

ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DE FLÚOR EN EL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO LAJA

Lara Tovar Kimberley Itzel (1), Cruz Hernández Ismael (2), Yanmei Li (3,*)

1 [Licenciatura en Ingeniería Ambiental, Universidad de Guanajuato] | [kimberley_lara27@hotmail.com]

2 [Licenciatura en Biología Marina y Manejo Integral de Cuencas, Centro de Investigaciones Costeras, Tonalá, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas] | [mayer_10_46@hotmail.com]

3,* Autor para correspondencia. [Departamento de Ingeniería Ambiental, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [yanmeili@ugto.mx]

RESUMEN

En el estado de Guanajuato se han detectado fluoruros, en concentraciones por encima de los límites máximos permisibles que marca la Norma Oficial Mexicana, NOM-127-SSA1-1994 (NOM), correspondientes a los criterios de calidad del agua para consumo humano. Se recabó la información del estado del arte de estudios precedentes, donde se encontró que los pozos son utilizados como fuentes de abastecimiento de agua potable para las comunidades. Se recolectaron 14 muestras de aguas obtenidas de los pozos de comunidades cercanas a los municipios de San Miguel de Allende y Dolores Hidalgo pertenecientes al acuífero de la Cuenca Alta del Río Laja. El contenido de fluoruro fue analizado y cuantificado mediante el método Potenciométrico. El resultado presenta que la concentración varió entre 0.288 ppm a 2.73 ppm, y 36% de los pozos tienen Fluoruro superior a 1.5 ppm según el límite de la NOM. Se discute la metodología utilizada para cuantificar los fluoruros a través del agua y otros parámetros importantes para la calidad del agua. Es esencial que las autoridades de salud implementen medidas preventivas para evitar el consumo de agua fluorada para evitar y/o prevenir la fluorosis dental.

ABSTRACT

In the state of Guanajuato fluorides have been detected at concentrations above the maximum permissible limits set by the Mexican Official Standard, NOM-127-SSA1-1994 (NOM), corresponding to the water quality criteria for human consumption. From the state of the art of previous studies, it was found that the wells are used as sources of drinking water for communities. 14 water samples were collected from wells near the cities of San Miguel de Allende and Dolores Hidalgo belonging to the aquifer Cuenca Alta del Rio Laja communities. The fluoride content was analyzed and quantified by the potentiometric method. The results showed that the concentration ranged from 0.288 ppm to 2.73 ppm, and 36% of the wells have Fluoride concentration more than 1.5 ppm which is the limit of the NOM. It is also discussed in the paper that the methodology used to quantify fluorides through water and other important parameters for water quality. It is essential that the health authorities implement preventive measures to avoid the consumption of fluoridated water to avoid and/or prevent the dental fluorosis problem.

Palabras Clave

Fluoruros; Pozos; Método Potenciométrico; Acuífero; Fluorosis Dental

INTRODUCCIÓN

La escasez del agua ha propiciado el desarrollo de grandes obras subterráneas para la explotación de los mantos acuíferos. La contaminación por fluoruros en agua destinada al consumo humano es un problema relevante a nivel mundial. El límite máximo de concentración de fluoruro que establece la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de 1 ppm, aunque dicho valor depende de las características de cada lugar.

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, mismas que incrementan en presencia de cesio, litio, cloro, bromo y en aguas termales y subterráneas. 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. La calidad del agua subterránea para consumo humano está en función de la salinidad, dureza, concentración de hierro o anhídrido sulfhídrico y la presencia de compuestos potencialmente dañinos para la salud, como fluoruro, arsénico, plomo, cromo y manganeso, entre otros ^[1].

Flúor, Fluoruros y Fluoruro de hidrógeno

El flúor se combina con metales para producir fluoruros tales como el fluoruro de sodio y el fluoruro de calcio, ambos sólidos de color blanco. El fluoruro de sodio se disuelve fácilmente en agua, pero no así el fluoruro de calcio. El flúor también se combina con hidrógeno para producir fluoruro de hidrógeno, un gas incoloro que se disuelve en agua formando ácido fluorhídrico.

