



## **RETENCIÓN DE ARSÉNICO EN DOS INTERCAMBIADORES DE IONES CON TRAZADORES RADIACTIVOS**

**Nohema M. Monreal Campa**

Universidad Autónoma de Zacatecas / Área de Ciencias de la Salud  
Km. 6 Carr. Zacatecas-Guadalajara  
Ejido La Escondida, Zacatecas, Zac.  
[hydroxyapatita@hotmail.com](mailto:hydroxyapatita@hotmail.com)

Valentín Badillo Almaraz, Verónica E. Badillo Almaraz

Universidad Autónoma de Zacatecas / Unidad Académica de Estudios Nucleares  
C. Ciprés No. 10 Fracc. La Peñuela 98068 Zacatecas, Zac.  
[ebadillo@cantera.reduaz.mx](mailto:ebadillo@cantera.reduaz.mx)

### **1. INTRODUCCION**

El problema sanitario que el arsénico provoca, ha llamado mucho la atención de investigadores ya que éstas alteraciones pueden empezar desde una sencilla inflamación en la piel hasta provocar cáncer [1]. Dado que las aguas subterráneas son la principal fuente de agua para consumo humano, la población se encuentra expuesta a la ingestión de elementos como el As, que pueden ser integrados a los cuerpos de agua debido a la actividad humana a la par con la actividad industrial, las cuales provocan contaminación del agua, suelo y aire llegando a ser un problema serio de salud pública, por lo cual se deben buscar alternativas para poder solucionarlo. Sus complicaciones pueden ser variadas pero las más severas son las que se adquieren por medio de la ingestión de agua de consumo humano, ya que al incorporarse el arsénico a nuestro organismo se va a distribuir de manera muy fácil a todo el sistema. Esto provoca intoxicaciones graves, ya que el arsénico es un metal pesado, se acumula en muchas partes del organismo, como hígado, riñón, tracto respiratorio e intestinal, sistema nervioso central trayendo consigo neuropatías, obstrucción de la circulación en los miembros inferiores, visión borrosa, hiperpigmentación [2]. Además de ser un elemento con gran capacidad carcinogénica ya que altera el material genético directamente, esto se da con exposiciones a largo tiempo como 5 a 20 años o exposiciones permanentes a altas concentraciones minimizando un poco el tiempo [3].

El estudio de los intercambiadores inorgánicos ha tomado mucho interés por su gran aplicación en la industria ya que en ciertas separaciones los intercambiadores inorgánicos son más selectivos que las resinas intercambiadoras. Además estos materiales poseen una alta estabilidad a temperaturas extremas y son de interés considerable a dosis de radiación elevadas. Varios estudios han examinado extensamente la remoción de arsénico en función del pH, mediante el uso de zeolitas sintéticas, ya que se conocen sus propiedades fisicoquímicas relativas a las de las zeolitas naturales o bien la utilización de arcillas pilareadas. En este trabajo, la investigación se centra en la utilización de dos intercambiadores de iones inorgánicos, uno natural y el otro sintético, para la eliminación del arsénico presente en cuerpos de agua: la kaolinita de la familia de las arcillas y la hidroxiapatita de la familia de las apatitas.

### **2. MATERIAL Y MÉTODOS**

## 2.1. Purificación de sólidos

La hidroxiapatita sintética comercializada por BIO-RAD de fórmula  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  ha sido seleccionada en el presente trabajo. Por ser una hidroxiapatita comercial contiene distintos iones susceptibles, que pueden interferir o participar en los equilibrios de retención, provocando interferencias en nuestras interpretaciones. Por lo que se hace indispensable aplicar una purificación o lavado antes de su uso, teniendo cuidado de no inducir una disolución ni modificación de su estructura. La solución seleccionada para la purificación en el caso de la hidroxiapatita fue NaF 0.1M. El sólido se coloca en una columna de cromatografía y se somete a un lavado continuo con la solución de NaF 0.1M hasta que el efluente tenga la misma composición que la solución influente de tal forma que se obtiene la eliminación de las impurezas y por otra parte un tratamiento correcto de la superficie del sólido, el exceso de la solución se elimina al lavar al sólido con una solución diluida o etanol absoluto. La suspensión se filtra bajo atmósfera de nitrógeno y el sólido se seca en campana ventilada y luego en una estufa a 40°C.

