

Protocolo para Proyecto de Investigación 2011

Título del proyecto

Dinámica del As en el agua del Municipio de Torreón Coahuila.

Introducción

En México; el agua subterránea representa la única fuente permanente disponible para zonas áridas y semiáridas; dado que más de la mitad del territorio del país se encuentra en esta área. Los acuíferos de México contienen una considerable reserva de agua: muchas cuencas hidrológicas incluyen acuíferos regionales cuyas áreas van de algunos cientos a miles de kilómetros cuadrados con un espesor de varios miles de metros. En términos generales los acuíferos están compuestos, en los primeros cientos de metros de profundidad de material clástico no consolidados de textura variable que sobreyace rocas consolidadas (ígneas o sedimentarias). Los acuíferos carbonatados, con ambientes kársticos también son importantes, especialmente en la península de Yucatán.

Actualmente se extraen de los acuíferos de México un volumen total de 28,000hm³/a para usos de aproximadamente 71 % para agricultura, 20 % para abastecimiento público-urbano (satisfaciendo 55 millones de habitantes), 6% para uso industrial y 3% para uso doméstico y abrevadero. Resultado de la excesiva extracción de agua subterránea aproximadamente 100 acuíferos se encuentran sobreexplotados. Se estiman que la cantidad de agua extraída del acuífero se ha incrementado durante las últimas cuatro décadas alcanzando un ritmo actual de 5400hm³/a. El arsénico es considerado uno de los 5 elementos (As, Cd, Cr, Hg y Pb) más tóxicos de la tierra y se encuentra ampliamente distribuido en minerales naturales de la corteza terrestre. Además, es considerado veneno de carácter protoplasmático que actúa por inhibición de los sistemas enzimáticos, por lo que es responsable de enfermedades cancerígenas aptas de formar complejos con grupos tiolos de las proteínas inhibiendo la comparación del piruvato oxidasa por dichos grupos y capaz de pasar a través de la placenta al sistema metabólico de los fetos (Galvao y German, 1987)}

Se sabe que la toxicidad del arsénico se manifiesta por cambios cutáneos, hepáticos, neurológicos, cardíaco y hasta la muerte (Galvao y German, 1987; Berman 1980 Prieto 1997), es acumulativo y solo es expulsado del cuerpo en forma gradual a través de orina, pelo, uñas y piel por consiguientes los pacientes que sufren de envenenamiento con este elemento presentan diferentes sintomatologías que pueden ir desde anorexia, diarrea y náuseas hasta melanosis. Leuco-melanosis, queratosis, hiperqueratosis, gangrena y cáncer de piel, entre otros (Berman, 1980, Galvao y German 1987; Prieto 1997). En algunas personas se reportan posibles casos de habituación crónica al arsénico llamados arsenigofagos, esto no disminuye su nivel toxicológico y adicionalmente se pueden presentar algunas sintomatologías antes mencionadas, ya que el riesgo de adquirir cáncer de piel entre otras enfermedades en el orden de una persona por cada 10,00 habitantes que consume agua con una concentración del 2ug.L-1 de este elemento (Batsheba, 1996).

La contaminación del agua en los mantos acuíferos por arsénico y algunos metales pesados, posiblemente se debe al proceso de infiltración de aguas residuales e industriales que tienen deficiente o ningún tipo de tratamiento previo al ser introducidos a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano y municipal(Vegas, 1997), así como otros tipos de procesos relativos a la extracción y tratamiento de minerales los cuales son una fuente común de contaminación tanto por las partículas de polvo fino que se emiten a la atmósfera, como por la lixiviación de minerales y por otras formas de procesos, los cuales generan la contaminación de los sistemas hidrogeológicos (Ferguson, 1990).

