

---

## METAL TENDENCY ANALYSIS, As AND Pb, IN AN URBAN AQUIFER SYSTEM. THE SALAMANCA CASE 2.

BERLÍN I. Joel <sup>1</sup>, RODRÍGUEZ C. Ramiro <sup>2</sup> and MEJÍA G. Juan Angel <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dir. de Ecología Municipio Salamanca,

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica UNAM,

<sup>3</sup>COTAS Valle Santiago Irapuato  
ecologia@salamanca.gob.mx

### ABSTRACT

Arsenic, As, and lead, Pb concentrations, among other contaminants, over the national standard for drinking water have been detected in the Salamanca aquifer system. Analytical determinations of different institutions were grouped. As and Pb spatial and temporal tendencies were correlated with rainfall and with geological and hydrogeological factors. Some of the concentration gradient variations are associated to a subsidence fault. The fault is acting as a preferential channel and as a hydraulic barrier.

**KEY WORDS:** arsenic and lead aquifer pollution, Salamanca Guanajuato.

### RESUMEN

Concentraciones sobre la normatividad nacional para agua potable de arsénico, As, y plomo, Pb, entre otros contaminantes, han sido detectadas en el sistema acuífero de Salamanca. Determinaciones analíticas de diferentes instituciones se han agrupado. Tendencias espaciales y temporales fueron correlacionadas con precipitación y otros factores geológicos e hidrogeológicos. Algunas de las variaciones de los gradientes de las concentraciones se deben a una falla por subsidencia. La falla esta actuando como canal preferencial y como barrera hidráulica para los contaminantes.

### ANTECEDENTES

En el sistema acuífero urbano, única fuente de abastecimiento de agua para los habitantes de Salamanca en el estado de Guanajuato se ha detectado la presencia de arsénico y plomo, entre otros contaminantes, en algunos casos sobre la normatividad nacional e internacional para agua potable. Diferentes autores han reportado la presencia de metales, hidrocarburos y compuestos orgánicos, incluyendo productos de transformación (Mendoza, 1999; II-UNAM, 2000: Rodríguez *et al*, 2000).

Los primeros reportes son relativamente recientes, 1997. Aunque el As esta incluido en la normatividad mexicana, por lo general los organismos operadores no incluyen rutinariamente su determinación analítica, como tampoco la del plomo y de otros metales. La medición periódica de estos metales se inicia en 1998 después de la clausura de un pozo de agua potable urbano. La detección tanto de As como de Pb en varios de los pozos urbanos (Rodríguez et al, 2000) fue motivo de preocupación para las autoridades locales y estatales. La constante presencia llevó a la clausura de dos pozos mas de abastecimiento urbano, los pozos 4 y 24.

La empresa petrolera mexicana, PEMEX, instaló en las inmediaciones de la refinería RIAMA, 45 piezómetros de 50 y 30m de profundidad. El Instituto de Geofísica de la UNAM complementa la red con dos sitios más. Muchos de los piezómetros se encuentran en el área de influencia de la falla por subsidencia reportada desde 1982 (Rodríguez *et al*, 2001).

La presencia de varias fuentes potenciales de origen industrial dificulta la formulación de hipótesis sobre el origen del As y del Pb. La cercanía de zonas mineras y la relación que puede existir entre los sedimentos que conforman el sistema acuífero con las rocas que albergan la mineralización permiten suponer el origen natural del As. Mientras que la presencia de fase libre en pozos y norias hace sospechar que el Pb pudiera ser de origen antropogénico, aunque su detección en pozos fuera del área en donde se ha detectado fase libre también permite suponer su origen natural.

## **HIDROGEOQUÍMICA Y TOXICOLOGÍA DEL ARSÉNICO Y EL PLOMO.**

La toxicidad del arsénico es conocida desde el siglo XVIII. El As ocurre en el agua subterránea como As(III) y As(V) siendo el primero más tóxico que el segundo. En 1888 se puede establecer la correlación que existía entre exposición crónica a arsénico y cierto tipo de cáncer (Armienta et al, 1993). El desconocimiento de los mecanismos que incrementan o disminuyen la tolerancia individual al As propician que no se tengan valores únicos de concentraciones umbral.