Las arcillas al estado natural contienen una gran cantidad de óxidos en diferentes porcentajes,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{FeO}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  y  $\text{V}_2\text{O}_5$ , así como la presencia de otras fases minerales solubles y materia orgánica. Un estudio serio sobre la retención de especies aniónicas deberá comenzar con una etapa de purificación con el fin de eliminar las fases minerales secundarias que acompañan a la arcilla al estado natural. Se comenzó con la dispersión del mineral bruto en una solución de peróxido de hidrógeno para eliminar la materia orgánica principalmente mientras que las partículas pesadas se eliminaron por sedimentación. La separación de las fases se realizó por centrifugación para recuperar la arcilla la cual se sometió a lavados sucesivos con soluciones salinas de NaCl, a diferentes valores de pH y a diferentes concentraciones. La arcilla recuperada se secó en la campana ventilada y luego en una estufa a 40°C; una vez que el mineral estuvo seco, se molió en un mortero de porcelana.

## 2.2. Obtención del coeficiente de Distribución del arsénico en trazas

Se prepararon suspensiones de kaolinita e hidroxiapatita en soluciones de  $\text{NaClO}_4$  0.02 M para evaluar su afinidad por el arsénico en solución acuosa, en función del pH. Experimentalmente, esta afinidad del sólido se obtiene en términos de un coeficiente de distribución, Kd, expresado en (ml/g) el cual traduce la repartición de un elemento entre la fase sólida y la fase líquida sin precisar el mecanismo responsable de la retención. En este trabajo, los coeficientes de distribución de las especies químicas del arsénico se determinaron utilizando las posibilidades experimentales que ofrece la técnica de trazadores radioactivos. Para el estudio de la retención del arsénico se utilizó el radisótopo  $^{76}\text{As}$ , producido por bombardeo neutrónico del  $^{75}\text{As}$  en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. El protocolo experimental para el estudio de la retención del arsénico en los dos intercambiadores de iones inorgánicos, se divide en dos etapas: la primera destinada a la preparación de suspensiones y ajuste del valor de pH de la solución; la segunda destinada al marcado con el radiotrazador y al análisis radioquímico del sobrenadante en el tubo de centrifugación.

En la siguiente ecuación definimos lo que es la constante de distribución aplicada especialmente a la técnica de trazadores radiactivos.

$$Kd = \left( \frac{A^o}{A_t} - 1 \right) \cdot \frac{V}{m}$$

Donde:

Kd = Coeficiente de distribución

$A^o$  = Actividad inicial del  $^{76}\text{As}$  en solución acuosa

$A_t$  = Actividad del  $^{76}\text{As}$  al equilibrio

V = volumen de la solución acuosa

m = masa de la hidroxiapatita.

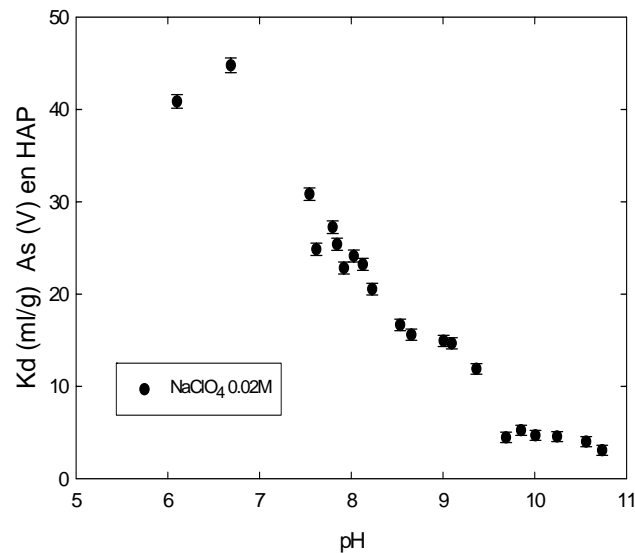
Las medidas de radiactividad se determinaron utilizando un detector de estado sólido de Germanio Hiperpuro marca Canberra Modelo 7229P, acoplado a un analizador multicanal ACUSPECT-A (8k) y a una computadora personal. Los resultados se analizaron utilizando el software MCA Genie 2000 de Canberra,

bajo la misma geometría. El detector fue calibrado con  $^{60}\text{Co}$  y  $^{137}\text{Cs}$  utilizando los fotopicos de 1172.3, 1332.5 y 661.5 KeV. El fotopico utilizado para realizar el análisis fue el pico de 559 KeV para  $^{76}\text{As}$ .

