

ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE FLUORURO EN AGUA POTABLE DE LA DELEGACIÓN TLÁHUAC, CIUDAD DE MÉXICO

Luis GALICIA CHACÓN¹, Nelly MOLINA FRECHERO¹, Anastacio OROPEZA OROPEZA¹, Enrique GAONA¹ y Lilia JUÁREZ LÓPEZ²

¹ División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, C.P. 04960, México D.F.

² División de Estudios de Posgrado, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México.

(Recibido septiembre 2010, aceptado mayo 2011)

Palabras clave: fluoruro, agua potable, México

RESUMEN

Se realizó un estudio descriptivo del agua de dieciocho zonas de Tláhuac, Cd. de México, con el objetivo de determinar la concentración de fluoruro en el agua potable. Se analizaron 144 muestras de agua obtenidas de los pozos y zonas vecinas de la delegación. El contenido de fluoruro fue analizado y cuantificado como lo establece la NMX-AA-077-SCFI-2001. La concentración de fluoruros en las muestras de agua varió entre 0.44 a 1.28 ppm, con una concentración promedio de 0.86 ± 0.19 ppm. Los niveles de fluoruro detectados en el agua de la mayoría de los pozos de la zona estudiada fueron superiores a los niveles establecidos por la normatividad con relación al consumo de sal fluorada. Es esencial que las autoridades de salud implementen medidas preventivas para evitar el consumo de sal fluorada y otros fluoruros adicionales porque se ha incrementado la prevalencia de fluorosis dental en la Ciudad de México.

Key words: fluoride, drinking water, México

ABSTRACT

A descriptive study of the water of 18 areas in the municipality of Tláhuac, México City, was conducted with the objective of assessing the fluoride concentration in drinking water. 144 water samples obtained from the wells and neighboring areas of the Tláhuac municipality were analyzed. The fluoride content was analyzed and quantified as established by the Mexican guideline NMX-AA-077-SCFI-2001. Fluoride concentration in water samples ranged from 0.44 to 1.28 ppm, with an average concentration of 0.86 ± 0.19 ppm. Fluoride levels found in most wells in the study area were higher than those established by the regulations regarding the consumption of fluoridated salt. It is essential that health authorities implement preventive measures to avoid the consumption of fluoridated salt and other additional fluoride due to increase dental fluorosis in México City.

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 OMS es de 1 ppm, aunque dicho valor depende de las características de cada lugar (OMS 2004). En el caso de México, el límite máximo de fluoruro en agua es de 0.7 ppm; cuando las concentraciones sobrepasan este valor, no se debe consumir sal yodada-fluorada, de acuerdo con la norma NOM-013-SSA2-2006 (SSA 2007).

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 (Ortega-Guerrero 2009). 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 (Moore *et al.* 2005).

El flúor es un ión de alta electronegatividad, abundante en la corteza terrestre; comúnmente se encuentra asociado y forma fluoruros en rocas. 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 (Trejo-Vázquez *et al.* 1997). Se ha reportado que el flúor es un elemento altamente reactivo en combinación iónica o covalente con algunos elementos; se presenta principalmente en rocas ígneas y suelos alcalinos. La fluorita es el compuesto de mayor disponibilidad, el cual está en granito, gneiss y pegmatita. La concentración de fluoruro en el agua de un acuífero depende de varios factores, entre los que destacan concentración de flúor en el mineral, descomposición, disociación, disolución, tiempo de residencia y cinética de la reacción química. Algunos estudios indican que la solubilidad del fluoruro en el agua difiere según el tipo de roca (Saxena y Ahmed 2000).

El fluoruro se encuentra principalmente en el agua potable, la sal y en bebidas embotelladas, que constituyen las fuentes principales para el consumo

humano. Por otra parte, se puede encontrar en menores concentraciones en alimentos y en múltiples productos utilizados para la higiene bucal. Cabe mencionar que a partir de la década de los ochenta, los dentríficos presentan altas concentraciones de fluoruro para su empleo en la población infantil (Mascarenhas y Burt 1998).

