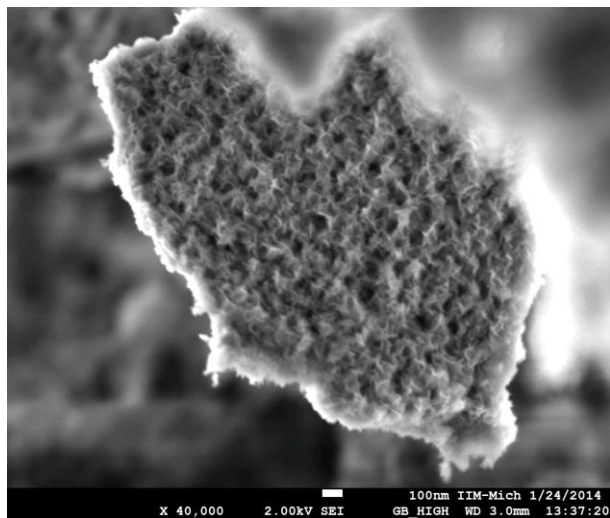
Los resultados obtenidos de valores de área superficial (SBET), Volumen de poro (VP), Diámetro de poro (DP) y Tamaño de partícula (TP) al analizar la alúmina activada por esta técnica se resumen en la Tabla 1. Los valores aquí mostrados son muy similares a los reportados en otros trabajos (Tamaki and Frankenberger, 1992).

Muestra	SBET (m <sup>2</sup> /g)	V <sub>P</sub> (cm <sup>3</sup> /g)	D <sub>P</sub> (nm)	T <sub>P</sub> <sup>*</sup> (nm)
Alúmina activada (γ-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	326	0.92	11.30	250

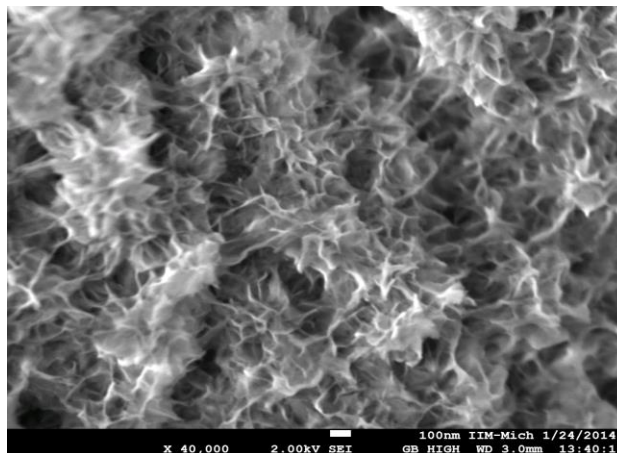
**TABLA 1:** Análisis del material adsorbente por medio del método BET

### Microscopía electrónica de Barrido (SEM)

En relación a la morfología de las partículas del precursor, en la IMAGEN 3 se muestra una micrografía que ilustra partículas amorfas mayores de 2 micras. En adición en la IMAGEN 4 se ilustra la apariencia porosa de las paredes de las partículas.



**IMAGEN 3:** Micrografía de partículas del precursor (AIOOH) de alúmina activada.



**IMAGEN 4:** Micrografía de partículas del precursor (AIOOH) ilustrativa de su alta porosidad.

### Evaluación del material adsorbente

Las muestras de agua que se analizaron previamente por AA se determinaron como (MA) y las muestras de agua después de haber sido tratadas con el adsorbente como (MTA). En la TABLA 2 se muestran los resultados obtenidos.

Muestra	As <sub>T</sub> (mg/Lt)	
	M <sub>A</sub>	M <sub>TA</sub>
La Sauceda	0.0671	0.0018
Campusano	0.0606	0.0027

**TABLA 2:** Resultados de análisis por AA de As (total) de muestras de agua del pozo de La Sauceda y del pozo de Campusano, ambas comunidades de Guanajuato

## CONCLUSIONES

Basados en los resultados obtenidos, correlacionando las técnicas de caracterización aplicadas, se puede observar que aplicando una metodología simple, se pueden obtener materiales adsorbentes con características útiles para ser utilizados como tipo filtros para separar componentes tóxicos presentes en fuentes naturales de agua para consumo, tal como el Arsénico estudiado en esta oportunidad de realizar una estancia del Verano de Investigación.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Prof. Merced Martínez Rosales por el apoyo, paciencia y que me haya transmitido nuevos conocimientos que me influenciaron para continuar investigando.

## REFERENCIAS

[1] Vega, Gleason Sylvia. Riesgo sanitario ambiental por la presencia de arsénico y fluoruros en los acuíferos de México. Julio 2017. Recuperado de. <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico13/104.pdf>.

[2] OMS Arsénico. Julio 2017. Recuperado de. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/es/>

[3] Ortiz, Perez María Deogracias. El agua para el consumo humano en México. Julio 2017. Recuperado de. [http://www.colsan.edu.mx/investigacion/pays/archivo/El\\_agua\\_para\\_consumo\\_humano\\_Mexico-2015-07.pdf](http://www.colsan.edu.mx/investigacion/pays/archivo/El_agua_para_consumo_humano_Mexico-2015-07.pdf)

[4] Mayorga, Moreno Paloma. Arsénico en agua subterráneas su transferencia al suelo y a la planta. Julio 2017. Recuperado de. <http://digital.csic.es/bitstream/10261/81461/1/Arsenico%20en%20aguas%20subterranas.pdf>