

Sepúlveda Saa, Rodrigo

El arsénico en la contaminación de aguas subterráneas
Ciencia UANL, Vol. XII, Núm. 3, julio-septiembre, 2009, pp. 239-244
Universidad Autónoma de Nuevo León
México

Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=40211814002>



Ciencia UANL

ISSN (Versión impresa): 1405-9177

ciencia@mail.uanl.mx

Universidad Autónoma de Nuevo León

México

¿Cómo citar?

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista

El arsénico en la contaminación de aguas subterráneas

□ Rodrigo Sepúlveda Saa



Anuestro planeta le llamamos el planeta azul porque estamos rodeados de agua: 71% es agua y 29% masa continental. Del total de agua existente, 97.2% lo representan los océanos, es decir, agua salada, la cual no es apta para el consumo humano; 2.15% es agua de los glaciares, cuyo acceso es muy difícil. El resto (0.65%) es el agua para nuestro consumo.¹

El porcentaje de agua para el consumo humano se ve afectado por diversas variables, dos de las cuales mencionaremos aquí: una es el aumento de su consumo en relación con el crecimiento de la población; y la otra, el deterioro de la calidad del líquido y su contaminación, tema que se describirá a continuación.

En relación con su calidad, ésta se puede ver afectada tanto por las acciones antropogénicas, es decir, producto de la intervención del hombre o por factores naturales. Una acción natural, por ejemplo, es la contaminación del agua subterránea por ciertos metales como el arsénico, germen y motivo de este artículo.



El arsénico se puede encontrar en aguas subterráneas y en agua superficiales. Sin embargo, es más frecuente en aguas subterráneas, porque el mineral que se encuentra en el subsuelo, al estar tanto tiempo en contacto con el agua, termina por disolverse. Este proceso de disolución, por ser largo, produce altas concentraciones de este metaloide en el agua.

El hecho de que ésta haya estado expuesta al arsénico, aun en dosis pequeñas, ha generado que su consumo se relacione con diversos tipos de cáncer como: de piel, pulmonar, de la vejiga y de próstata. Otras enfermedades relacionadas con la ingesta de arsénico, pero no consideradas cancerígenas, son: desórdenes cardiovasculares, diabetes, anemia, así como defectos inmunológicos en los procesos reproductivos y de desarrollo.²

En diversas partes del mundo, como Chile, Bangladesh, Taiwán, USA, etc., se han reportado problemas relacionados con el consumo de aguas subterráneas contaminadas con arsénico.

En México también se han presentado, reportado y documentado casos, como el de un pozo que distribuía agua contaminada con arsénico con más de 6,000 partes por billón en un periodo de nueve años, 80% de los afectados (60% de la

población total) mostró síntomas leves de envenenamiento, mientras que 20% mostró síntomas graves de envenenamiento por el arsénico que contenía el agua. Aproximadamente una de cada 50 personas expuestas padeció síntomas graves y otras fallecieron.²

Las concentraciones más altas de arsénico, en México, según referencias, se encuentran en la parte noroeste y central del país. La cuenca del Río Conchos, en Chihuahua, comprende aproximadamente 64,000 Km², representando alrededor de 14% del área total de la cuenca del Río Bravo, y es uno de los sistemas ribereños más importantes del norte de México. Durante siglos, el cauce del Conchos ha revitalizado el Río Bravo, que finalmente desemboca en el Golfo de México. Una vez que las aguas del Conchos se mezclan con el Río Bravo, se utilizan para satisfacer las necesidades de Texas, Coahuila, Tamaulipas y Nuevo León. En esta cuenca se presentan altos niveles de arsénico en aguas del subsuelo en los acuíferos de Meoqui y Jiménez, donde algunos pozos muestran niveles que rebasan lo permisible para agua potable.

Las consecuencias para la salud provocadas por el consumo de agua contaminada con dosis de arsénico, ya sea en concentraciones altas o bajas, determinan la necesidad de

investigar y desarrollar procesos tecnológicos que eliminen el problema.