En México se ha detectado contaminación por arsénico en aguas subterráneas en diferentes regiones del país en las que destacan: principalmente en la región lagunera localizada en la altiplanicie mexicana y al sur del Bolsón de Mapimi de la Región Hidrológica 36 integrada principalmente por los ríos Nazas y Aguanaval, así como una parte del Bolsón de Mapimi que cuenta con aproximadamente 2879 pozos en explotación de los cuales el 58% están contaminados con arsénico en una concentración del orden 50-70 ug.L-1. Los principales

recursos acuíferos de esta región están en los municipios de Francisco I. Madero, Matamoros, San Pedro, Torreón y Viesca en el estado de Coahuila; Gómez Palacio, Lerdo, Mapimi y Tlahualilo en el estado de Durango; cuyo desarrollo económico se basa en la agricultura, ganadería y actividades comerciales e industriales.

Objetivos

Evaluar la concentración de Arsénico del agua subterránea en el Municipio de Torreón

Hipótesis

La concentración del Arsénico no se ha incrementado en el agua en el Municipio de Torreón.

Revisión de Literatura

El Arsénico.

Elemento químico, cuyo símbolo es As y su número atómico, 33. El arsénico se encuentra distribuido ampliamente en la naturaleza (cerca de $5 \times 10^{-4}\%$ de la corteza terrestre). Es uno de los 22 elementos conocidos que se componen de un solo nucleído estable, $^{75}_{33}\text{As}$; el peso atómico es de 74.922. Se conocen otros 17 nucleídos radiactivos de As, se le encuentra natural como mineral de cobalto, aunque por lo general está en la superficie de las rocas combinado con azufre o metales como Mn, Fe, Co, Ni, Ag o Sn. El principal mineral del arsénico es el FeAsS (arsenopirita, pilo); otros arseniuros metálicos son los minerales FeAs₂ (löllingita), NiAs (nicolita), CoAsS (cobalto brillante), NiAsS (gersdorfita) y CoAs₂ (esmaltita). (Lenntech, 2008)

De forma natural provienen principalmente (cerca del 80 %) del intemperismo y erosión de la corteza terrestre o por erupciones volcánicas; y en menor parte (20% restante) de incendios forestales o fuentes biogénicas (Nriagu, 1990). Existe una multitud de emisiones por fuentes antropogénicas al ambiente, en estos casos la industria de la minería y de la fundición son las principales generadoras. En la minería se liberan metales como efluentes ambientales (conocidos generalmente como drenaje ácido de mina) y como partículas enriquecidas de los mismos a la atmósfera como resultados de procesos de refinamiento a altas temperaturas. En la explotación del plomo, son liberados el plomo, cobre, cadmio, cobalto, cinc, plomo y manganeso (Adriano, 1986).

Comarca Lagunera.

La presencia de arsénico en ambientes áridos oxidantes: planicies aluviales del norte y centro de México, consisten de planicies separadas por cadenas montañosas alargadas y discontinuas, siendo las elevaciones típicas de 1000–1300 m sobre el nivel del mar. El clima es árido a semiárido con un promedio de precipitación pluvial anual de 400–800 mm. Estas planicies comúnmente incluyen depósitos aluviales de importantes espesores de edades del Cenozoico al Cuaternario. Los sedimentos Cenozoicos en estas cuencas típicamente consisten de clastos de grano grueso depositados en los frentes montañosos y de sedimentos finos bien clasificados, a menudo con evaporitas, en los centros de las cuencas. Los depósitos aluviales Cuaternarios tienen espesores de varios cientos de metros. Muchas de estas planicies aluviales son cuencas cerradas (Anderson et al., 1988). Las cadenas montañosas limítrofes están compuestas de rocas ígneas y metamórficas Precámbricas, de rocas sedimentarias Paleozoicas y Mesozoicas, así como de rocas volcánicas del Cenozoico (Anderson et al., 1988). Muchas de estas planicies aluviales presentan problemas de arsénico en su aguas subterránea. Las áreas afectadas incluyen porciones de los estados de Coahuila y Durango (e.g.: Comarca Lagunera), así como los de Chihuahua, Sonora y San Luis Potosí (e.g.: Río Verde).

