

## Material cerámico poroso obtenido de restos orgánicos de cocina, para adsorción de Plomo y Selenio en efluentes contaminados

### Porous ceramic material obtained from organic kitchen waste, for Lead and Selenium adsorption in contaminated effluents

A. Trujillo-Estrada <sup>a\*</sup>, V. E. Reyes-Cruz <sup>a</sup>, Q. L. Reyes-Morales <sup>a</sup>, J. A. Cobos-Murcia <sup>a</sup>  
J. C. Juárez-Tapia <sup>a</sup>, F. Legorreta-García <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ciudad del Conocimiento Carr. Pachuca-Tulancingo Km 4.5, Mineral de la Reforma, Hgo., 42184, México.

#### Resumen

Se obtiene un material cerámico poroso para la adsorción de iones metálicos en soluciones acuosas, este material es elaborado con los desechos de una cocina doméstica, llevándolos a una carbonización controlada a 600 °C, este proceso es caracterizado por dejar la presencia de enlaces de carbono libres que permiten la adsorción de los iones metálicos en el material. El material cerámico poroso elaborado puede utilizarse para la adsorción de algunos metales pesados en soluciones acuosas contaminadas principalmente Pb y Se, ya que es selectivo con estos iones, sin descartar la adsorción de otros metales.

#### Palabras Clave:

Cerámico poroso, Adsorción, metales pesados, Pb, Se.

#### Abstract

A porous ceramic material is obtained for the adsorption of metal ions in aqueous solutions, this material is made with the waste of a domestic kitchen, taking them to a controlled carbonization at 600 °C, this process is characterized by leaving the presence of carbon bonds free that allow the adsorption of metal ions in the material. The porous ceramic material produced can be used for the adsorption of some heavy metals in aqueous solutions contaminated mainly Pb and Se.

#### Keywords:

Porous ceramic, Adsorption, heavy metals, Pb, Se.

#### 1. Introducción

El plomo es un elemento químico tóxico con la característica de acumularse y afectar numerosas partes del organismo, como los sistemas neurológico, hematológico, gastrointestinal, cardiovascular y renal. Los niños son vulnerables a los efectos neurotóxicos del plomo, que incluso a niveles bajos de exposición a dicho metal pueden causar daños neurológicos graves y en algunos casos irreversibles, no existe un nivel de exposición al plomo seguro para la salud (OMS, 2006).

Las tecnologías más actuales usadas para el tratamiento de agua contaminada son:

- tratamiento biológico usando microorganismos: los microorganismos tienen por objetivo aprovechar los mecanismos biológicos y bioquímicos que poseen para

generar cambios en las características de los contaminantes (Sanz, 2019).

- usando plantas: las plantas al ser expuestas a metales pesados pueden presentar diferentes respuestas fisiológicas que se pueden clasificar como: excluyentes, la acumulación de metales en la planta es menor que la concentración del suelo; indicadoras, donde la acumulación de metales en el tejido aéreo guarda una relación lineal respecto a la concentración del suelo; y, acumuladoras, donde la acumulación de metales en su parte aérea es mucho mayor que la concentración de metales en el suelo.
- floculación o precipitación: este método de tratamiento consiste en el uso de una sustancia llamada floculante que tiene la propiedad de producir agregación de partículas coloidales, permitiendo una rápida separación sólido-líquido

\*Autor para la correspondencia: [ariadnat@gmail.com](mailto:ariadnat@gmail.com)

Correo electrónico: [ariadnat@gmail.com](mailto:ariadnat@gmail.com) (Ariadna Trujillo Estrada), [reyescruz16@yahoo.com](mailto:reyescruz16@yahoo.com) (Víctor Esteban Reyes Cruz), [quinik15@hotmail.com](mailto:quinik15@hotmail.com) (Quinik Luis Reyes Morales), [catseven78@gmail.com](mailto:catseven78@gmail.com) (José Ángel Cobos Murcia), [jcjuarez@uaeh.edu.mx](mailto:jcjuarez@uaeh.edu.mx) (Julio Cesar Juárez Tapia), [elegorreta@hotmail.com](mailto:elegorreta@hotmail.com) (Felipe Legorreta García)