De los afectos adversos a la salud por exposición crónica a As, el cáncer (hígado, riñón, vejiga) es el mas devastador. Algunos de los síntomas dérmicos relacionados con ingesta de As son la queratosis e hiperqueratosis de manos y pies, lo que da origen a la llamada enfermedad de "los pies negros". También se pueden observar discromias en espalda y extremidades. Otros síntomas son disfunciones renales y problemas cardio-vasculares (Leonard, 1991).

La exposición crónica al plomo puede tener afectos negativos sobre el sistema nervioso y sobre los riñones principalmente. También se le relaciona a con anemia. Se tienen reportes sobre disfunciones en la fertilidad y sobre retrasos en el desarrollo del recién nacidos. Uno de los riesgos a exposiciones prolongadas a bajas concentraciones es la bioacumulación del plomo.

Los principales valores normativos y de referencia para el As y el Pb en diferentes medios se dan en la tabla 1 (OMS, 1987; NIOSH, 1991).

	Pb	As
Agua potable	0.01 mg/L *	0.045 mg/L <sup>63</sup>
Agua de río	5-50 ng/L	10 – 50 µg/L
Aire laboral	6 – 100 µg/m <sup>3</sup>	10 – 20 µg/m <sup>3</sup>
sangre	0.08 – 5.2 µg/dL	1 –3 µg/L
cabello	1.2 µg/g	0.3 – 1.75 mg/Kg
suelo	12-20 µg/g	2 mg/kg

**Tabla 1.** Valores normativos y de referencia para As y Pb.

Las concentraciones máximas permisibles en agua potable para el As y el Pb fueron modificadas recientemente en la Norma Oficial Mexicana NOM 127. Anteriormente para el As la norma era 0.05 mg/L y se cambió a 0.045 disminuyendo 5 ppb cada año hasta llegar a 0.025 mg/L. La norma para el Pb era de 0.025 y se pasó a 0.010 mg/L.

A diferencia del As que puede absorber vía dérmica, las rutas de exposición del Pb son la inhalación y la ingesta de agua o alimentos contaminados, lo que también ocurre con el arsénico. En Salamanca pudieran tenerse rutas de exposición cruzadas debido a que la exposición laboral a la que están sujetos obreros de la refinera y de las diferentes empresas que laboran productos químicos

## ANÁLISIS DE TENDENCIAS.

El organismo operador de Salamanca, SMAPAS tiene 33 pozos para el abastecimiento de la población, los cuales son monitoreados regularmente.

Los análisis incluyen elementos mayores y últimamente As, Pb y Cd. De los mas de 1800 pozos agrícolas no se cuenta con información así como tampoco de los mas de 50 pozos industriales. Existe información puntual de los piezómetros.

El cauce del Río Lerma actúa como una barrera hidráulica y permite diferenciar el comportamiento hidráulico e hidroquímico de pozos localizados al Norte y al Sur de esta frontera. Las fuentes potenciales de contaminación acuífera mas importante se localizan en la zona Norte. Los pozos 4, 24 y 11, todos fuera de operación actualmente se ubican en la parte Norte y en las inmediaciones de la refinera.

Se analizó el comportamiento de concentraciones de aquellos pozos urbanos que contaban con mas de 4 monitoreos. Como puede observarse en la figura 1 las tendencias para el As son de incremento en los pozos 1, 2, 4, 11, 18, 24, 25, 33. Se agruparon pozos que se localizan en las inmediaciones de la refinera y de la falla. En el caso del As las