Se ha reportado que más de cinco millones de habitantes en México están crónicamente expuestos a elevadas concentraciones de fluoruros a través del agua para uso y consumo humano (Díaz-Barriga *et al.* 1997a). La exposición crónica a concentraciones de fluoruro en agua mayores a 1 ppm provoca diversos padecimientos en el organismo, como fluorosis dental y esquelética (DenBesten 1999), mayor susceptibilidad a enfermedades renales y cáncer, así como afectación en el desarrollo del cerebro y la reducción del coeficiente intelectual de niños en edad escolar (Wang *et al.* 2007).

Se ha encontrado fluorosis dental en varias zonas del norte y centro de la República Mexicana, en los estados de Aguascalientes (Hernández-Montoya *et al.* 2003), Jalisco (Pérez-Patiño *et al.* 2007), Chihuahua, Durango, Tamaulipas y Baja California donde la concentración de fluoruro en agua es superior a 0.7 ppm (Díaz-Barriga *et al.* 1997b). Por otra parte, se ha documentado fluorosis dental en zonas donde la concentración de fluoruro en agua es baja debido a la disponibilidad de otros productos como dentífricos, medicamentos, bebidas embotelladas y comestibles (Trejo-Vázquez y Bonilla-Petriciolet 2001).

En la Ciudad de México y el área metropolitana se ha detectado recientemente un incremento en los casos de fluorosis dental, incluso en zonas donde se considera que el agua potable tiene concentraciones bajas de fluoruro (Molina-Frechero *et al.* 2007). En particular, en el municipio de Nezahualcóyotl se reportó la prevalencia de fluorosis dental de 73.4 % en poblaciones donde el agua de la red presenta niveles bajos de fluoruro; lo anterior se debe al consumo de bebidas que son transportadas de regiones donde el agua presenta concentraciones superiores a las establecidas por la norma (Galicia-Chacón *et al.* 2009).

Las autoridades mexicanas, a través de la normatividad PROY-NOM-040-SSA1-2000, señalaron la conveniencia de reducir la concentración óptima de fluoruro de 1 a 0.7 ppm, bajo la consideración de que el clima cálido aumenta el consumo de bebidas (SSA 2000). La Secretaría de Salud recomienda que la población no use sal fluorada en zonas donde la concentración de fluoruro en agua sobrepasa 0.7 ppm, debido a que la ingesta de concentraciones superiores a 1 ppm deriva en fluorosis, que se manifiesta prin-

principalmente en dientes y huesos (DenBesten 1999).

En la última década, en la República Mexicana se han reportado concentraciones altas de fluoruros en agua, principalmente en los estados del norte y centro del país, entre los que destacan Chihuahua (Rodríguez-Dozal *et al.* 2005), Durango (Alarcón-Herrera *et al.* 2001) y Aguascalientes (Bonilla-Petriciolet *et al.* 2002)

En la Ciudad de México, Hernández-Guerrero *et al.* (2005) realizaron un estudio sobre la concentración de fluoruro en el agua de algunas delegaciones, sin incluir la de Tláhuac. Por tanto, se consideró importante realizar el análisis en esta zona, teniendo como antecedente la carencia de datos de las concentraciones de fluoruros en el agua para consumo humano en dicha delegación. El propósito de este trabajo es conocer la procedencia y determinar las concentraciones de fluoruro en agua potable de la delegación con el fin de evitar la sobreexposición a fluoruros en la población y prevenir el desarrollo de fluorosis dental.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

La delegación Tláhuac se encuentra en una zona rocosa-volcánica y tiene una superficie de 86 km², que representa el 6.7 % de la Ciudad de México. Colinda al norte y al noreste con la delegación Iztapalapa, al oriente con el municipio Valle de Chalco Solidaridad, Estado de México, al sur con la delegación Milpa Alta y al suroeste y oeste con la delegación Xochimilco. Según los datos del último censo, tiene una población aproximada de 336 051 habitantes. La Ciudad de México se encuentra en un valle en la zona central de la República Mexicana; tiene una altitud de 2200 metros sobre el nivel del mar y no tiene un programa de fluoración del agua. El suministro de agua es a partir de dos circuitos conocidos como el Lerma-Cutzamala y el Acuífero del Valle de México, (Fig. 1; CONAGUA 2004).