El flúor no puede ser destruido en el ambiente; solamente puede cambiar de forma y también forma sales con minerales en el suelo ^[2].

El gas fluoruro de hidrógeno será absorbido por la lluvia, las nubes y la niebla y formará ácido fluorhídrico, el que caerá a la tierra.

Los fluoruros liberados al aire por volcanes y la industria son transportados por el viento y la lluvia a aguas, suelo y fuentes de alimentos cercanas.

En el agua y en el suelo los fluoruros se adherirán fuertemente al sedimento o a partículas en el suelo. Se acumulan en plantas y animales. En animales, el fluoruro se acumula principalmente en los huesos o en el caparazón, más bien que en tejidos blandos ^[2].

Los iones fluoruro se encuentran en forma natural en el agua. El fluoruro forma complejos con silicio, aluminio y boro. Estos complejos pueden existir en el agua debido al uso de compuestos fluorados por la industria. Sin embargo, en muchas regiones los niveles de fluoruro exceden con mucho los límites máximos permisibles y su presencia (natural) se convierte en un problema de salud pública. La determinación de fluoruros ha incrementado su importancia con el crecimiento de las prácticas de fluoración de aguas como una medida de salud pública. La mayoría de las aguas no contienen más allá de 0.3 mg/L de fluoruros, excepto cuando se contaminan con desechos industriales o aguas negras, sobre todo si provienen de industrias del acero, aluminio, fertilizantes, de la elaboración de esmaltes y vidrios, en la fabricación de gomas y almidones adhesivos, así como del pretratamiento de cueros y pieles ^[3].

Pequeñas cantidades de fluoruro ayudan a prevenir las caries dentales, pero cantidades altas pueden perjudicar su salud. Comer o beber una cantidad excesiva de fluoruros durante el período en el cual se forman los dientes (antes de los 8 años) puede producir alteraciones visibles en los dientes. Esta condición se llama fluorosis dental. En adultos, la exposición a altos niveles de fluoruro puede aumentar la densidad de los huesos. Sin embargo, si la exposición es demasiada alta, estos huesos pueden ser más frágiles y quebradizos y el riesgo de sufrir fracturas puede ser mayor. En animales, la exposición a dosis de fluoruro extremadamente altas puede producir una disminución de la fertilidad y de los espermatozoides y daño de los testículos ^[3].

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) ha establecido una cantidad máxima permisible para fluoruro en el agua potable de 4.0 miligramos por litro de agua (4.0 mg/L). Desde el año 1962, el Servicio de Salud Pública (PHS) recomienda que

los suministros de agua pública contengan entre 0.7 y 1.2 mg/L de fluoruro en agua potable [2].

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

El proyecto se realizó en la Cuenca Alta del Río Laja, en comunidades cercanas a los municipios de Dolores Hidalgo y San Miguel de Allende, donde se llevó a cabo la recolección de una muestra por cada uno de los 14 pozos.

La Cuenca Alta del río Laja se encuentra ubicada en el noroeste del estado de Guanajuato (IMAGEN 1) entre las coordenadas geográficas Latitud 21° 33' N, Longitud 101° 31' O en el extremo noreste y 20° 46'; 100° 11' en el extremo suroeste [4].

En el área de la cuenca o en sus cercanías se ubican 7 estaciones meteorológicas, que son: Dr. Mora, Peñuelitas, San Diego de la Unión, San José Iturbe, San Juan de los Llanos, San Luis de la Paz y San Miguel Allende. La precipitación anual promedio para la región es de 500 mm y una evapotranspiración de 824 mm, es mayor que la precipitación, por lo que hay un déficit evapotranspirativo.

La Cuenca Alta del río La Laja, tiene una superficie de 7 017 km², con una red de tributarios, entre los que pueden mencionarse, el Río Arrastres, el San Marcos, el Plan, el Carrizal y el Bocas.

