

ANÁLISIS DEL RIESGO PARA LA SALUD PÚBLICA OCASIONADO POR LA EXPOSICIÓN A FLUORUROS EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES, MÉXICO

Adrián BONILLA-PETRICIOLET ¹, Rodolfo TREJO-VÁZQUEZ ¹ y Carlos MÁRQUEZ-ALGARA ²

¹ Instituto Tecnológico de Aguascalientes. Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica. Av. López Mateos 1801 Aguascalientes 20256 Ags., México. Correo electrónico: petriciolet@hotmail.com

² Instituto de Salud del estado de Aguascalientes. Margil de Jesús 1501, Aguascalientes 20020 Ags., México

(Recibido abril 2002, aceptado octubre 2002)

Palabras clave: fluorosis, fluoruros, agua potable, salud pública, México, Aguascalientes

RESUMEN

En el estado de Aguascalientes el 43.7 % de las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano presenta una concentración de fluoruros superior a 1.5 mg/L. El objetivo de este trabajo fue realizar un análisis del riesgo para la salud pública ocasionado por la exposición a fluoruros a través del agua para consumo humano del estado de Aguascalientes. Se calcularon las dosis de exposición a fluoruros para la población local de los diferentes municipios que conforman el estado de Aguascalientes y se compararon con los límites de ingesta sugeridos por la Agencia de los EUA para el registro de sustancias tóxicas y enfermedades (ATSDR). Se estimaron las prevalencias de fluorosis dental que cabría esperar en la población expuesta tomando como base resultados reportados en la literatura. Estas estimaciones fueron comparadas con datos epidemiológicos recientes. Los resultados del análisis de riesgo indican que la población del estado de Aguascalientes se encuentra expuesta significativamente a daños en la salud por alta ingesta de fluoruros a través del agua para consumo humano, siendo la población infantil el grupo de mayor riesgo. El presente estudio aporta bases para estimar la dimensión del problema de salud pública derivado de la ingesta elevada de fluoruros en esta entidad mexicana.

Key words: fluorosis, fluoride, drinking water, public health, Mexico, Aguascalientes

ABSTRACT

43.7 % of the groundwater wells that provide drinking water for the state of Aguascalientes show fluoride concentrations above 1.5 mg/L. The objective of our research was to perform a risk analysis study to estimate the health implications of fluoride exposure through drinking water in Aguascalientes. Fluoride exposure doses were calculated for local population in each of the state municipalities. These estimates were compared with the ingestion limits set by the US Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (ATSDR). Based on the existing literature the expected prevalences of dental fluorosis for the exposed people were calculated. Our results show that there is a significant health risk for the people of Aguascalientes, particularly children. This study provides the necessary grounds to estimate the dimension of the public health problem caused by excessive fluoride ingestion in Aguascalientes.

INTRODUCCIÓN

El consumo prolongado de agua conteniendo fluoruros disueltos en concentraciones superiores a 1.0 mg/L, provoca diversos padecimientos en el organismo humano tales como la fluorosis dental y esquelético (McDonagh *et al.* 2000), donde la magnitud y tipo de lesión dependen de la dosis, tipo y tiempo de exposición, estado fisiológico y nutricional del individuo (Grimaldo *et al.* 1995, Takahashi 1998, Mascarenhas y Burt 1999). En México cerca de cinco de millones de habitantes están expuestos crónicamente a ingestas elevadas de fluoruros a través del agua para uso y consumo humanos (Díaz Barriga *et al.* 1997). Entre los estados que presentan esta problemática se encuentra Aguascalientes.