Debido a la escasez en el Distrito Federal en general, el agua potable de Tláhuac se obtiene gracias a la explotación de los acuíferos y pozos profundos de la zona, en los que se presentan mayores cantidades de minerales fluorados (Moore *et al.* 2005, CONAGUA 2006, Ortega Guerrero 2009); dichos pozos forman parte de los ramales Tecómtil y Tulyehualco. La operación se encuentra a cargo de la Gerencia Regional de Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, que opera el sistema de pozos denominado Plan de Acción Inmediata (PAI; CONAGUA 2006).

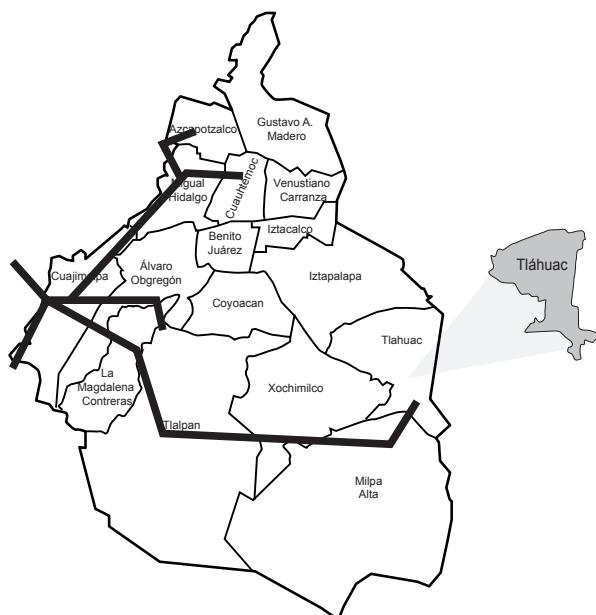


Fig. 1. Mapa de Distrito Federal, en el que se ubica el sistema de abastecimiento de agua del Acuífero del Valle de México y de Lerma-Cutzamala

En la primera etapa de este estudio se localizaron los sitios de muestreo de los centros de CONAGUA para obtener datos del suministro de agua a la población y de los pozos existentes de la delegación Tláhuac. El agua que consume la población proviene del PAI y de la extracción de los pozos que se encuentran en funcionamiento, mismos que tienen una profundidad hasta de 300 m.

Se obtuvo la información de 22 pozos existentes en la zona de muestreo y se localizaron geográficamente (Fig. 2) para determinar las zonas de abaste-

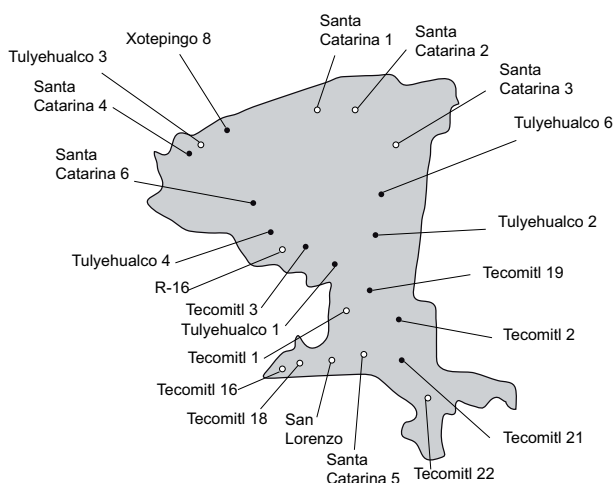


Fig. 2. Localización de los pozos existentes de la delegación Tláhuac. Pozos en funcionamiento: ●, pozos sin funcionamiento ○

cimiento. Se encontró que algunos pozos sólo surtían agua a la población de acuerdo con la demanda; se determinó, a su vez, que sólo once pozos estaban en funcionamiento, ocho distribuidos en la zona norte y tres en la zona sur.