Se han tomado iniciativas como mezclar agua contaminada con aguas limpias para reducir los niveles de arsénico, pero esto no parece ser la solución adecuada.

Para enfrentar este problema de contaminación, en la ciudad de Tucson, Arizona, en Estados Unidos, se llevó a cabo una investigación para demostrar la factibilidad de descontaminar agua con altas concentraciones de arsénico, con diversas tecnologías.

El estudio consistió en evaluar diversos tipos de tecnologías como la de coagulación asistida, el proceso de adsorción por medio de filtros, intercambio de iones, microfiltración, osmosis inversa, entre otras. El presente artículo sólo describirá el proceso de adsorción por medio de cuatro distintos filtros.

Para seleccionar la tecnología y diseñar un proceso que descontamine el arsénico del agua, se debe considerar un factor importante como la química del agua; asimismo, se debe identificar el ión presente. El arsénico se encuentra tanto como As (V) o como As (III), en donde As (V) se descontamina con mayor facilidad que el As (III). Se puede lograr la oxidación del As (III) por medio de aireación, por el uso de cloro u ozono, o por medio del permanganato de potasio.³

También las propiedades físico-químicas del agua juegan un rol importante. Por ejemplo, el pH del agua marca una diferencia significativa en la eficiencia para descontaminar el arsénico empleando diferentes tecnologías.³ Éstas se comportan de distinta manera, considerando la concentración de otros elementos; si ponemos como ejemplo el sulfato, éste tiene mayor afinidad que el arsénico en un filtro sobre otro, altas concentraciones de sulfato determinan qué proceso es más conveniente para descontaminar el agua.

El sitio de investigación era un pozo que trabajaba a una razón de 350 a 500 galones por minuto (gpm), o bien, de 22 a 31.5 litros por segundo (lps), de los cuales 80 gpm o 5 lps se destinan al estudio. Considerando que cada ión tiene una afinidad hacia el filtro, fue indispensable identificar los iones



para evaluar cada tecnología. Después de considerar todos los factores químicos, se determinó utilizar la tecnología de la adsorción.

El estudio consistió en evaluar los procesos de adsorción con cuatro filtros diferentes, se incluyó tanto tecnología tradicional como innovadora, entendiendo como tecnología innovadora la que se ha desarrollado durante los últimos diez a quince años, y que a continuación se describe:

1. "Activated Alumina", aluminio activado (C-AA): tiene una porosidad alta, que por mucho tiempo se ha empleado para remover arsénico del agua, es de las consideradas tecnologías tradicionales. La capacidad de este tipo de filtros para remover el arsénico del agua se ve altamente afectada según la competencia de otros iones, así como de la misma concentración inicial de arsénico. A mayores niveles de arsénico, mayor será la capacidad del filtro. La competencia de iones está correlacionada con el pH del agua, y es bien sabido que estos procesos son altamente sensibles a los cambios en el pH. Se ha demostrado que el pH óptimo para remover arsénico es del rango de 5.5 a 6.0. A medida que el pH se aleja del óptimo la capacidad se reduce. Este tipo de filtros tiene la ventaja de que, al no ser desechable, se puede regenerar, es decir, se puede recuperar la capacidad del filtro; sin embargo, a medida de cada regeneración, el filtro pierde porcentualmente