La Comarca Lagunera, localizada en los estados de Coahuila y Durango, es la región más estudiada y la primera en donde se reconocieron sus problemas por la presencia de arsénico en el agua subterránea. Los problemas de salud relacionados con el arsénico fueron por primera vez descritos en la región a principios de la década de 1960, consistiendo en melanosis, queratosis y cáncer de piel. No se han reportado estadísticas sobre tipos de cáncer de naturaleza interna ni de otros problemas de salud relacionados con el arsénico. Se ha encontrado que el agua subterránea en un gran número de pozos presenta concentraciones muy por encima del límite permisible para uso potable ($25 \mu\text{g L}^{-1}$). Así, CONAGUA & IMTA (1992) reportan concentraciones en el rango $3\text{--}443 \mu\text{g L}^{-1}$. Por otra parte, fue Del Razo et al. (1990; 1993) que encontraron concentraciones en el rango $8\text{--}624 \mu\text{g L}^{-1}$ y reportaron que el 50% de las muestras contenían más de $50 \mu\text{g L}^{-1}$ ($n=129$). Se han encontrado concentraciones más altas en las áreas de San Pedro, Tlahualilo y Francisco I. Madero. En este caso, el arsenato, As(V), fue la especie disuelta dominante en la mayoría de las muestras analizadas. Rosas et al. (1999) hallaron resultados similares, con concentraciones en el agua subterránea en el rango de $7\text{--}740 \mu\text{g L}^{-1}$ ($n=73$), siendo el 50% superior a $50 \mu\text{g L}^{-1}$ y con las concentraciones más altas en las mismas áreas. Un estudio de CONAGUA (2000), que incluyó el análisis de 60 muestras de aguas subterráneas, encontró concentraciones de arsénico de hasta $865 \mu\text{g L}^{-1}$, con el 55% de las muestras excediendo los $50 \mu\text{g L}^{-1}$. Los valores más altos reportados también se encontraron en el área de Tlahualilo en la porción norte de la cuenca. Las aguas superficiales de las presas que controlan las avenidas del Río Nazas presentan concentraciones más bajas, en el rango de $7\text{--}20 \mu\text{g L}^{-1}$ (CONAGUA & IMTA, 1992). Estos valores están por encima de las concentraciones promedio encontradas en agua superficial en otras partes del mundo, pero son significativamente menores a las de agua subterránea local. Se desconoce la variación estacional de los niveles de arsénico de las aguas superficiales. El agua subterránea en la cuenca predominantemente del tipo Ca-SO₄ o Ca-Na-SO₄. La salinidad es variable, con concentraciones del TSD en algunas áreas por encima de los 2000 mg L^{-1} , lo que refleja los efectos de evapotranspiración y de la disolución de evaporitas. Se han encontrado valores más bajos del TSD ($<1000 \text{ mg L}^{-1}$) en un área bien definida subyaciendo la Ciudad de Torreón, Coahuila. Los valores de pH en el agua subterránea varía de ~ 6.3 y 8.9 (Del Razo *et al.*, 1990) con concentraciones de HCO₃⁻ en el rango de $100\text{--}400 \text{ mg L}^{-1}$. El origen de la presencia del arsénico en agua subterránea no está bien comprendido, pero se ha sugerido a la disolución o desorción de los minerales que constituyen el acuífero (especialmente óxidos metálicos) bajo condiciones oxidantes como el principal mecanismo responsable, en combinación con la baja velocidad del flujo subterráneo, aunado a la evaporación (Smedley, 2003).

Efecto del arsénico en la salud.