En la zona centro de la delegación Tláhuac, donde se concentra la población, se tomaron muestras de agua de diferentes colonias y barrios. Se codificaron once pozos en funcionamiento y las siete áreas de Tláhuac, ubicándolos por zonas (**Cuadro I**).

CUADRO I. UBICACIÓN Y CODIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE RECOLECCIÓN DEL AGUA POTABLE DE LA DELEGACIÓN TLÁHUAC

Zona	Codificación	Ubicación
Norte	N1	Tulyehualco 1
	N2	Tulyehualco 2
	N3	Tulyehualco 4
	N4	Tulyehualco 6
	N5	Santa Catarina 4
	N6	Santa Catarina 6
	N7	Xotepingo 8
	N8	Tecómitl 3
Sur	S1	Tecómitl 2
	S2	Tecómitl 19
	S3	Tecómitl 21
Centro	C1	San Miguel
	C2	Col. San José
	C3	Barrio Los Reyes
	C4	Centro Tláhuac
	C5	Barrio San Mateo
	C6	La Habana
	C7	Emiliano Zapata

En la segunda etapa se desarrolló la metodología para identificar la presencia de fluoruro en el agua potable que abastece a la delegación.

El presente trabajo fue descriptivo y experimental en torno a la concentración de fluoruro en el agua de consumo humano. La población se conformó en dieciocho zonas de estudio, donde se obtuvieron ocho muestras –cuatro de cada periodo del año– constituyendo un total de 144 muestras de agua analizadas. Éstas se recolectaron en recipientes de plástico de 200 mL, que fueron lavados tres veces con agua desionizada; los recipientes se rotularon con el número de muestra, pozo del cual provienen y ubicación. Este procedimiento se realizó antes de tomar la muestra para agilizar y garantizar la identificación del muestreo.

Metodología para la cuantificación de fluoruros

La cuantificación de fluoruro se realizó con el método potenciométrico con electrodo ión selectivo (SECOFI 2001). Se utilizó un potenciómetro Orion 4 Star Thermo Electron Corporation. El método potenciométrico es adecuado para concentraciones de fluoruro entre 0.1 y 10 ppm; para controlar el pH, ajustar la fuerza iónica total y mantener libre el ión fluoruro en la solución, se requiere adicionar una solución TISAB (APHA 1998). Los análisis se llevaron a cabo el día de la recolección en el Laboratorio de Fluoruros de la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco.

Se preparó una curva de calibración usando 21 soluciones estándar entre 0.01 y 10 ppm, con incrementos de 0.5 ppm de concentración. Se realizaron cuatro lecturas a cada muestra, que fueron registradas por medio del software Star Navigator y Lab Speed Navigator.

El método analítico utilizado para determinar las concentraciones se validó con los parámetros de linealidad, repetibilidad, sensibilidad, exactitud y estabilidad de la muestra.

La linealidad se determinó durante seis días preparando una curva de calibración por triplicado. Se midió la respuesta analítica del equipo en mV bajo las mismas condiciones de trabajo. La repetibilidad se evaluó mediante el análisis de muestras realizando cuatro curvas de calibración por triplicado en el mismo día, bajo las mismas condiciones del equipo (SSA 1999).

La sensibilidad se determinó con la pendiente de cada análisis durante seis días (Miller y Miller 2002). La exactitud se determinó utilizando el estándar de referencia certificado High Purity Standard de 100 ppm F⁻, con el que se prepararon tres concentraciones por dilución estándar: baja (0.1 ppm), media (0.7 ppm), alta (1.5 ppm) dentro del intervalo de trabajo.

La estabilidad del fluoruro se evaluó mediante el análisis de cinco diferentes soluciones por triplicado a tiempo cero y una semana después de almacenar las muestras a 4 °C.