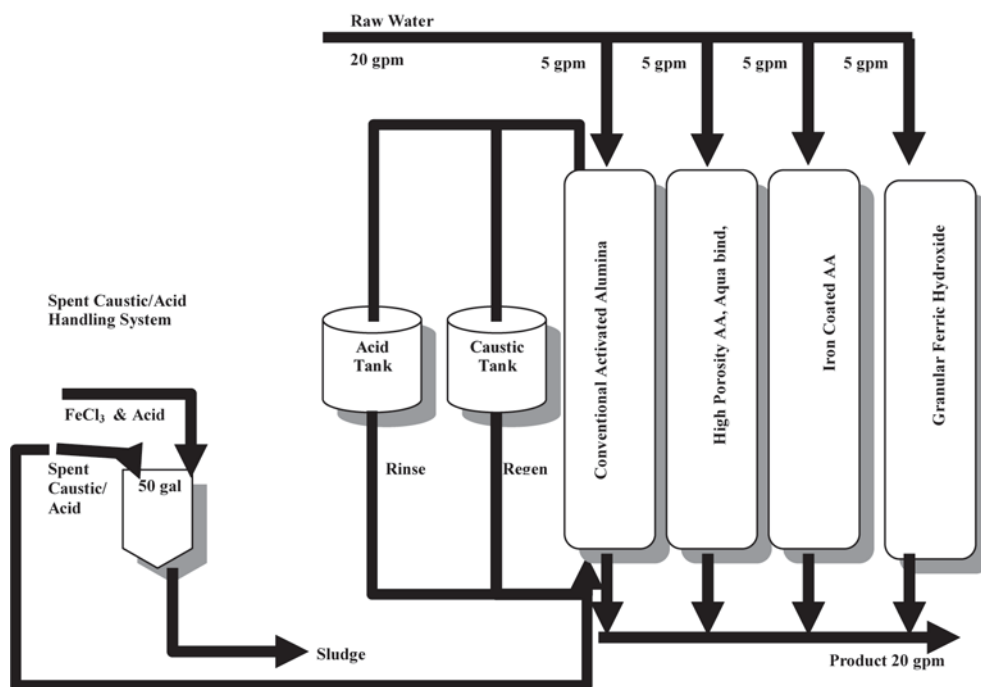


Fig. 1. Esquema de la unidad de adsorción.

su capacidad. Así, entonces, la primera vez que se usa el filtro removerá 100%, después de que regenera removerá sólo 85-95%, y así sucesivamente. Un problema surge durante estos proceso: para regenerar el filtro son necesarios un ácido y un cáustico. Por ende, el manejo, almacenamiento y disposición se debe hacer con mucha precaución.

2. "Granular Ferric Hydroxide", hidróxido férrico granulado (GFH): considerada una de las tecnologías innovadoras; es desechable. Se prepara con una solución de cloruro férrico neutralizando, precipitándolo con hidróxido de sodio. Se lava, centrifuga y granula a alta presión. Este material tiene una alta capacidad, dado que los poros tienen agua y, por ende, un alto índice de sitios específicos disponibles. Iones como el fluoruro, molibdeno, selenio y antimonio también pueden ser removidos con éxito por este material. As (V) y As (III) compiten directamente con el fosfato por los sitios específicos. La turbiedad del agua

juega un rol, dado que el filtro se empieza a atascar al comprimir el filtro y reducir su capacidad. El almacenamiento adecuado es indispensable, dado que este material está hidratado y al researse pierde capacidad.

3. "Iron Coated Activated Alumnia", aluminio activado modificado con hierro (Fe-AA): otro material considerado innovador y desechable. Se prepara con la finalidad de remover mayores concentraciones de arsénico. Demuestra capacidades de hasta cinco veces mayores (acorde al productor) que el tradicional aluminio activado. Tiene un rango de pH mayor para remover arsénico.
4. "High Porosity Alumina", Aluminio de alta porosidad (HP-AA): considerado innovador y desechable. Este material estuvo a disposición del equipo de investigación al comienzo del estudio; sin embargo, el productor ya no lo engendra como filtro, sino como unidades individuales que se colocan debajo del fregadero. Según el productor, tiene un mayor rango de pH y de perfil de la química del agua.

Tabla I. Volumen de agua (galones) tratados por masa del filtro. El GFH en el pH de 7.5 trata la mayor cantidad de agua, es decir, el que mejor trabaja.

“Media” o filtro	Galones tratados	Masa media(Lbs)	Gal/mass
GFH (pH 7.5)	2,371,508	250.63	9462.187
GFH (pH 6.5)	397,770	200.51	1983.791
Fe-AA (pH 6.5)	376,775	1,336.72	281.8653
Fe-AA (pH 7.5)	415,091	1,604.06	258.7752
C-AA (pH 6.5)	284,988	1,323.35	215.3535
C-AA (7.5) + Regeneración	234,441	1,617.43	144.9466
C-AA (pH 7.5)	206,715	1,764.47	117.1542
HP-AA (pH 7.5)	174,930	2,339.26	74.78006

Tabla II. Costos (\$) por 1000 BV tratados. El filtro GFH en el pH de 6.5 es más barato.