El arsénico es uno de los más tóxicos elementos que pueden ser encontrados. Debido a sus efectos tóxicos, los enlaces de arsénico inorgánico ocurren en la tierra naturalmente en pequeñas cantidades. Los humanos pueden ser expuestos al arsénico a través de la comida, agua y aire. La exposición puede también ocurrir a través del contacto con la piel con suelo o agua que contenga arsénico. Los niveles de arsénico en la comida son bastante bajos, no es añadido debido a su toxicidad, pero los niveles de arsénico en peces y mariscos puede ser alta, porque los peces absorben arsénico del agua donde viven. Por suerte esto es mayormente la forma de arsénico orgánico menos dañina, pero peces que contienen significantes cantidades de arsénico inorgánico pueden ser un peligro para la salud humana. (Lenntech, 2008).

La exposición al arsénico inorgánico puede causar varios efectos sobre la salud, como es irritación del estómago e intestinos, disminución en la producción de glóbulos rojos y blancos, cambios en la piel, e irritación de los pulmones. Es sugerido que la toma de significante cantidad de arsénico inorgánico puede intensificar las posibilidades de desarrollar cáncer, especialmente la posibilidad de desarrollo de cáncer de piel, pulmón, hígado, linfa. A exposición muy alta de arsénico inorgánico puede causar infertilidad y abortos

en mujeres, perturbación de la piel, pérdida de la resistencia a infecciones, perturbación en el corazón y daño del cerebro tanto en hombres como en mujeres. Finalmente, el arsénico inorgánico puede dañar el ADN. El arsénico orgánico no puede causar cáncer, ni tampoco daño al ADN. Pero exposiciones a dosis elevadas puede causar ciertos efectos sobre la salud humana, como es lesión de nervios y dolores de estómago. (ATSDR. 1999.)

Remoción del arsénico

Para disminuir las concentraciones de arsénico los métodos para realizarlos son los siguientes:

Coagulación/Filtración

Es un proceso de tratamiento por el cual las cargas eléctricas de las sustancias coloidales disueltas o suspendidas son neutralizadas con la adición de sustancias insolubles en el agua, lo que permite la formación de partículas mayores o aglomerados que pueden ser eliminadas por sedimentación o filtración.

Ósmosis inversa

Es un proceso para eliminar las sustancias disueltas presentes en el agua, forzando la circulación del agua por una membrana semipermeable bajo una presión superior a la osmótica.

Intercambio iónico

Es un proceso físico y químico, en el cual los iones de una especie dada son desplazados de un material insoluble de intercambio (resina) por otros iones que se encuentran en solución. Remueve efectivamente el arsénico en el rango de pH entre 8 y 9.

Nanofiltración

Es un proceso de separación líquida mediante membranas operadas bajo presión que permite el paso de solventes y sales monovalentes, iones metálicos y pequeñas moléculas orgánicas de peso molecular en el rango de 200 a 1000.

Ablandamiento con cal

Es un método usado para remover la dureza del agua y consiste en adicionar cal (Ca(OH)_2) al agua.

Procedimiento Experimental

Se analizarán los 76 pozos con niveles de arsénico en el Municipio de Torreón, los datos que se recolectaran son de los últimos 5 años teniendo dos datos por pozo. Se realizarán los análisis de datos en el software SIG (Sistema de Información Geográfica) para su análisis de las variables planteadas en este proyecto de trabajo.

Cronograma de actividades.

Actividad a realizar	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Colecta de datos							x					
Análisis e interpretación								x				
Redacción de un artículo									x	x	x	x
Presentación de los resultados en 2014	x	x										

5.-Productos esperados

Presentación del trabajo en eventos científicos,
Publicación de un artículo científico.
Tesis para obtener el grado de maestría en ciencias agrarias.