Los datos obtenidos se analizaron en forma univariada. Se utilizaron medias, desviaciones estándar e intervalos de confianza de 95 % para cada concentración determinada, empleando el programa SPSS 16.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La concentración de fluoruros en las muestras de agua presentó variaciones entre 0.44 a 1.28 ppm

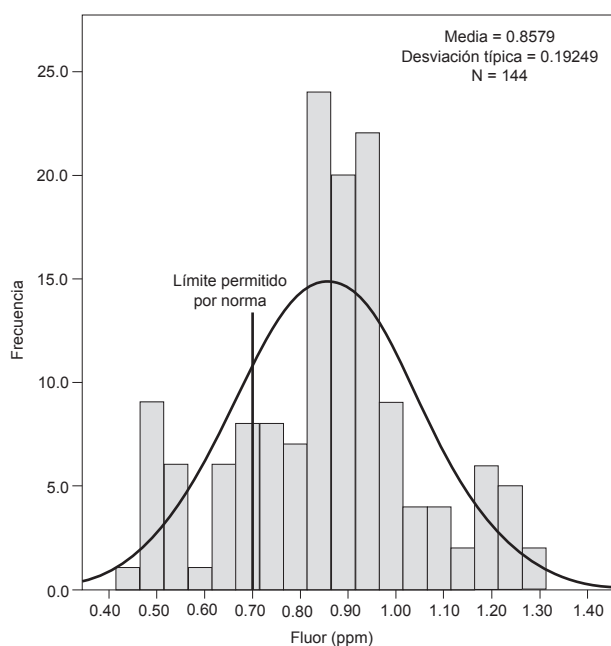


Fig. 3. Distribución de valores de flúor (ppm) de las muestras de agua potable de la delegación Tláhuac

con una media de concentración de 0.86 ± 0.19 ppm (**Fig. 3**).

Cuatro pozos de la zona norte tuvieron concentraciones de fluoruro >0.7 ppm; la concentración más alta fue de 0.95 ppm en el pozo Santa Catarina 4. En los tres pozos de la zona sur se presentaron

concentraciones superiores a la recomendada; la más alta fue de 1.12 ppm en el pozo Tecómitl 19. Las aguas intradomiciliarias de la zona centro tuvieron concentraciones en el rango de 0.82 a 1.19 ppm de fluoruro; la más alta se ubicó en el Barrio San Mateo (**Cuadro II**). En la **figura 4** se muestran los intervalos de confianza de las medias de los pozos y aquellos que rebasan el límite 0.7 ppm de la norma PROY-NOM-040-SSA1-2000 (SSA 2000)

Del total, quince pozos registraron una concentración de fluoruro superior a la permitida. El que presentó el nivel más alto fue el correspondiente al Barrio San Mateo (C5), con un rango de 1.1 a 1.3 ppm; los pozos que presentaron las concentraciones más bajas fueron Santa Catarina 6 (N6) y Xotepingo 8 (N7), con un media de 0.49 y 0.51 ppm, respectivamente.

El análisis de los datos expuestos demuestra que el agua potable de las zonas de Tláhuac contiene marcadas diferencias en la concentración de fluoruro, con un rango entre 0.44 y 1.28 ppm y una media de 0.86 ± 0.19 ppm como ya se dijo.

Por otra parte, se reportan concentraciones superiores a las encontradas en un estudio realizado en la Ciudad de México en 2005, en el cual no estaba incluida la delegación Tláhuac; en dicho estudio se obtuvo una concentración promedio de 0.7 ppm de fluoruro (Hernández-Guerrero *et al.* 2005). Como se indicó, otras entidades del país presentan altas concentraciones de fluoruro en el agua de consumo,