El estado de Aguascalientes se localiza en la parte central del territorio mexicano y está conformado por 11 municipios con una población total de 944,285 habitantes (INEGI 2000). Dispone de 334 pozos principales de abastecimiento de agua para consumo humano, donde el 37 % de éstos se ubican en la capital del estado. La problemática de los fluoruros en las fuentes de abastecimiento de agua de Aguascalientes está asociada a la estructura geológica de los acuíferos que contiene minerales fluorados. Como consecuencia de lo anterior, la mayor parte del agua extraída del subsuelo presenta concentraciones de fluoruros superiores a 1.0 mg/L (INEGI 1993). Existen estudios enfocados a la determinación del contenido de fluoruros en todas las fuentes de abastecimiento de agua de esta entidad (Trejo-Vázquez y Bonilla-Petriciolet 2001, Trejo-Vázquez *et al.* 2002). cuyos resultados indicaron que el 43.7 % de las fuentes de abastecimiento de agua para consumo de este estado presentaba concentraciones de fluoruros superiores al límite máximo permisible mexicano de 1.5 mg/L. Sin embargo, hasta la fecha pocos estudios se han realizado para establecer los daños en la salud pública de la población de Aguascalientes provocados por la ingesta de fluoruros (Bonilla-Petriciolet *et al.* 2002).

El objetivo de este trabajo fue realizar un análisis estatal del riesgo para la salud pública ocasionado por la exposición a fluoruros, con base en la información existente de los contenidos de fluoruros de las fuentes de abastecimiento de agua del estado de Aguascalientes. Se calcularon dosis de exposición a fluoruros para los diferentes municipios y se compararon con los límites de ingesta sugeridos por la Agencia de los EUA para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR 1993). Considerando los resultados obtenidos en el estudio de McDonagh *et al.* (2000), se estimaron las prevalencias de fluorosis dental que cabría esperar en la población expuesta de los diferentes municipios del estado. Esas prevalencias

fueron comparadas con resultados recientes de un estudio epidemiológico de fluorosis dental (Bonilla-Petriciolet *et al.* 2002).

MATERIALES Y MÉTODOS

Análisis de riesgo para la salud pública en el estado de Aguascalientes

Los resultados descritos por Trejo-Vázquez y Bonilla-Petriciolet (2001) y Trejo-Vázquez *et al.* (2002) sobre los contenidos de fluoruros de las fuentes de abastecimiento de agua del estado de Aguascalientes fueron utilizados para realizar un análisis del riesgo para la salud pública. En este se consideraron los umbrales de ingesta para los efectos tóxicos de una sustancia cuando un individuo se somete a una exposición crónica por vía oral sugeridos por la ATSDR (1993). El término exposición crónica define un período de exposición superior a un año. Siguiendo criterios de la literatura, estos límites de ingesta corresponden a las siguientes condiciones: RfD, NOAEL y LOAEL (ATSDR 1993). La dosis oral de referencia (RfD, por sus siglas en inglés), con una incertidumbre establecida en un orden de magnitud es un estimado de la exposición diaria que puede tener un individuo a una sustancia tóxica, a lo largo de toda su existencia, sin presentar manifestaciones de daño en su organismo. Por otra parte el NOAEL se define como la ingesta máxima de un tóxico que puede tener el ser humano sin presentar manifestaciones clínicas adversas, mientras que el LOAEL corresponde a la ingesta mínima del agente tóxico que causa manifestaciones clínicas adversas en el individuo expuesto.

La ATSDR ha estimado que para el caso de los fluoruros, la RfD y el NOAEL corresponden a 0.06 mg/kg/día y el LOAEL a 0.48 mg/kg/día (ATSDR 1993). Esto significa que para una ingesta de fluoruros superior al NOAEL, el individuo expuesto durante la edad de calcificación de sus dientes puede presentar fluorosis dental con diversos niveles de severidad dependiendo de la magnitud de exposición y de su fisiología. Si la exposición supera al LOAEL y el tiempo es por más de 15 años, el individuo se encuentra en riesgo para el desarrollo de fluorosis esquelética (ATSDR 1993).

La RfD y los límites de ingesta (NOAEL, LOAEL) que la ATSDR ha sugerido para los fluoruros fueron utilizados para establecer el riesgo para la salud pública de la población local de Aguascalientes.