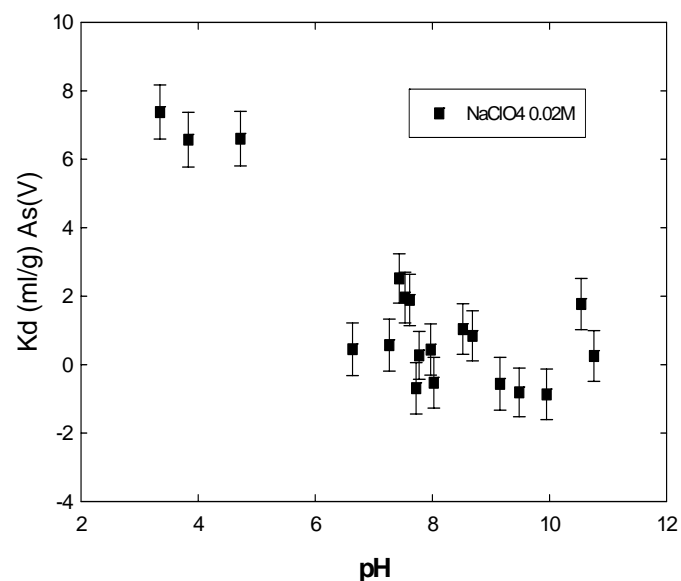
### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La retención de arsénico se estudia en función de los valores de pH de las soluciones. Las siguientes figuras muestran los resultados de la fijación del arsénico en la hidroxiapatita y la kaolinita en una solución de  $\text{NaClO}_4$  0.02M. Las medidas de pH se efectúan en modo estático con el fin de evitar toda pérdida del sólido. La calibración del pH-metro se realiza con soluciones comerciales y luego se miden los valores de pH de las muestras.

La figura 1 muestra las medidas de retención del arsénico para la hidroxiapatita en  $\text{NaClO}_4$  0.02M en función del pH, se observa importantes valores del Kd a valores de pH cercanos a la electroneutralidad para luego disminuir conforme aumenta el pH de la solución, lo que muestra una fuerte competencia entre los grupos hidroxilo de la solución y las especies aniónicas del arsénico en trazas.



**Figura 1** - Variación del coeficiente de distribución del arsénico en una suspensión hidroxiapatita/ $\text{NaClO}_4$  0.02M



**Figura 2-** Variación del coeficiente de distribución del arsénico en una suspensión kaolinita/ $\text{NaClO}_4$  0.02M

La figura 2 muestra las medidas de retención del arsénico para la kaolinita en  $\text{NaClO}_4$  0.02M en función del pH, se obtienen valores del Kd mas pequeños a valores de pH mucho mas ácidos que para la hidroxiapatita, ademas de disminuir completamente a cero conforme aumenta el pH de la solución, lo que muestra una fuerte competencia entre los grupos hidroxilo de la solución y las especies aniónicas del arsénico en trazas y la afinidad superior de la hidroxiapatita por las especies aniónicas.

#### 4. REFERENCIAS

[1] Kazi Farzana Akter, Gary Owens, David E. Davey, Ravi Naidu. "Arsenic Speciation and Toxicity in Biological Systems", *Rev. Environ. Toxicol.* 184 (2005) 97-149.

[2] **Jl-Hun Ryu, Suduan Gao, Randy A. Dahlgren and Robert A. Zierenberg**, Arsenic distribution, speciation and solubility in shallow groundwater of Owens Dry Lake, California, *Pergamon* **66** (2002) 2981-2994.

[3] **E. I. Hamilton**, Environmental variables in a holistic evaluation of land contaminated by historic mine wastes: a study of multielement mine wastes in West Devon, England using Arsenic as an element of potential concern to human health. *Elsevier* **249** (2000) 171-221.