



## EFFECTO DEL pH Y DEL CALCIO EN LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO CON HIDROXIAPATITA.

**J. Armando Flores de la Torre**

Universidad Autónoma de Zacatecas / Unidad Académica de Ciencias Químicas  
Km. 0.5 carr. A Cd. Cuauhtémoc, C.P. 98600 Guadalupe, Zac  
[arman\\_do19@hotmail.com](mailto:arman_do19@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 [1,2]. El arsénico puede ser ingerido por muchos medios, tales como, inhalación, por medio de alimentos contaminados, agua contaminada, o simple exposición en el lugar de trabajo. 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].

Debido a estos serios problemas de salud que pueden ser provocados por las altas concentraciones de arsénico en el agua de consumo humano, se propone en este trabajo de investigación, remover el excedente de Arsénico que contienen aguas potables en distintas zonas geográficas de nuestro país, por medio de un intercambiador de iones inorgánico, por ejemplo del grupo mineral de las apatitas. Dado que las apatitas naturales son sólidos bastante complejos incluyendo diferentes cationes y aniones en los diferentes sitios cristalográficos, es aconsejable escoger la especie mineral la más representativa y la más simple de estudiar. Es así que la hidroxiapatita  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  fue seleccionada como objeto de estudio. Específicamente, en el presente trabajo se ha utilizado una hidroxiapatita sintética comercializada por BIO-RAD.

### 2. MATERIAL Y MÉTODOS

#### 2.1 Purificación de la fase mineral Hidroxiapatita.

La hidroxiapatita comercial contiene distintos cationes susceptibles de participar en los equilibrios de retención y provocar una complicación inútil en nuestras interpretaciones. Es por esto que se hace indispensable purificarla antes de utilizarla y acondicionarla bajo una sola forma mono-catiónica, es decir, imponer en la superficie de este sólido la presencia de un solo catión adsorbido. El sólido es colocado en una columna de cromatografía y sometido a un "lavado" en continuo por la solución de acondicionamiento seleccionada,  $\text{CaCl}_2$  0.1M, hasta que la solución efluente tenga la misma composición que la solución influente. De esta forma obtenemos por una parte la eliminación de las impurezas catiónicas y por otra parte un tratamiento correcto de la superficie del sólido. El exceso de solución salina se elimina al lavar la fase sólida con una solución diluida o bien con etanol absoluto. La suspensión se filtra bajo atmósfera de nitrógeno. El sólido se seca en campana ventilada y luego en una estufa a 40°C.



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

Se realizaron dos experimentos para evaluar la afinidad de la hidroxiapatita por el arsénico en solución acuosa, en función del pH. Experimentalmente, esta afinidad del sólido se obtiene en términos de un coeficiente de distribución,  $K_d$ , 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 radisótoto  $^{76}\text{As}$ , 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 la hidroxiapatita, 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.

$$K_d = \left( \frac{A^0}{A_t} - 1 \right) \cdot \frac{V}{m}$$

Donde:

$K_d$  = Coeficiente de distribución

$A^0$  = 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 Hiper-puro 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 559.1 KeV para  $^{76}\text{As}$ .

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La remoción del arsénico se estudia en dos soluciones distintas:  $\text{NaClO}_4$  y  $\text{CaCl}_2$ , y en función de los valores de pH de las soluciones. Las siguientes figuras muestran los resultados de la fijación del arsénico en la hidroxiapatita en una solución de  $\text{NaClO}_4$  0.01M y  $\text{CaCl}_2$  0.01M, respectivamente. 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 en  $\text{NaClO}_4$  0.01M en función del pH, se observa un aumento proporcional del  $K_d$  del arsénico conforme aumenta el pH (6 a 9), lo que muestra una fuerte competencia entre los grupos fosfato del mineral Hidroxiapatita liberados en solución y las especies aniónicas del arsénico. La gráfica indica una disminución en el coeficiente de distribución a partir de valores de pH de 10 conforme aumenta el valor del pH de la solución. Por la disolución que presentó la Hidroxiapatita en la gráfica anterior, ahora se utilizó una sal de  $\text{CaCl}_2$  0.01M. En la figura 2 se puede observar claramente la influencia de la química en solución de  $\text{CaCl}_2$  de la hidroxiapatita. En casi todo el intervalo de pH estudiado, el  $K_d$  es muy pequeño y permanece casi constante hasta valores de pH de 9 en adelante en donde aparece la formación de un precipitado de  $\text{CaAsO}_3$ .