Cálculo de las dosis de exposición a fluoruros

Para realizar el análisis de riesgo, se estimaron las dosis de exposición a fluoruros para cada municipio del estado utilizando las concentraciones de fluoruros reportadas

por Trejo-Vázquez y Bonilla-Petriciolet (2001) y Trejo-Vázquez *et al.* (2002). Siguiendo criterios de la literatura (Ortiz *et al.* 1998) en el cálculo de las dosis de exposición se consideró una total biodisponibilidad de fluoruros, se asumió que el agua era la única fuente de ingestión de fluoruros y se emplearon valores estándar para la masa corporal y el consumo de agua. La expresión utilizada para la estimación de las dosis de exposición fue la siguiente:

$$DE = \frac{[F^-]C_{H_2O}}{M_{ind}} \quad [1]$$

en donde *DE* fue la dosis de exposición a fluoruros en mg/kg/día, $[F^-]$ representó la concentración de este ion contenido en el agua de consumo en mg/L, C_{H_2O} al consumo de agua en L/día y M_{ind} a la masa corporal del individuo en kg. Estas dosis de exposición fueron calculadas para tres clases de individuos conforme al criterio de Ortiz *et al.* (1998), cuyas características se presentan en la **tabla I**. Las dosis de exposición calculadas para cada municipio fueron graficadas y comparadas con los límites de ingesta sugeridos por la ATSDR.

TABLA I. CARACTERÍSTICAS POBLACIONALES CONSIDERADAS EN EL ANÁLISIS DE RIESGO¹

Clase de individuo	Peso (kg)	Consumo de agua (L/día)
Infante	6	1
Niño	20	1
Adulto	70	2

¹Ortiz *et al.* (1998)

Estimación de las prevalencias de fluorosis dental

Por otra parte, se estimaron las prevalencias de fluorosis dental que cabría esperar en la población infantil expuesta del estado de Aguascalientes con base en los resultados reportados por McDonagh *et al.* (2000) quienes desarrollaron un modelo probabilístico para estimar las prevalencias de fluorosis dental que puede presentar una población expuesta a diferentes contenidos de fluoruros en el agua para consumo. Como ellos no publicaron las constantes de su modelo, las prevalencias reportadas en la tabla 7.2 de su trabajo que fueron obtenidas a través de dicho modelo probabilístico, sirvieron de base para ajustar la siguiente expresión empírica ($R^2=0.9947$)

$$P = 0.0456 \log_{10} [F^-]^2 + 0.3825 \log_{10} [F^-] + 0.4811 \quad [2]$$

donde *P* representa la prevalencia de fluorosis dental en escala de cero a uno y $[F^-]$ el contenido de fluoruros presente en el agua para consumo humano en mg/L. La expresión [2] y las concentraciones límite de todos los municipios del estado de Aguascalientes fueron utilizadas para estimar las prevalencias de fluorosis dental que cabría esperar en la población expuesta y que fueron comparadas con los resultados de un estudio epidemiológico realizado recientemente en la entidad (Bonilla-Petriciolet *et al.* 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la **tabla II** se presenta de forma sintetizada los contenidos de fluoruros de los 334 pozos principales que satisfacen la demanda de agua para uso y consumo humano del estado de Aguascalientes (Trejo-Vázquez y Bonilla-Petriciolet 2001, Trejo-Vázquez *et al.* 2002). Las concentraciones de fluoruros mínima y máxima globales de toda la entidad fueron de 0.18 mg/L y 14.59 mg/l, con una concentración promedio de 1.77 ± 1.36 mg/L. El 43.7 % de los pozos existentes en la región presentaron una concentración superior al límite máximo permisible mexicano de 1.5 mg/L (Diario Oficial de la Federación 1996), mientras que el 84.6 % superó el límite máximo de concentración de fluoruros establecido por la Organización Mundial de la Salud (1 mg/L). En todos los municipios la concentración promedio de los pozos fue superior a 1.0 mg/L. Para el caso específico de la ciudad de Aguascalientes, los pozos con mayor caudal y área de abastecimiento son aquellos con el contenido más elevado de fluoruros (CNA 1995).

