

ESTADO DE CONTAMINACIÓN DE ARSÉNICO Y FLÚOR EN EL ACUÍFERO DE SILAO-ROMITA

ARZOLA TORRES DULCE MARÍA GUADALUPE (1), YANMEI LI (2)

1 Departamento de Ingeniería Ambiental, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato | serrotcedul@gmail.com

2 Autor para la correspondencia. Departamento de Ingeniería Ambiental, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato | yanmeili@ugto.mx

Resumen

En las ciudades de Silao y Romita, el agua subterránea ha tenido considerables problemas de calidad debido a las altas concentraciones de fluoruros y arsénico, que al consumirla conlleva a efectos en salud de la población. La importancia de la calidad del agua subterránea radica en que es la principal fuente de agua para uso y consumo humano que abastece a la población de la ciudad, sin embargo, la magnitud del problema no está bien definida. La determinación de estos elementos tiene gran importancia en los estudios de contaminación ambiental, por ello, se evaluaron las concentraciones de arsénico y fluoruros, utilizando el kit ARSENATOR para la cuantificación de arsénico y el potenciómetro Orion Star A211 para la cuantificación de iones de fluoruros. Además, se determinó la calidad del agua subterránea con la medición de Cl^- , SO_4^{2-} , hierro total y los parámetros fisicoquímicos de alcalinidad, dureza total, pH, temperatura, conductividad y ORP. Los resultados demostraron que, el As disuelto se encuentra entre 0.01 - 0.96 mg/L y la concentración de fluoruros tiene un rango de 1.10 – 3.88 mg/L. De los 5 pozos muestreados en el área, 3 pozos exceden el límite máximo permisible de flúor establecido en la norma NOM-127-SSA1-1994 (1.5 mg/L) y 4 pozos exceden el límite de arsénico (0.025 mg/L), el cual representa un problema clave en el acuífero.

Abstract

In the cities of Silao and Romita, groundwater has had considerable quality problems due to high concentrations of fluoride and arsenic and the consumption this kind of water leads to health effects to population. The importance of the quality of groundwater is that it is the main source of water for human use and consumption that supplies the citizens, however, the magnitude of the problem is not well defined. The determination of these elements is very important in the study of environmental pollution, therefore, concentrations of arsenic and fluorides were evaluated using the ARSENATOR kit for quantitation of arsenic and potentiometer Orion Star A211 for quantification of fluoride ions. Furthermore, the quality of groundwater with measuring Cl^- , SO_4^{2-} , total iron and physic-chemical parameters of alkalinity, total hardness, pH, temperature, conductivity and ORP was determined. The results showed that, dissolved As is between 0.01 to 0.96 mg / L and the concentration of fluorides has a range of 1.10 - 3.88 mg / L. Of the 5 wells sampled in the area, 3 wells exceed the maximum allowable limit of fluoride established in NOM-127-SSA1-1994 (1.5 mg / L) and 4 wells exceed the limit of arsenic (0.025 mg / L), which shows a serious problem in the aquifer.

Palabras Claves

Arsénico; fluoruro; acuífero Silao-Romita; agua subterránea; agua potable.

INTRODUCCIÓN

La escasez del agua ha propiciado el desarrollo de grandes obras subterráneas para la explotación de mantos acuíferos y cuando el agua atraviesa los suelos por percolación disuelve diversos compuestos, entre ellos los de flúor, lo que resulta en concentraciones de fluoruro en los acuíferos. La composición del agua subterránea está determinada principalmente por su tiempo de residencia en el acuífero y por las características de los materiales por donde circula, así como por la presencia de iones.

El agua subterránea al circular a través de material geológico con minerales que contienen flúor, disuelven pequeñas cantidades. El mineral de fluoruro más común en la corteza terrestre es el espato flúor, que contiene fluorita o fluoruro de calcio, criolita y apatita; generalmente es un compuesto de calcio, fluoruro, carbonatos y sulfatos. [1]. En muchas regiones de Guanajuato, los niveles de fluoruro en el agua subterránea que se abastece como agua de consumo a la población exceden el límite máximo permisible de la NOM-127-SSA1-1 994 que es de 1.5 mg/L, y su presencia se convierte en un problema de salud pública, ya que la exposición a concentraciones mayores de F⁻ provoca fluorosis dental, fluorosis esquelética, daño reproductivo y daño neurológico [2].

Otro elemento tóxico que se relaciona en ocasiones al fluoruro y puede estar presente en agua subterránea es el arsénico. El arsénico puede encontrarse de manera natural en rocas sedimentarias y volcánicas, así como en aguas geotermales. Además, se encuentra presente en el agua por disolución natural de minerales de depósitos geológicos. En México el límite máximo permisible de arsénico en agua para uso y consumo humano establecido en la NOM-127 es de 0.025 mg/L aunque la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han establecido un nivel de 0.010 mg/L [3].