Media	Costo mayoreo (\$/1000 BV)	Costo menudeo (\$/1000 BV)
HP-AA	76.05	76.05
C-AA (7.5)	13.89	19.85
C-AA (7.5) + regeneración	12.32	17.6
C-AA (6.5)	10.23	14.61
Fe-AA (7.5)	12.31	18.01
Fe-AA (6.5)	13.59	19.88
GFH (7.5)	6.04	7.25
GFH (pH 6.5)	4.99	5.99

La unidad consiste de cuatro columnas idénticas; cada columna contiene un filtro específico (C-AA, GFH, Fe-AA y HP-AA), con aproximadamente 25 galones de filtro con un flujo medio de 5 gpm, y da un tiempo de contacto (EBCT) de 5 min (figura 1).

Las muestras se recolectaron en contenedores que preparó el Laboratorio de la Comisión de Agua de la Ciudad de Tucson, USA, y fueron refrigeradas en sitio. Las muestras se trasladaron al laboratorio para su análisis físico-químico. Se analizó: arsénico, selenio, aluminio, calcio, fierro, magnesio, manganeso, silicón, alcalinidad, bromuro, cloruro, fluoruro, nitrato, nitrito, orto-fosfato y sulfatos.

De los estudios realizados se llegó a las siguientes conclusiones:

- Todos los filtros fueron capaces de descontaminar arsénico por debajo de un límite de 2 µg/L y, por ende, pueden ser considerados para su uso en México.

- Los filtros modificados con fierro tienen un rendimiento mejor que los basados en aluminio.
- Granular Ferric Hydroxide tiene grandes deficiencias en su zona de transferencia, y si ésta es más grande que la cama del filtro, entonces, el punto de ruptura del efluente será casi de inmediato.
- Se comprobó que todos los filtros son sensibles al pH del agua, y que niveles bajos de pH favorecen la descontaminación de arsénico, es decir, al reducir el pH, la capacidad del filtro se incrementa.
- La turbidez sigue patrones esperados. Al aumentar la altura de caída (aumento en la presión) un proceso de "maduración" se observa y con el paso del tiempo comienza a disminuir la turbidez, llegando asintóticamente a cero. Todos los filtros se comportan de esta forma, salvo el GFH que se comporta con cierta irregularidad, debido a sus propiedades físicas, así como el mismo desprendimiento de fierro



- El competidor para sitios específicos de adsorción fue el silicón y el fluoruro. El silicón se satura con más rapidez en un pH bajo. El fluoruro es también más competitivo en los pH bajos, pero la curva de ruptura se ve posterior que a la del silicón.
- Selenio, aluminio, manganeso, calcio, magnesio, nitritos, otro-fosfatos, bromuro y cloruro tienen poca afinidad hacia el filtro en los pH bajos. Nitratos y fluoruros en los pH neutros tienen poca o nula afinidad hacia el filtro.

Referencias

1. Lomberg Bjorn, 2001. The Skeptical Environmentalist , Pg 149
2. Frost, F. 2000. Dose- response of arsenic and health effects: perhaps we know too much. AWWA, Albuquerque Conference, March, 2000.
3. USEPA. 2001b. <http://www.epa.gov/safewater/ars/trtmt.html>
4. AWWA. 1999. Water Quality & Treatment. Mc Graw Hill. Pg.9.1-9.55.
5. Kelly, M. 2001. The Río Conchos: A Preliminary Overview. Texas Center for Policy Studies, Austin, TX.
6. USEPA. 2001a. Federal Register. Vol. 66, No.14. Pg. 6976
7. USGS. 1998. Arsenic in ground-water supplies in the United States. <http://co.water.usgs.gov/trace/pubs/segh1998>