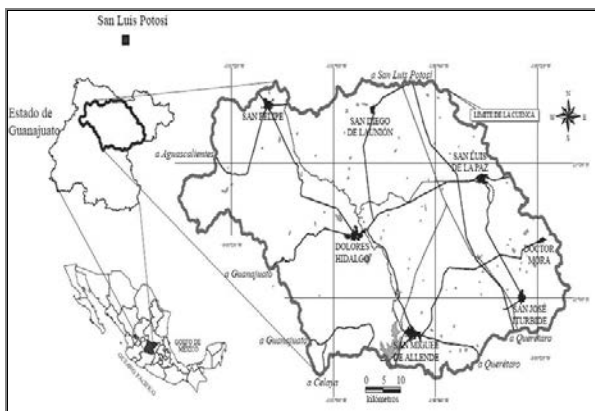


IMAGEN 1: Localización del área de estudio. Ubicación de la Cuenca Alta del Río Laja

En la primera etapa de este estudio se localizaron los pozos de muestreo y se realizó una entrevista al encargado del pozo para obtener datos del suministro de agua a la población e información básica de los pozos, mismos que tienen una profundidad menor de 300 m [4].

Se obtuvo la información de 14 pozos existentes en la zona de muestreo y se localizaron geográficamente (IMAGEN 2) para determinar las zonas de abastecimiento [5]. Se encontró que todos los pozos se usan para consumo humano y además los pozos que se usan también para riego agrícola son los siguientes: Rancho San Benito, El Coyote, La Capilla, Ejido la Erre y Las Mañanitas.

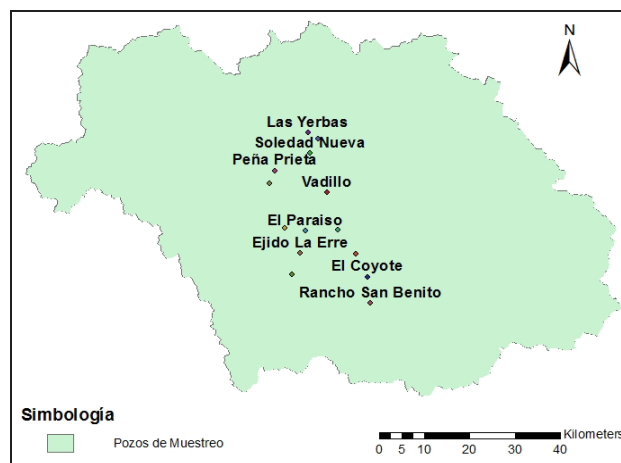


IMAGEN 2: Localización de los sitios de muestreo

En la segunda etapa se desarrolló la metodología para determinar parámetros básicos y analizar la calidad de agua de distintos parámetros. Posteriormente identificar la presencia de fluoruro en las muestras.

El presente trabajo fue descriptivo y experimental en torno a la concentración de fluoruro en el agua de consumo humano. Un total de 14 muestras de agua fueron analizadas, éstas se recolectaron en recipientes de plástico de 1 L, que fueron lavados tres veces con agua desionizada; los recipientes se rotularon con el número de muestra, pozo del cual provienen y nombre de la comunidad. Después de su recolección fueron almacenadas a una temperatura de 4 °C.

Metodología para el Análisis de Calidad del Agua

La determinación de parámetros básicos de calidad del agua se realizó *in situ* mediante el aparato YSI (556 MPS) que contaba con distintas sondas, las cuales realizaban la medición de temperatura, oxígeno disuelto, conductividad pH y ORP. Fue calibrado un día anterior a la recolección de muestras.

Para el análisis de los parámetros: alcalinidad, dureza, cloruros, sulfitos y hierro se utilizó el Kit Test de Calidad del Agua (HI3817 – HANNA) *in situ*.