La exposición a altas concentraciones de arsénico, puede provocar daños a la salud tales como: daño reproductivo y neurológico, cambios vasculares, diabetes y cáncer de pulmón, hígado, vejiga y próstata [4].

El estudio de calidad de agua en el acuífero Silao-Romita se considera importante teniendo como antecedente la carencia de datos de las concentraciones de fluoruros y arsénico en el agua para consumo humano en dicha región. El propósito de este trabajo es entonces, determinar las concentraciones de fluoruros y arsénico en el agua potable con el fin de evitar la sobreexposición de éstos compuestos en la población y prevenir el desarrollo de las enfermedades antes mencionadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

El acuífero Silao-Romita, definido con la clave 1110 en el Sistema de Información Geográfica para el Manejo de Aguas Subterráneas (SIGMAS) de la CONAGUA, se ubica en la porción centro-occidental del estado de Guanajuato, cubriendo una superficie aproximada de 1881 km² (**Figura 1**).

En el área cubierta por el acuífero predomina un clima templado-subhúmedo. La temperatura y precipitación media anual es de 18.85°C y 633.12 mm, respectivamente. De igual manera, la evaporación potencial es de 1884.77 mm anuales. El régimen de lluvias cubre el período de mayo a octubre, con máximos para julio y agosto que alcanzan entre 180 y 110 mm mensuales [5].

El sistema acuífero es de tipo libre a semiconfinado, conformado en su porción superior, por un medio granular constituido por depósitos aluviales (cuyo espesor es mayor a los 100 m) y fluviales como areniscas y conglomerados; y en su porción inferior por un medio fracturado alojado en rocas volcánicas, principalmente de composición riolítica y en menor proporción basáltica, que afloran en la mayor parte de su superficie [6].

Presenta condiciones locales de semiconfinamiento debido a la existencia de lentes de sedimentos arcillosos lacustres, depósitos tobáceos y calizas arcillosas, los cuales provocan el almacenamiento de agua a diferentes profundidades.

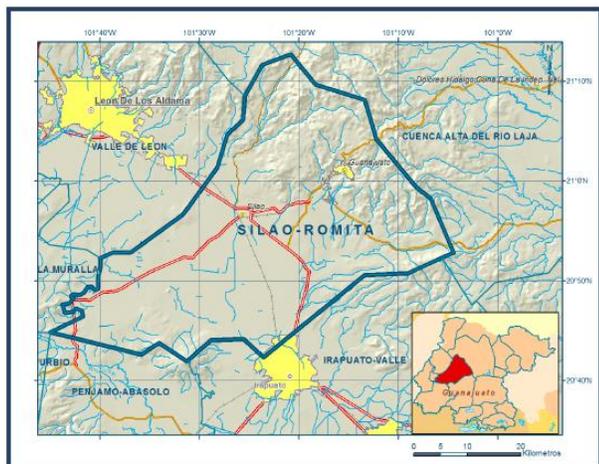


FIGURA 1: Localización del acuífero.

En la primera etapa de este estudio se localizaron los sitios de muestreo de Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG) para obtener datos de los pozos existentes. Se obtuvo la información de 26 pozos y se localizaron geográficamente. Se encontró que en la mayoría de ellos no se realizan pruebas de calidad de agua para la determinación de arsénico y fluoruros, y sólo tenían calidad historial de 5 pozos (**Tabla 1**), por ello realizamos estudios de estos mismos 5 pozos en este verano.

Tabla 1: Ubicación de los pozos de muestreo

Clave CEA del pozo	Comunidad	UTM X	UTM Y
SR 1405	Yerbabuena	244490	2330393
SR 154	El Mármol	231439	2306848
SR 1547	Nápoles	257492	2301003
SR 1521	Puentecillas	260609	2320010
SR 615	San Agustín de los Tordos	246870	2300070

En la segunda etapa se desarrolló la metodología para la toma de muestras. Éstas se recolectaron en recipientes de plástico de 1 L, que fueron

lavados tres veces con agua desionizada; los recipientes se rotularon con el nombre del pozo del cual provienen, ubicación y fecha en la que fueron tomadas. Este procedimiento se realizó antes de tomar la muestra para agilizar y garantizar la identificación del muestreo. Las muestras fueron almacenadas a 4°C hasta la realización de los análisis.