6.-Literatura citada

- Anderson, T.W., Welder, G.E., Lesser, G. & Trujillo, A. 1988. Region 7, Central alluvial basins. In *The Geology of North America, Hydrogeology*. W. Back, J.S. Rosenshein & P.R. Seaber, (eds). O-2. The Geological Society of America.
- Atlas, M. R. y R. Bartha. 2002. Ecología Microbiana y Microbiología ambiental. 4ª. Edición. Addison – Wesley. Impreso en España. 677 p.
- Miller, JR. T. G. 1994. Ecología y medio ambiente. Grupo Editorial Iberoamericana S.A. de C. V. México, D. F. 867 p.
- Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México. No. 28, sept. De 1963, pp. 29-179.
- Armienta, M.A., Rodríguez, R., Aguayo, A., Ceniceros, N., Villaseñor, G. & Cruz O. 1997. Arsenic contamination of groundwater at Zimapan, Mexico. *Hydrogeology Journal*, 5: 39-46.
- Armienta, M.A., Villaseñor, G., Rodríguez, R., Ongley, L.K. & Mango, H. 2001. The role of arsenic-bearing rocks in groundwater pollution at Zimapán Valley, Mexico. *Environmental Geology*, 40: 571-581.
- Birkle, P. & Merkel, B. 2000. Environmental impact by spill of geothermal fluids at the geothermal field Los Azufres, Michoacán, Mexico. *Water, Air, and Soil Pollution*, 124:371-410.
- CONAGUA. 1999. *Estudio de la simulación hidrodinámica de los acuíferos de la Comarca Lagunera, Coahuila y Durango y de la Cuenca Alta del Rio Aguanaval, Zac. Tomo 1: Acuífero de la Comarca Lagunera, Coahuila y Durango*. (Volume 1: Study on the Hydrodynamic Simulation of Comarca Lagunera Aquifer, Coahuila and Durango States). Comisión Nacional del Agua.
- CONAGUA. 2000. *Estudio de la contaminación difusa del acuífero de la Comarca Lagunera, Coahuila*. (Study on diffusive contamination at the Comarca Lagunera Aquifer, Coahuila State). Comisión Nacional del Agua.
- LosHumeros geothermal field, Puebla, Mexico). *Ingeniería Hidráulica en México*, XVI: 185-194.
- Lara, F. 2003. Feasibility study for artificial aquifer recharge at the Comerca Lagunera Aquifer, Coahuila, Mexico. *Proc. of the Eleventh Biennial Symposium on Groundwater Recharge, Tempe, Arizona, 5-7 June*. National Research Council. 1999. *Arsenic in Drinking Water*. National Academy Press, Washington, DC.
- Planer-Friederich, B., Armienta, M.A. & Merkel, B.J. 2001. Origin of arsenic in the groundwater of the Rio Verde Basin, Mexico. *Environmental Geology*, 40: 1290-1298.
-

- Robertson, F.N. 1989. Arsenic in groundwater under oxidizing conditions, south-west United States. *Environmental Geochemistry and Health*, 11: 171-185.
- Rosas, I., Belmont, R., Armienta, M.A. & Baez, A. 1999. Arsenic concentrations in water, soil, milk and forage in Comarca Lagunera, Mexico. *Water Air and Soil Pollution*, 112: 133-149.
-
- Secretaría de Salud (Ministry of Health). 2000. *Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.* (Modification to Official Standard NOM-127-SSA1-1994, Environmental health. Water for human use and consumption. Water quality limits and treatments for water potabilization). Diario Oficial de la Federación (Official Journal of Mexico). November 22.
- Smedley, P.L. 2003. *Arsenic occurrence in Mexican groundwater: towards a better understanding and mitigation.*
- BOHN, H.L. 1976. "Arsenic Eh - pH diagram and comparisons to the soil chemistry of phosphorus". *Soil Sci.* 121: 125-7.
- BURLO, F.; CARBONELL, A. y MATAIX, J. 1992a. "Efectos del As en el comportamiento vegetal de *Lycopersicum esculentum* Mill. Relación del As en hojas y frutos con parámetros físicos". Actas del IV Simposio Nacional de Nutrición Mineral de las Plantas. Alicante, Mayo de 1992. I: 109-117.
-