De los 11 municipios que conforman el estado de Aguascalientes, sólo Pabellón de Arteaga presentó todas sus fuentes de abastecimiento de agua con concentraciones inferiores a 1.5 mg/L. Por otra parte, El Llano exhibió el menor porcentaje de pozos que satisfacen la norma oficial mexicana NOM-127-SSAI-1994 (Diario Oficial de la Federación 1996) y la mayor concentración promedio (**Tabla II**). Como ya se había mencionado, estos altos contenidos de fluoruros son una consecuencia natural de la estructura geológica de los acuíferos de la región y de las altas temperaturas del subsuelo originadas por la presencia de zonas volcánicas (INEGI 1993). Hasta el momento no se dispone de métodos para la remoción de fluoruros que sean factibles, tanto económica como tecnológicamente, para su aplicación en este estado.

Tras una búsqueda de estudios previos se encontró que hasta 1999 no había reportes completos en la literatura que establecieran el contenido de fluoruros en todas las fuentes de abastecimiento de agua de este estado. Los estudios de archivo que existían en algunas dependencias eran parciales y solamente se enfocaban a la

TABLA II. CONTENIDO DE FLUORUROS EN LOS 334 POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES ¹

Municipio	Pozos	Concentración de fluoruros, mg/L				NPP
		Promedio	± DE	Minima	Máxima	
1. Cosío	11	2.15	± 0.65	1.38	3.28	2 (18.18)
2. Calvillo	34	1.99	± 2.48	0.49	14.59	20 (58.82)
3. Asientos	43	1.42	± 0.46	0.68	3.22	26 (60.47)
4. Rincón de Romos	21	1.75	± 0.95	0.89	4.32	13 (61.90)
5. Jesús María	31	2.00	± 1.32	0.36	6.05	16 (51.61)
6. Pabellón de Arteaga	11	1.02	± 0.16	0.82	1.45	11 (100.0)
7. San José de Gracia	7	1.22	± 1.13	0.18	3.34	4 (57.14)
8. El Llano	16	2.81	± 1.26	1.24	5.35	1 (6.25)
9. San Francisco de los Romos	16	1.15	± 0.25	0.78	1.54	14 (87.5)
10. Tepezalá	18	1.65	± 0.64	1.04	3.75	8 (44.44)
11. Aguascalientes	126	1.82	± 1.41	0.53	11.31	73 (57.94)

¹ Trejo-Vázquez *et al.* (2002)

DE Desviación Estándar

NPP representa el número y porcentaje de pozos de cada municipio que satisfacen la Norma Oficial Mexicana (Diario Oficial de la Federación 1996)

ciudad de Aguascalientes. En los resultados reportados en dichos estudios se indicó que desde 1989 se llegaron a detectar en la ciudad de Aguascalientes concentraciones de fluoruros del orden de 9.02 mg/L (CNA 1989). Otro estudio realizado también en la ciudad de Aguascalientes en 1995, indicó que el 65.6 % de 454 muestras de agua presentaron una concentración de fluoruros superior a 1.5 mg/L (CNA 1995). En dicho trabajo se encontraron concentraciones entre 0.66 y 9.61 mg/L, con una concentración promedio de 2.19 ± 1.22 mg/L. Lamentablemente, no fue posible realizar una comparación directa entre los resultados de los estudios parciales previos y los resultados de Trejo-Vázquez y Bonilla-Petriciolet (2001) y de Trejo-Vázquez *et al.* (2002), debido a que los puntos de muestreo y cuantificación de fluoruros fueron diferentes. No obstante, se observa que al menos en la ciudad de Aguascalientes, el rango de concentraciones ha incrementado durante los últimos años (CNA 1995). Los autores de este manuscrito consideran que este incremento de concentración está asociado principalmente con el abatimiento del nivel freático de los pozos. La información contenida en las investigaciones anteriores indica que la problemática de un alto contenido de fluoruros en las fuentes de abastecimiento de agua del estado tiene comprobadamente por lo menos una antigüedad de trece años.