Metodología para la cuantificación de fluoruros

Los análisis se llevaron a cabo 2 días posteriores a la recolección en el Laboratorio "La Perlita" de la Universidad de Guanajuato, Campus Guanajuato. La cuantificación de fluoruro se realizó con el método potenciométrico con electrodo ión selectivo. Se utilizó un potenciómetro Orion Star A211, el cual es adecuado para concentraciones de fluoruro entre 0.1 y 10 ppm. Se preparó una curva de calibración usando 3 soluciones estándar (0.01, 1 y 10 ppm). Para controlar el pH, ajustar la fuerza iónica y mantener libre el ión fluoruro en la solución, se requirió adicionar una solución TISAB [7].

Se realizó una sola lectura a cada muestra, las cuales fueron registradas en una tabla de cálculo para posteriormente ser introducida como capa en el software ArcMap 10.3 y así visualizar la ubicación de los pozos dentro del área de estudio y su respectiva calidad del agua en relación a las concentraciones de fluoruro y arsénico.

Metodología para la cuantificación de arsénico

La cuantificación de arsénico se realizó con el fotómetro digital portátil Arsenator, marca WAGTECH, el cual tiene un rango de medición de 2 µg/L a 200 µg/L. De igual manera, se realizó solo una lectura a cada muestra, las cuales también fueron introducidas al software ArcMap 10.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las concentraciones de fluoruros en las muestras de agua se encuentran en un rango de 1.10 mg/L a 3.88 mg/L. Cuatro de los pozos tuvieron concentraciones de fluoruro mayores a 1.5 mg/L, que es la concentración límite marcada por la NOM-127; la concentración más alta fue de 3.88

mg/L en el pozo de la comunidad San Agustín de los Tordos. (Figura 2).

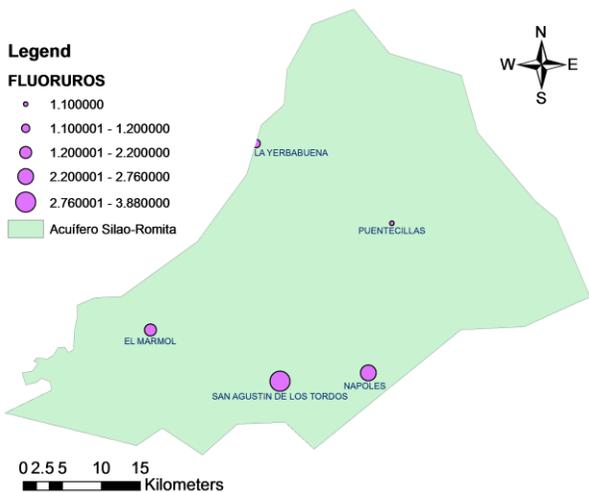


FIGURA 2: Concentración de fluoruros en los pozos de muestreo.

Por otra parte, se reportan concentraciones de arsénico en las muestras de agua en un rango de 0.01 mg/L a 0.96 mg/L. De los 5 pozos registrados, 4 rebasan el límite de 0.025 mg/L marcado en la NOM-127-SSA1-1994. El que presentó el nivel más alto fue el correspondiente a la comunidad San Agustín de los Tordos, con una concentración de 0.96 mg/L (Figura 3).

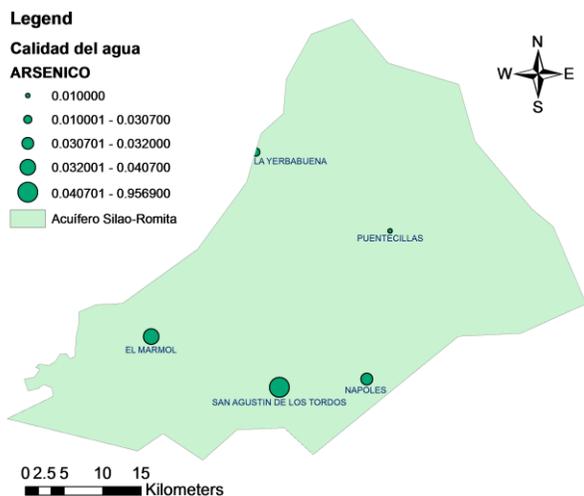


FIGURA 3: Concentración de As en los pozos de muestreo.

Tabla 2: Concentración de F⁻ y As en los pozos de muestreo.

Comunidad	Concentración de fluoruro (mg/L)	Concentración de arsénico (mg/L)
Yerbabuena	1.20	0.03
El Mármol	2.20	0.04
Nápoles	2.76	0.03
Puentecillas	1.10	0.01
San Agustín de los Tordos	3.88	0.96

En la Figura 4 se muestran los pozos que rebasan la concentración límite 1.7 mg F/L establecida en la NOM-127-SSA1-1994.