- métodos electroquímicos: corresponden a los procesos que utilizan reacciones de oxidación – reducción, esta reacción es conducida con la ayuda de dos electrodos, ánodo y cátodo, que se encuentran en una disolución y son sometidos a una energía eléctrica externa.
- osmosis: este método consiste en el uso de una membrana selectiva de unos determinados tipos de iones para poder realizar una separación física de los solutos que se encuentran en el agua. En el caso de una osmosis inversa, se utiliza una membrana semipermeable que separa soluciones a distintas concentraciones (Covarrubias, 2017).
- intercambio iónico: en este tratamiento, se busca intercambiar determinados los iones que se encuentran en la sustancia a tratar con otros iones diferentes que se encuentran en una disolución (Ramírez, 2016).
- campos magnéticos o eléctricos: en este tratamiento, un material adsorbente altamente poroso actúa como una matriz magnética, donde también aporta un componente adsorbente al sistema que permite la eliminación de especies metálicas complejas e iones de la solución (Navratil, 2000).

Cabe mencionar que los materiales porosos generalmente llamados carbón, se utilizan en el proceso de limpieza de efluentes con altos contenidos de contaminantes metálicos, sin embargo, este tipo de materiales necesitan un proceso llamado activación, en donde antes de la carbonización se les agrega una solución de  $H_3PO_4$ , después se someten a carbonización (por lo menos 1 hora a temperaturas entre los 400 y 600 °C) en una atmósfera de  $N_2$  100cm/min para evitar que se oxiden (Lavado, 2010).

En este trabajo se utilizó la adsorción iónica, a través de un material cerámico poroso, elaborado con desechos de cocina, carbonizados a baja temperatura, y se verificó su adsorción en una solución que contenía una variedad de metales pesados producto de la limpieza electroquímica de arcillas caoliníticas.

## 2. Metodología

Se obtuvieron residuos, producto de la generación de desperdicios en una cocina doméstica que se utilizó como materia prima.

Se recolectaron desperdicios de frutas y vegetales tales como: cáscaras plátano (*Musa sp.*), limón (*Citrus limon*), naranja (*Citrus sinensis*), corazones de manzana (*Golden Delicious*), calabazas (*Cucurbita sp.*), semillas grandes de fruto como las de mango (*Mangifera sp.*) y aguacate (*Persea americana*). Así como tallos de espinaca (*Spinacia oleracea*), apio (*Apium graveolens*); y también restos de origen animal como los huesos del ave de gallina (*Gallus gallus*).

Toda la materia prima se picó y homogeneizó de forma mecánica con una licuadora, para obtener una sola masa; se introdujo dentro de un vial metálico y se cerró herméticamente.

Se introdujo el vial en una mufla, y se elevó la temperatura entre 595 y 605 °C preferentemente 600 °C, por un tiempo de entre 28 y 32 minutos preferentemente 30 minutos, posteriormente se apagó la mufla y se dejó enfriar entre 11 y 16 horas, preferentemente 12 horas.

Las pruebas se realizaron 4 veces para comprobar la repetibilidad del mismo, además los análisis de DRX e ICP también se realizaron por cuarteto, sin embargo, se presentan solamente 2 de las 8 gráficas de DRX y una sola de las 4 tablas que se obtuvieron, para que sea más fácil la comprensión del presente trabajo, haciendo notar que los resultados no tuvieron variación entre ellos.

El material carbonizado (material cerámico poroso tipo carbón) obtenido a partir de dicho proceso, es caracterizado por la

presencia de enlaces de carbono libres, que son reactivos y proporcionan propiedades de adsorción del material y su aplicación en la adsorción de iones metálicos en soluciones acuosas.