Los resultados obtenidos en la fijación de arsénico en una solución de  $\text{CaCl}_2$  0.01M y en una solución de  $\text{NaClO}_4$  0.01M, ambas en función del pH, presentan comportamientos muy diferentes en la hidroxiapatita. En estas condiciones fisicoquímicas se observa la clara influencia del efecto del ion común así como de la concentración de los iones hidroxilo en la retención de las especies químicas del arsénico por medio de la hidroxiapatita.

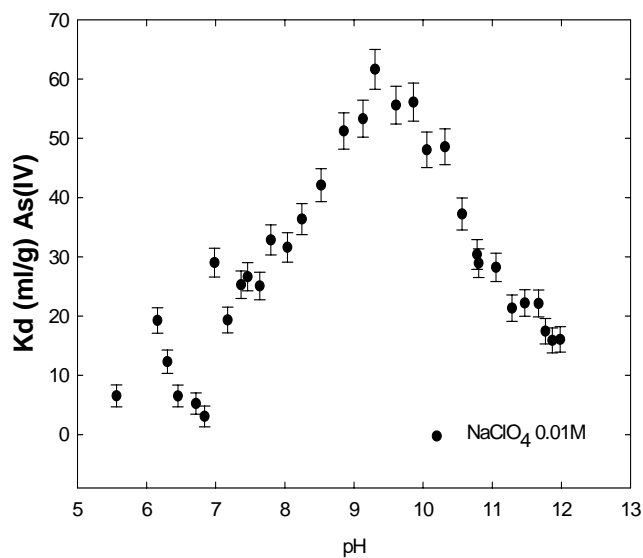


Figura 1 - Variación del coeficiente de distribución del arsénico en una solución de  $\text{NaClO}_4$  0.01M

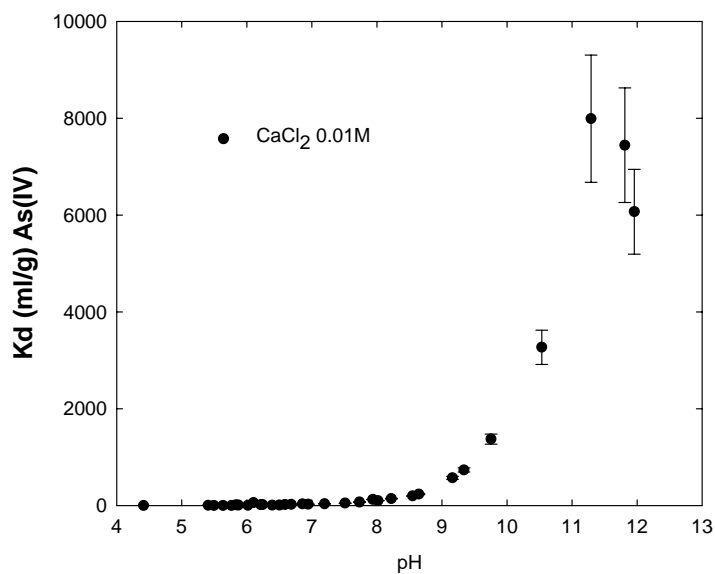


Figura 2- Variación del coeficiente de distribución del arsénico en una solución de  $\text{CaCl}_2$  0.01M

#### 4. REFERENCIAS

[1] BADAL KUMAR MANDAL, KASUO T. SUSUKI, Arsenic round the world: a review. Talanta Elsevier **58** (2002) 201-235.



[2] **JI-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.