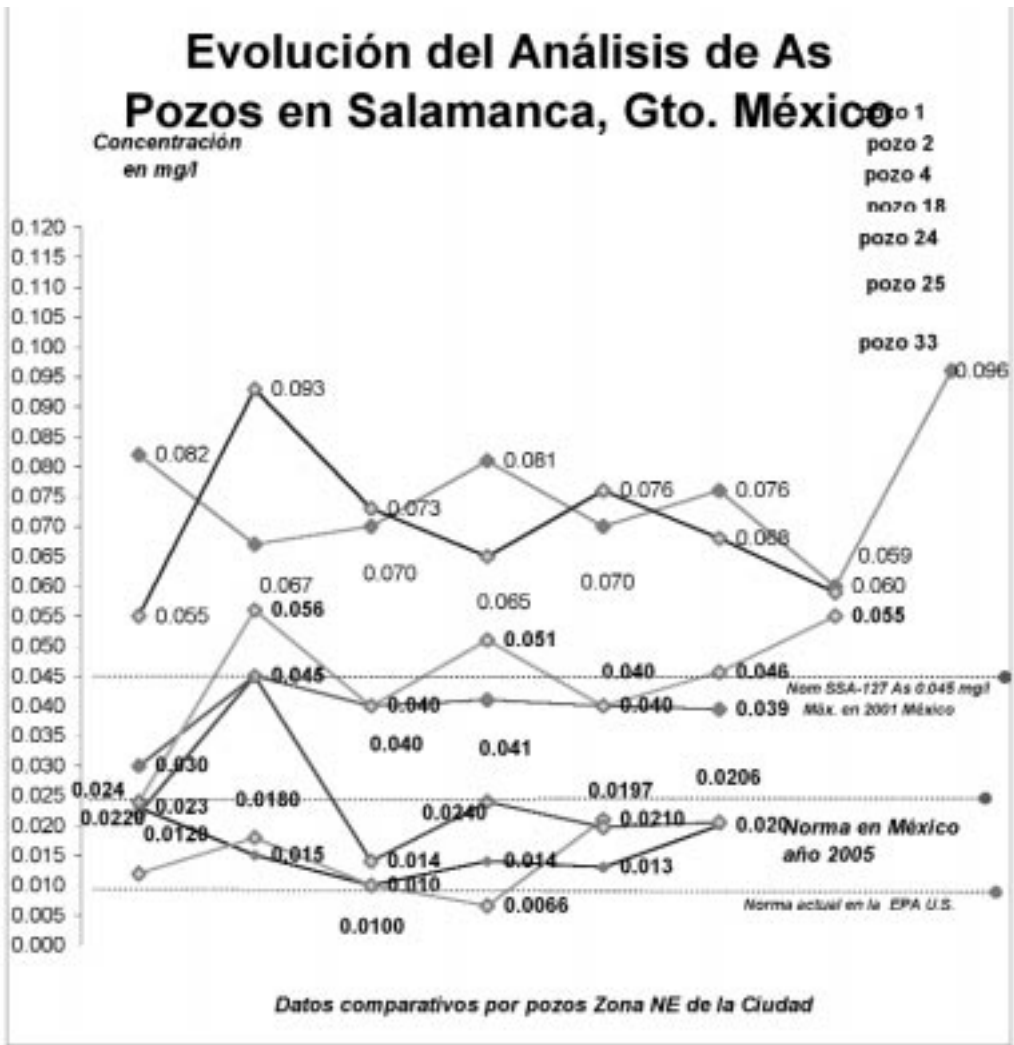


Figura 1. Tendencias del As en pozos del NE de la mancha urbana de Salamanca Gto.

concentraciones se encuentran fuera de norma, si consideramos el valor al que se llegara en el 2005, 0.025 mg/L. El pozo 4 que recientemente fue clausurado y que muestra tendencias de incremento, fue la única fuente de abastecimiento de una zona de la ciudad (Fig. 2). Habría que tomar en cuenta que estos valores corresponden a muestras de descargas de pozos, lo que nos indica que las concentraciones cuando el sistema no esta excitado por extracción pudieran ser localmente mucho mayores.