## 3. Resultados y discusión

El análisis de DRX que se muestra en la figura 1 es para el material cerámico poroso limpio o sin contaminar, se obtiene la señal en la forma de una media luna desde antes de los 10° y hasta aproximadamente los 40° en 2 Theta, característico de materiales amorfos.

Es decir, tenemos una mezcla de feldspatos de Ca, Na y K, ya que cada uno de estos componentes que conforman al material cerámico poroso sirven como iones de intercambio en el proceso de adsorción.

En la figura 2 se muestra los análisis DRX al material cerámico poroso tipo carbón a una temperatura de sinterizado de 600 °C.

El material se sometió a una inmersión de una hora, en una solución de ácido oxálico contaminado, con la finalidad de que llevara a cabo el proceso de adsorción de los iones metálicos en solución, que son producto de la limpieza del caolín. Se observa la media luna pronunciada de los materiales amorfos en un intervalo en el eje 2 Theta de 10°- 40° aproximadamente.

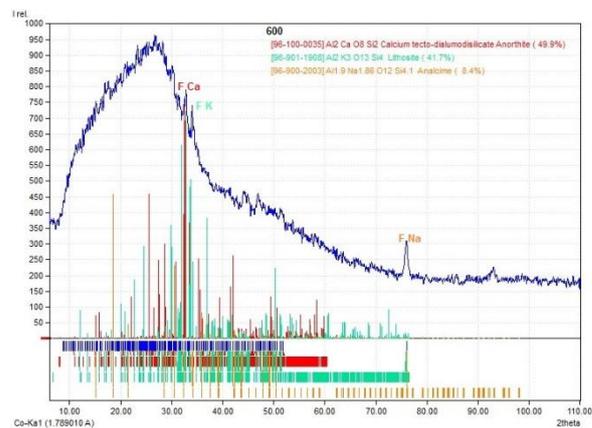


Figura 1: Material cerámico poroso 600°C.

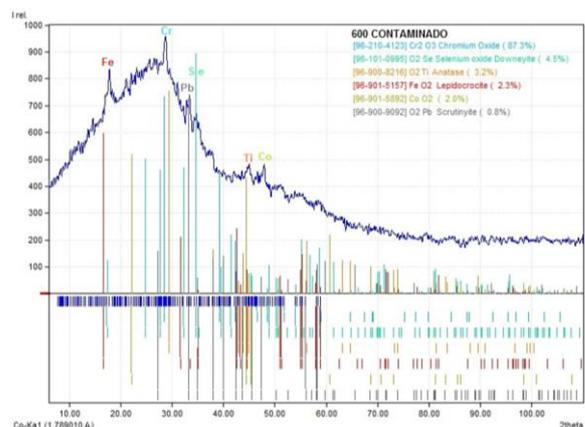


Figura 2: Material cerámico poroso 600°C, contaminado con ácido oxálico usado para blanqueamiento de caolín.

Desaparecen los picos de los feldspatos de Ca, K y Na, y además, se presentan los iones de: óxido de Cr en forma de  $Cr_2O_3$ , óxido de selenio en forma de  $SeO_2$ , óxido de Ti en su forma anatasa  $O_2Ti$ , óxido de Fe en forma de lepidocrocita  $FeO_2$ , óxido de Co en su forma  $CoO_2$  y óxido de Pb en su forma  $O_2Pb$ .

Este material a 600°C presenta una adsorción de los iones de metales pesado y los muestra atrapados en el material cerámico con diferente grado de adsorción para cada uno.

A continuación, en la tabla 1, se registran los resultados obtenidos de los análisis a las soluciones de ácido oxálico que se utilizaron para blanqueamiento de caolín mediante las técnicas de ICP-OES y de absorción atómica. Se detallan los valores de la concentración en unidades de partes por millón de varios metales contenidos en la solución inicial, y en una solución después del tratamiento con el material poroso a 600 °C.