En las **Figuras 1 y 2** se muestran las dosis de exposición calculadas a partir de la expresión [1] y las concentraciones límite de cada municipio reportadas en la **Tabla II**. En dichas figuras se incluyó, con fines comparativos, el valor de la dosis oral de referencia y los límites de ingesta NOAEL y LOAEL.

Como se puede observar en dichas gráficas, en el estado de Aguascalientes un infante puede presentar una dosis de exposición entre 0.03 y 2.43 mg/kg/día, un niño entre 0.009 y 0.73 mg/kg/día, mientras que los adultos entre 0.005 y 0.41 mg/kg/día.

Las **Figuras 1 y 2** indican que los individuos de menor edad, tanto en las dosis mínimas como máximas, presentan la mayor exposición a fluoruros, tal y como ha sido reportado por otros investigadores para diferentes regiones de México (Díaz Barriga *et al.* 1997a,b, Ortiz *et al.* 1998). Con respecto a las dosis mínimas, en algunos municipios, los grupos expuestos superaron al NOAEL. Por otra parte, en los municipios de Aguascalientes y Calvillo la mayor parte de la población presentó dosis de exposición máximas muy superiores al LOAEL.

Para el caso de la población infantil, es indudable que estos niveles de exposición representan un riesgo

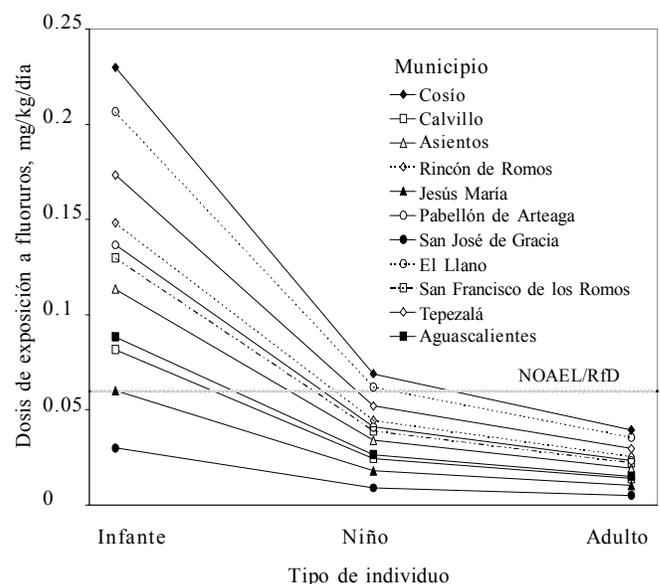


Fig. 1. Dosis de exposición mínima a fluoruros en el estado de Aguascalientes

significativo para el desarrollo de fluorosis dental. Si esta exposición prevalece, se puede desembocar en el desarrollo de fluorosis esquelética y otros tipos de lesiones. Respecto a los adultos, las dosis mínimas calculadas para los diferentes municipios del estado no superaron el nivel mínimo de riesgo para el desarrollo de fluorosis esquelética, que corresponde a 0.12 mg/kg/día. No obstante, para el caso de las dosis de exposición máximas, algunos municipios superaron dicho límite, siendo los de mayor importancia Aguascalientes y Calvillo.