Metodología para la cuantificación de fluoruros

La cuantificación de fluoruro se realizó con el método potenciométrico con electrodo ión selectivo. Se utilizó un potenciómetro Orion VersaStar Thermo Scientific. Para controlar el pH, ajustar la fuerza iónica total y mantener libre el ión fluoruro en la solución, se requiere adicionar una solución TISAB II. Los análisis se llevaron a cabo tres días después de la última recolección en el Laboratorio de “La Perilita” de la Universidad de Guanajuato.

Se preparó una curva de calibración usando 3 soluciones estándar de 1, 10 y 100 ppm., para la última concentración se utilizó el estándar de referencia certificado High Purity Standard de 100 ppm F⁻.

En el estudio “Análisis de la concentración de fluoruro en agua potable de la delegación Tláhuac, ciudad de México” realizado por Juárez López, L. *et al.* (2011), se utilizó el método potenciométrico [1]. La norma NMX-AA-077-SCFI-2001 menciona también el uso del método espectrofotométrico para la cuantificación de flúor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La concentración de fluoruros en las muestras de agua presentó variaciones entre 0.288 ppm a 2.73 ppm como se observa en la imagen 3; la concentración más alta fue de 2.73 ppm de

fluoruro en el pozo de la comunidad Soledad Nueva (CARL 403P), le sigue el pozo de la comunidad de las Yervas (CARL 69) con 1.9 ppm de fluoruro, después se encuentra el pozo (CARL 83P) de la comunidad de Los Claves con 1.76 ppm de fluoruro, estas comunidades son colindantes al municipio de Dolores Hidalgo. Les siguen el pozo del Rancho San Benito con 1.71 y el pozo (CARL 533P) con 1.55 ppm de fluoruro, éstos dos últimos son aledaños al municipio de San Miguel de Allende.

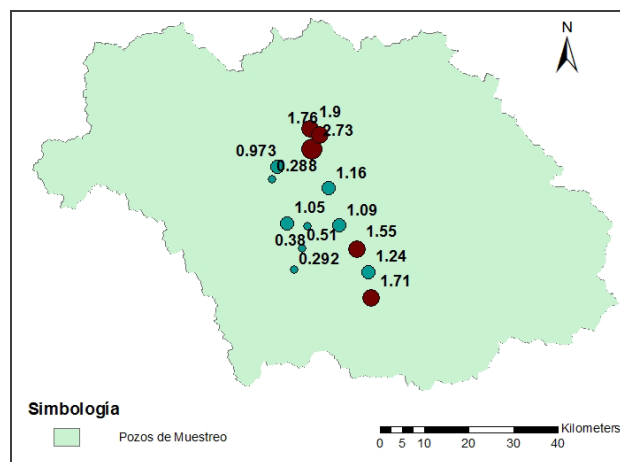


IMAGEN 3: Distribución de la concentración de flúor en los pozos

Observando así, que estos 5 pozos (36%) rebasan el límite máximo permisible de la NOM-127-SSA1-1994 de 1.5 ppm de fluoruro, como se observa en la Imagen 4.

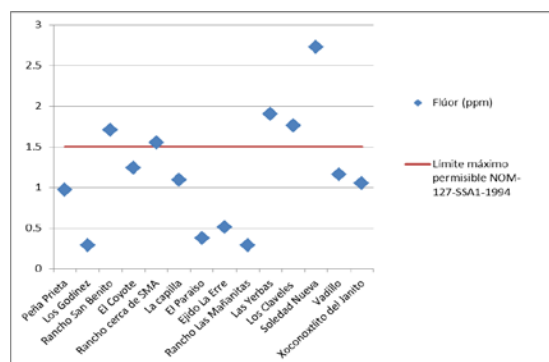


IMAGEN 4: Resultados de la concentración de flúor en los pozos

Cabe mencionar que en las otras pruebas de calidad de agua (alcalinidad, dureza, cloruros, sulfitos y pH), todos los pozos tuvieron resultados positivos, ya que los resultados se encontraban

por debajo del límite máximo permisible como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Resultados de las pruebas de Calidad del Agua