**Tabla 1: Concentraciones en ppm de metales pesados en cada muestra**

Elemento	Muestras	
	inicial (ppm)	600 °C (ppm)
Al	6052	1532
Si	6542	20.32
Fe	3220	581.4
Ti	51.3	2.46
Ca	310.7	102.96
Mg	30.1	42.28
Cd	1.3	0.22
Co	1.20	0.26
Cr	5.2	1.38
Cu	33.7	5.92
Mn	14.4	3.76
Ni	2.50	0.50
Pb	3.03	ND
Se	0.60	ND
Zn	20.3	5.08

Las soluciones de ácido oxálico presentaron una concentración inicial de cada una de los elementos que puede observarse en la columna 1, mientras que en la segunda columna se presentan los resultados utilizando el material cerámico poroso, y se observa que el Pb y Se, ya no son detectados por el análisis, es decir desaparecieron de la solución, quedando adsorbidos en el material poroso, como se menciona en (Lavado, 2010) el material cerámico poroso carbón activado es compatible con los iones de Pb, ya que se reporta una adsorción del 80% en su trabajo (Lavado, 2010), sin embargo en el presente trabajo no solamente queda en el material ese elemento, además el ion Se también es removido de la solución, llevando el contenido de Fe de 3220 ppm a 581.4 ppm, el Ti presenta solo 2.46 ppm, el Cd y el Co presentan 0.22 y 0.26 ppm respectivamente.

Cabe mencionar que en el presente trabajo no se hace una activación del material y tampoco se utiliza una atmosfera inerte como lo menciona Lavado Meza (Lavado, 2010).

#### 4. Conclusiones

Es un filtro que se elabora a baja temperatura, con materia prima de reciclaje, y fácil de elaborar, muy eficaz en la adsorción de metales pesados.

Es caracterizado por la presencia de enlaces de carbono libres, que son reactivos y proporcionan propiedades de adsorción del material y su aplicación en la adsorción de iones metálicos en soluciones acuosas

El material cerámico poroso elaborado puede utilizarse para la adsorción de algunos metales pesados en soluciones acuosas contaminadas principalmente Pb y Se, ya que es selectivo con estos iones.

Para un trabajo a futuro se ensayará el filtro para la aplicación directa en el proceso minero de blanqueamiento de arcillas caoliniticas, así se podrá hacer un reciclado de la solución usada para el dicho proceso, y reducir el costo del mismo.

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado parcialmente gracias al apoyo CATEDRAS CONACYT.

#### Referencias

- Covarrubias, Sergio Abraham; Peña Cabriales, Juan José (2017). Contaminación ambiental por metales pesados en México: problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, [S.l.], v. 33, p. 7-21. ISSN 01884999. DOI: <http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2017.33.esp01.01>.
- Lavado Meza, C., Sun Kou, M. del R. y Bendezu, S. (2010). Adsorption of lead from industrial wastewater using activated carbons with H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. *Rev. Soc. Quím. Perú* [online]. 2010, vol.76, n.2, pp.165-178. ISSN 1810-634X. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2010000200007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2010000200007&lng=es&tlng=es).
- Navratil, J. D. (2000). Amagnetic field-enhanced filtration/sorption Device and its potential for inexpensive water and wastewater treatment. *Egyptian Society of Nuclear Sciences and Applications, Cairo (Egypt), Egypt*. DOI: <https://www.osti.gov/etdweb/servlets/purl/20153199>.
- OMS, (2006). Ambientes saludables y prevención de enfermedades. Hacia una estimación de la carga de morbilidad atribuible al medio ambiente. Organización Mundial de la Salud, publications, 16. ISBN: 9789243594200. DOI: 10.3923/ijbc.2010.190.202.
- Ramírez Arcila, H., & Jaramillo Peralta, J. (2016). Agentes Naturales como Alternativa para el Tratamiento del Agua. *Revista Facultad De Ciencias Básicas*, 11(2), 136-153. <https://doi.org/10.18359/rfcb.1303>.
- Sanz Villalón, María. (2019). Sistema de secuestro selectivo de metales en aguas mediante biopolímeros. Universidad de Valladolid. Tesis licenciatura. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/35377>.