CUADRO II. RESULTADOS GENERALES DE LA CONCENTRACIÓN DE FLUORURO (PPM) EN POZOS

Zona de muestreo	Valores de los estadísticos					Intervalo de confianza	Intervalo de confianza	
	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	(95 %), \pm	Límite inferior	Límite superior
General	144	0.840	0.440	1.280	0.858	0.031	0.826	0.889
C1	8	0.030	0.810	0.840	0.821	0.008	0.813	0.829
C2	8	0.050	0.910	0.960	0.938	0.012	0.926	0.949
C3	8	0.220	1.020	1.240	1.141	0.053	1.088	1.194
C4	8	0.100	0.920	1.020	0.961	0.024	0.937	0.985
C5	8	0.170	1.110	1.280	1.190	0.042	1.148	1.232
C6	8	0.080	0.820	0.900	0.865	0.016	0.849	0.881
C7	8	0.040	0.900	0.940	0.914	0.009	0.905	0.923
N1	8	0.110	0.680	0.790	0.730	0.022	0.708	0.752
N2	8	0.090	0.840	0.930	0.884	0.021	0.863	0.904
N3	8	0.140	0.610	0.750	0.673	0.037	0.636	0.709
N4	8	0.070	0.820	0.890	0.841	0.015	0.826	0.857
N5	8	0.090	0.900	0.990	0.949	0.022	0.927	0.970
N6	8	0.100	0.440	0.540	0.494	0.021	0.473	0.515
N7	8	0.060	0.480	0.540	0.511	0.014	0.497	0.525
N8	8	0.120	0.630	0.750	0.681	0.026	0.655	0.708
S1	8	0.110	0.860	0.970	0.911	0.029	0.883	0.940
S2	8	0.300	0.980	1.280	1.119	0.087	1.032	1.206
S3	8	0.070	0.780	0.850	0.820	0.017	0.803	0.837

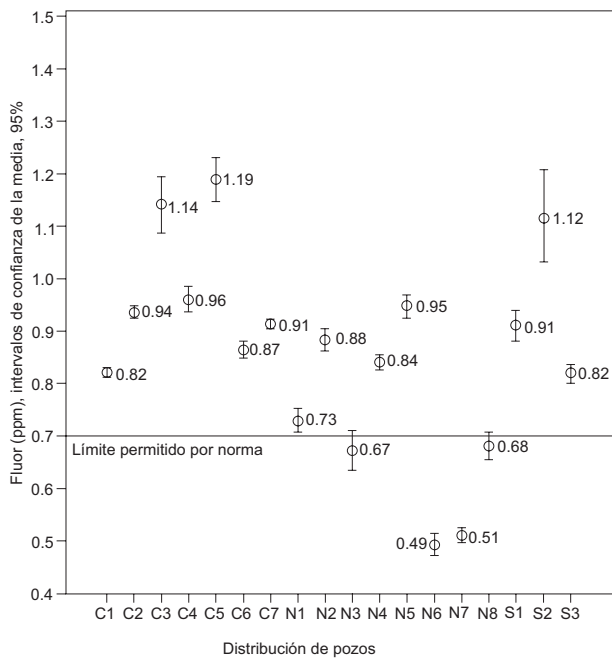


Fig. 4. Distribución de los pozos de acuerdo con el intervalo de confianza de la media y límite permitido por la norma

en un rango superior a 0.7 ppm. En estas zonas se ha establecido el cese del consumo de sal fluorada. En algunas entidades federativas como Chihuahua, Coahuila, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa y Sonora, la distribución de sal fluorada depende de las concentraciones de la región y de si sobrepasan los 0.7 ppm (SSA 2007).

Considerando lo anterior, es relevante la caracterización de la concentración de fluoruros en esta zona de estudio debido a que los resultados obtenidos permiten regular el uso de determinado tipo de sal.

Las concentraciones más altas encontradas en este trabajo se reportaron en la zona centro, donde los resultados fueron superiores a 0.7 ppm de fluoruro, en un rango entre 0.821 y 1.190 ppm. Esta zona tiene muy alta concentración poblacional, en particular de menores en edad preescolar, etapa en la que los tejidos dentarios y óseos son más susceptibles a los efectos de este halógeno (Bottenberg *et al.* 2004).