	Alcalinidad (ppm)	Dureza (ppm)	Cloruros (ppm)	Sulfitos (ppm)	pH
Ejido "La Erre"	180	57	6	37	7.52
El Coyote	105	81	11	4	7.63
El Paraíso	255	105	14	2	7.74
La Capilla	76	153	18	6.4	7.94
Las Yervas	240	102	3	4.8	7.84
Los Claveles	72	142.5	19	5.4	7.98
Los Godínez	186	72	3	3	7.72
Peña Prieta	225	105	6	3.2	7.58
Rancho Las Mañanitas	15	150	7	1.8	7.98
Rancho San Benito	66	69	10	3.2	8.19
Rancho cerca de SMA	75	66	18	18	7.72
Soledad Nueva	246	81	20	4	7.63
Vadillo	264	96	19	3.2	7.84
Xoconoxtlito del Janito	12	12	10	5.4	8.51
Límite Máximo Permisible NOM-127-SSA1-1994	400	300	250	250	6.5 - 8.5

En el estudio "Presencia, distribución, hidrogeoquímica y origen de arsénico, fluoruro y otros elementos traza disueltos en agua subterránea, a escala de cuenca hidrológica tributaria de Lerma-Chapala, México" de Ortega-Guerrero (2009) menciona que el origen del F⁻ se asocia tanto a la disolución de fluorita como de silicatos, al agua termal y a un mayor tiempo de residencia. Además "el cinturón de fluorita" atraviesa el estado de Guanajuato. El F⁻ también se encuentra en minerales primarios de rocas ígneas y el topacio presente en estas rocas riolíticas, representa otra posible fuente de F⁻.

Se recomienda hacer estudios del suelo y determinar la profundidad exacta de cada uno de los pozos con el objeto de inferir si esas dos variables pudiese tener relación en la alta concentración de agua fluorada.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que 36% de los pozos muestreados están contaminados por Fluoruro y las concentraciones altas de fluoruros se encuentran distribuidas en el norte de Dolores Hidalgo y norte de San Miguel de Allende, el agua de dichos pozos es consumida por los habitantes. Por lo que es importante y recomendable ampliar el estudio a otros pozos cercanos ante posible riesgo de contaminación. Por el intervalo de concentraciones resultantes se puede concluir que los pozos se encuentran en un mismo tipo de acuífero.

Es importante realizar acciones de prevención a la población en la zona de influencia a efecto de minimizar el riesgo por consumo de agua fluorada en altas concentraciones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dra. Natividad Ramírez y el Dr. Adrián Zamorategui por el apoyo en el Laboratorio de "La Perlita" en el análisis de Fluoruro.

REFERENCIAS

- [1] Juárez López, L., Gaona, E., Molina Frechero, N., Oropeza Oropeza, A., Galicia Chacón, L. (2011). Análisis de la concentración de fluoruro en agua potable de la delegación Tláhuac, ciudad de México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental [en línea], 27(4), 283-289 : [Fecha de consulta: 13 de julio de 2016] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37020721001>> ISSN 0188-4999
- [2] Agency for Toxic Substances and Disease Registry http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_ifacts11.html
- [3] Aguilar Romo, M., NMX-AA-077-SCFI-2001, Análisis de aguas - determinación de fluoruros en aguas naturales, residuales y residuales tratadas (cancela a la nmx-aa-077-1982), 1 -19. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/NMX-AA-077-SCFI-2001.pdf>

[4] Palacios Vélez, E., López López C., La sobreexplotación de las cuencas hidrológicas: el caso de la cuenca del río Laja, Guanajuato. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/452/palacios.html>

[5] Ortega-Guerrero, M. A. (2009). Presencia, distribución, hidrogeoquímica y origen de arsénico, fluoruro y otros elementos traza disueltos en agua subterránea, a escala de cuenca hidrológica tributaria de Lerma-Chapala, México. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 26(1), 143-161. Recuperado en 13 de julio de 2016, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1026-87742009000100012&lng=es&tng=es.