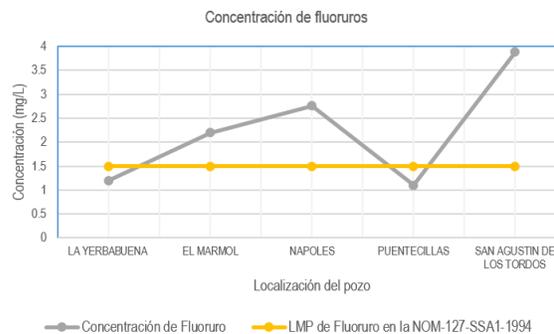


FIGURA 4: Pozos que rebasan el LMP de fluoruro.

En la Figura 5 se muestra los pozos que rebasan el límite máximo permisible 0.025 mg As/L que establece la NOM-127-SSA1-1994.

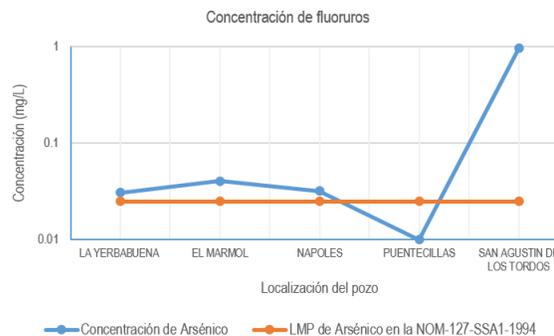


FIGURA 5: Pozos que rebasan el LMP de arsénico.

Las altas concentraciones de fluoruros y arsénico en el agua subterránea de los pozos, son debidas a los efectos naturales de interacción agua-material geológico que ocasionan la disolución de estos compuestos, principalmente por la disolución de los minerales fluorita, dolomita y calcita. Además, se observan que existe una correlación positiva entre la concentración de fluoruros y la concentración de arsénico.

Se recomienda realizar estudios de calidad de agua para la determinación de F⁻ y As en los pozos donde no se ha iniciado éste registro, ya que la carencia de datos nos impide detectar si la población es propensa a desarrollar algún tipo de enfermedad a causa de estos compuestos.

CONCLUSIONES

El análisis de los datos expuestos demuestra que el agua potable de las comunidades estudiadas contiene marcadas diferencias en la concentración de fluoruro y arsénico. Por otra parte, los pozos que reportan concentraciones superiores a las normadas indican que la población de las comunidades está expuesta a la ingesta excesiva de estos compuestos, lo que representa un riesgo para la salud pública.

Se recomienda a las autoridades sanitarias implementar medidas preventivas para evitar la fluorosis dental en la población infantil y fluorosis esquelética en la población adulta, además de problemas neurológicos reproductivos y casos de cáncer por la presencia de arsénico. La implementación de algún sistema de tratamiento contribuirá a mejorar la calidad de vida de la población.

Asimismo, será necesario realizar muestras de agua en más pozos del área para conocer si éstos también tienen problemas graves de arsénico y fluoruro.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG) por el apoyo, la información brindada y el acceso a los pozos para la toma de muestras, a la Dra. Alma Serafín por su colaboración en los análisis de Arsénico total y a la

Dra. Natividad Ramírez por su apoyo en los análisis de Fluoruro total. A la Universidad de Guanajuato por dar la oportunidad a los estudiantes de participar en proyectos de investigación.

REFERENCIAS

- [1] Trejo R., Alarcón M., Martínez Y., Romero P. y Salvador J. (1997). Niveles de fluoruros en el agua de los pozos de la ciudad de Durango. Ingeniería Hidráulica. México. 12, 51-57.
- [2] ATSDR, (2001). Perfil toxicológico del flúor, fluoruro de hidrógeno y fluoruro. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Departamento de Salud y Servicios Humanos, Servicio de Salud Pública.
- [3] Landín, L. (2006). Parámetros fisicoquímicos y concentración de flúor y arsénico en el agua de los pozos de la ciudad de San Luis Potosí y zona conurbada. Alternativa de tratamiento: adsorción de flúor y arsénico en la interfase Al₂O₃ activada/ solución acuosa. Maestría. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- [4] ATSDR (2007) Resumen de Salud Pública. Arsénico. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. 1st ed. [ebook] Springfield: ATSDR, pp.5-7. Recuperado de: http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.pdf [Acceso 10 Jul. 2016].
- [5] Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (2009) Actualización del Inventario de Aprovechamientos Subterráneos para el Acuífero Silao-Romita, Guanajuato.
- [6] Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (1998) Estudio Hidrogeológico y Modelo Matemático del Acuífero del Valle de Silao-Romita, Guanajuato. Elaborado por la empresa Lesser y Asociados, S.A. de C.V.
- [7] APHA (1998) Standard methods for the examination of wáter and wastewater. 20 ed. American Public Health Association. Washington, EUA. pp. 1325.