Estos resultados indican que la población que habita en la delegación Tláhuac no debe consumir sal fluorada considerando el fluoruro ingerido por medio de los alimentos, bebidas embotelladas y sal (Galicia-Chacón *et al.* 2009). Por tanto, se recomienda no comercializar la sal fluorada en esta zona de la Ciudad de México para evitar el efecto tóxico de los fluoruros en el organismo humano.

Finalmente, se recomienda para futuros trabajos

realizar el muestreo durante periodos más largos, para verificar si existen variaciones en las concentraciones de las zonas muestreadas en diferentes periodos.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que la población de la delegación Tláhuac está expuesta a la ingesta excesiva de fluoruros por vía del agua de consumo, lo que representa un riesgo para la salud pública en esta zona.

Se recomienda a las autoridades sanitarias implementar medidas preventivas para evitar la ingesta de sal fluorada y otros fluoruros adicionales contenidos en productos de consumo diario. El consumo de fluoruro proveniente de diferentes fuentes podría propiciar el incremento y la aparición de nuevos casos de fluorosis dental en la población infantil y fluorosis esquelética en la población adulta. La implementación de este tipo de acciones preventivas contribuirá a una mejor calidad de vida para la población.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Comisión Nacional del Agua por el apoyo, la información brindada y el acceso a los pozos para la toma de muestras, al trabajo desarrollado por la C.D. Fabiola Salas en CONAGUA y a la Universidad Autónoma Metropolitana a través de los proyectos de investigación aprobados en Consejo Divisonal de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud.

REFERENCIAS

- Alarcón-Herrera M., Martín-Domínguez I.R., Trejo-Vázquez R. y Rodríguez-Dozal S. (2001). Well water fluoride, dental fluorosis, and bone fractures in the Guadiana Valley of Mexico. *Fluoride* 34, 139-149.
- APHA (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20ª ed. American Public Health Association. Washington, EUA. 1325 pp.
- Bonilla-Petriciolet A., Trejo-Vázquez R. y Márquez-Algara C. (2002). Análisis del riesgo para la salud pública ocasionado por la exposición a fluoruros en el estado de Aguascalientes, México. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 18, 171-177.
- Bottenberg P., Declerck D., Ghidry W., Bogaerts K., Vanobbergen J. y Martens L. (2004). Prevalence and determinants of enamel fluorosis in Flemish school-children. *Caries Res.* 38, 20-28.