Figura 2. Variación de As en el pozos 4 de 1998 a 2001

Los incrementos relativos de ambos metales nos indican que se dan mecanismos que facilitan la incorporación de los mismos al flujo subterráneo. En el caso del plomo, aun que no se han realizado estudios de especiación, la movilidad de residuales de gasolinas con plomo, las cuales dejaron de producirse en el país desde hace mas de 10 años, pudieran ser las fuentes que estén generando los contenidos de Pb. El As también es correlacionable con los hidrocarburos ya que se ha propuesto la hipótesis de que el contacto de ellos con sedimentos que contengan minerales de arsénico puede liberar As mediante oxi - hidróxidos de hierro.

## DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Las tendencias en las concentraciones del As y el Pb en el agua subterránea de Salamanca no son fáciles de precisar debido a que se cuenta con un número reducido de datos. También influye el que éstos provengan de diferentes laboratorios. Se seleccionaron solo los datos en los que los protocolos de monitoreo y los métodos analíticos eran los mismos o con limites de detección similares.

Solo fue posible analizar el comportamiento del As. No existe suficiente información respecto a concentraciones de plomo. Los datos son puntuales. Unicamente se puede decir que en general la mayoría de los pozos caen fuera de norma, considerando el valor aceptado en la propuesta de modificación, 10 ppb.

Las variaciones espaciales y temporales se han relacionado con una falla por subsidencia que pudiera estar funcionando como barrera hidráulica o como conducto preferencial de los contaminantes bajo ciertas condiciones, principalmente de hidrocarburos. No se encontró una clara correlación con los periodos de estiaje y de lluvias. Se están analizando las variaciones en los regímenes de extracción. En la zona de los pozos 4, 11 y 24 estos fueron cerrados en diferentes épocas y la influencia de los conos de abatimiento pudo tener control sobre la movilidad de flujos contaminados.

Los resultados permitirán definir estrategias de manejo del acuífero y se tomaran en cuenta en los programas de remediación que están por emprenderse. También facilitaran al organismo operador y al Sector Salud planificar sus campañas de monitoreo ya que se tienen identificados pozos que aparentemente no deberían de presentar problemas, mas sin embargo las concentraciones de uno u otro elemento indican lo contrario.

## **AGRADECIMIENTOS**

El Municipio de Salamanca, el CONACyT y la CEAG apoyaron financieramente esta investigación. Los análisis químicos del IGF fueron realizados por personal del Lab. de Química Analítica del IGF-UNAM.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Armienta A., Rodríguez R. y Villaseñor G., 1993; Estudio de reconocimiento de la contaminación por arsénico en la zona de Zimapán Hgo. Reporte Técnico, IGF-UNAM
- Galvao L. y Corey G. (1987); Arsénico. Serie Vigilancia. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. OMS Metepec México 70 pp.
- II-UNAM, (2000). Segunda Campaña de Monitoreo de agua subterránea en Salamanca, Gto. Reporte Inédito. Instituto de Ingeniería UNAM, IMP, CFE
- Leonard A., 1991, Arsenic, in Merian E., ed., Metals and their compounds in the Environment. Occurrence, analysis and biological relevance. Weinhein, Germany, VCH p 751-772.
- Mendoza Amézquita E. (1999). Diagnóstico de la calidad del agua potable en las zonas urbanas del Estado de Guanajuato; Tesis de grado, Maestría en Protección y Conservación Ambiental; Universidad Iberoamericana León. 92pp
- Rodríguez R., Mejía J. A., Berlín J, Armienta A. y González T., 2000; Estudio para la determinación del grado de alteración de la calidad del agua subterránea por compuestos orgánicos en Salamanca, Gto. CEASG, IGF-UNAM. Reporte Téc. II
- Rodríguez R., Reyes R., Rosales J., Berlín J., Mejía J. A. y Ramos A., 2001; Estructuración de mapas temáticos de índice de vulnerabilidad acuífera en la mancha urbana de la cabecera municipal de Salamanca, Gto. Mun. Salamanca, CEAG, IGF-UNAM. Reporte Técnico il., 64 pp
- SSA, 2001; Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSAL-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano - limites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. SSA, México.