- CONAGUA (2004). *Compendio del Agua, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala. Región XIII*. Comisión Nacional del Agua. Reporte. México. 134 pp.
- CONAGUA (2006). *Sistemas de abastecimientos de agua potable en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*. IV Foro Mundial del Agua. Ciudad de México. 16 al 22 de marzo de 2006. 8pp.
- DenBesten P.K. (1999). Biological mechanisms of dental fluorosis relevant to the use of fluoride supplements. *Community Dent. Oral Epidemiol.* 27, 41-47.
- Díaz-Barriga F., Navarro-Quezada A., Grijalva M.I., Grimaldo M., Loyola-Rodríguez J.P. y Deogracias-Ortiz M. (1997a). Endemic fluorosis in Mexico. *Fluoride* 30, 233-239.
- Díaz-Barriga F., Leyva R., Quistián J., Loyola-Rodríguez J.P., Pozos A. y Grimaldo M. (1997b). Endemic fluorosis in San Luis Potosí, México: IV Sources of fluoride exposure. *Fluoride* 30, 219-222.
- Galicia-Chacón L.F., Juárez-López M.L.A. y Molina-Frechero N. (2009). Prevalencia de fluorosis dental y consumo de fluoruros ocultos en escolares de Ciudad Nezahualcóyotl. *Gac. Med. Mex.* 145, 263-7.
- Hernández-Guerrero J.C., Ledesma-Montes C., Cardiel-Nieves M., De la Fuente-Hernández J. y Jiménez-Farfán D. (2005). Fluoride levels in Mexico City's water supplies. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 21, 17-22.
- Hernández-Montoya V., Bueno-López J.I., Sánchez-Ruelas A.M., García-Servín J., Trejo-Vázquez R., Bonilla-Petriciolet A. y Márquez-Algara C. (2003). Fluorosis y caries dental en niños de 9 a 11 años del estado de Aguascalientes, México. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 19, 197-204.
- Mascarenhas A.K. y Burt B.A. (1998). Fluorosis risk from early exposure to fluoride toothpaste. *Community Dent Oral Epidemiol.* 26, 241-248.
- Miller J. y Miller J. (2002). *Estadística y quimiometría para química analítica*. 4ª ed. Pearson-Prentice Hall. Madrid; 286 pp.
- Molina-Frechero N., Castañeda-Castaneira E., Sánchez-Flores A. y Robles-Pinto G. (2007). Incremento de la prevalencia y severidad de fluorosis dental en escolares de la delegación Xochimilco en México, DF. *Acta Pediatr. Méx.* 28, 149-153.
- Moore J.E., Zaporozec A. y Mercer J.W. (2005) *Una introducción al agua subterránea*. Instituto de Geología. Folleto Técnico 128. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 83 pp.
- OMS (2004). *Fluoride in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality*. World Health Organization. 9 pp.
- 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. *Rev. Mex. Cienc. Geol.* 26, 143-161.
- Pérez-Patiño T.J., Scherman-Leaño R.L., Hernández-Gutiérrez R.J., Rizo Curiel G. y Hernández-Guerrero M.P. (2007). Fluorosis dental en niños y flúor en el agua de consumo humano. Mexicacán, Jalisco, México. *Inv. Salud.* 9, 214-219.
- Rodríguez-Dozal S., Alarcón-Herrera M.T., Cifuentes E., Barraza A., Loyola Rodríguez J.P. y Sanin L.H. (2005). Dental fluorosis in rural communities of Chihuahua, México. *Fluoride* 38, 143-150.
- Saxena V. y Ahmed S. (2001). Dissolution of fluoride in groundwater: a water-rock interaction study. *Environ. Geol.* 40, 1084-1087.
- SECOFI (2001). Norma Mexicana NMX-AA-077-SC-FI-2001. Análisis de aguas. Determinación de fluoruros en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Diario Oficial de la Federación. 13 de Agosto de 2001.
- SSA (1999). Norma Oficial Mexicana NOM-177-SSA1-1998. Que establece las pruebas y procedimientos para demostrar que un medicamento es intercambiable. Requisitos a que deben sujetarse los terceros autorizados que realicen las pruebas. Secretaría de Salud. Diario Oficial de la Federación. 7 de Mayo de 1999.
- SSA (2000). Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-040-SSA1-2000. Bienes y servicios. Sal yodada y sal yodada y fluorurada. Especificaciones sanitarias. Diario Oficial de la Federación. México. 29 de mayo de 2000.
- SSA (2007). Norma Oficial Mexicana NOM-013-SSA2-2006. Para la prevención y control de enfermedades bucales. Secretaría de Salud. Diario Oficial de la Federación. 16 de mayo 2007.
- Trejo-Vázquez R., Alarcón M.T., Martínez Y., Romero P. y Salvador J. (1997). Niveles de fluoruros en el agua de los pozos de la ciudad de Durango. *Ing. Hidrául. Méx.* 12, 51-57.
- Trejo-Vázquez R. y Bonilla-Petriciolet A. (2001). Exposición a fluoruros del agua potable en la ciudad de Aguascalientes, México. *Pan. Am. J. Public Health* 10, 108-113.
- Wang S.X., Wang Z.H., Cheng X.T., Li J., Sang Z.P., Zhang X.D., Han L.L., Qiao Y., Wu Z.M. y Wang Z.Q. (2007). Arsenic and fluoride exposure in drinking water: children's IQ and growth in Shanyin county, Shanxi province, China. *Environ. Health Perspect.* 115, 643-647.