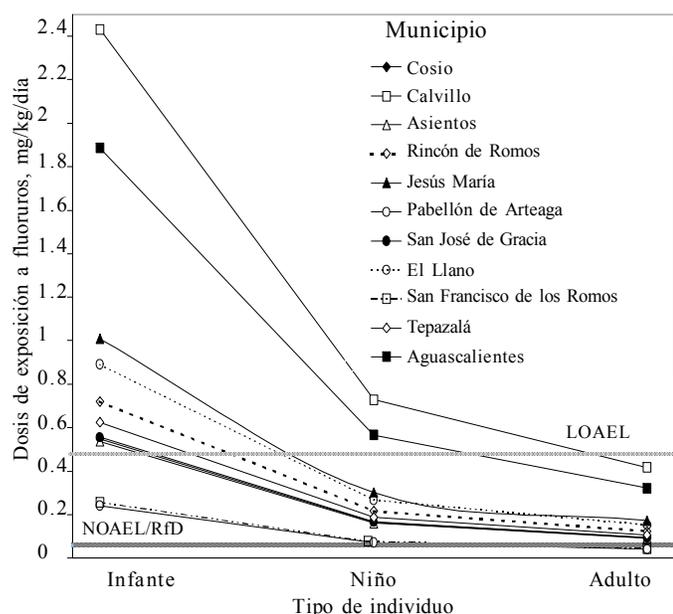


Fig. 2. Dosis de exposición máxima a fluoruros en el estado de Aguascalientes

Este conjunto de resultados indica que una porción significativa de la población del estado de Aguascalientes está severamente expuesta a fluoruros a través del agua de consumo humano. A pesar de que no se puede establecer con precisión el período de exposición a fluoruros de esta población, dicha problemática tiene una antigüedad superior a una década. Por otra parte, es necesario mencionar que las exposiciones reales a fluoruros probablemente son mayores a los valores estimados en este trabajo, ya que existen otras fuentes tales como alimentos y productos dentífricos que las incrementan. Otro factor que contribuye en el aumento de la ingesta de fluoruros corresponde al consumo de agua hervida; práctica doméstica ampliamente utilizada en México por quienes no consumen agua purificada embotellada. Hasta el momento no se han realizado estudios en esta entidad que cuantifiquen las aportaciones de estos factores a la exposición total de fluoruros.

Si se consideran los resultados obtenidos en el estudio parcial de cuantificación de fluoruros realizado para la Ciu-

dad de Aguascalientes en 1995 (CNA 1995), donde se encontraron concentraciones de fluoruros entre 0.66 y 9.61 mg/L, aproximadamente, las dosis de exposición máximas a fluoruros para esta ciudad se han elevado 17.7 % desde 1995 hasta 1999. Cabe aquí señalar que la falta de registros históricos de los contenidos de fluoruros en las fuentes de abastecimiento de agua para los diferentes municipios del estado de Aguascalientes impidió establecer la evolución de la ingesta de fluoruros de la población local expuesta.

En la **Tabla III** se reportan las prevalencias de fluorosis dental estimadas para los diferentes municipios del estado de Aguascalientes empleando la expresión [2] y los datos de las **Tablas I y II**. Los municipios de Aguascalientes y Calvillo pueden presentar prevalencias de fluorosis dental muy superiores al 72.0 %; en el resto de los municipios, las prevalencias oscilan entre 20 y 70 %. Es necesario indicar que a mayor grado de exposición existe un incremento en la prevalencia de fluorosis dental con daño estético y por lo tanto la alteración en la dentadura es más significativa, como lo indican los resultados descritos por McDonagh *et al.* (2000) quienes indicaron que cuando el contenido de fluoruros en el agua para consumo supera los 4 mg/L, la prevalencia de fluorosis dental con daño estético puede ser mayor al 63.0 %.

Con fines de comparación en la **Tabla IV** se presentan las prevalencias de fluorosis dental reportadas recientemente para diferentes zonas de exposición a fluoruros del estado de Aguascalientes (Bonilla-Petriciolet *et al.* 2002). La comparación de las prevalencias estimadas empleando el modelo de McDonagh *et al.* (2000) y las prevalencias encontradas en el estudio de Bonilla-Petriciolet *et al.* (2002) indican que existe buena concordancia entre ambos resultados. Por ejemplo para el caso del municipio de Pabellón de Arteaga, cuya agua para consumo presentó un contenido de fluoruros entre 0.82 y 1.45 mg/L, se estimaron prevalencias de fluorosis dental

TABLA III. PREVALENCIAS DE FLUOROSIS DENTAL ESTIMADAS PARA EL ESTADO DE AGUASCALIENTES

Municipio	Prevalencia de fluorosis dental (%)	
	Mínima	Máxima
Cosío	53.54	69.05
Calvillo	36.70	>> 72.0
Asientos	41.83	68.71
Rincón de Romos	46.18	> 72.0
Jesús María	32.03	> 72.0
Pabellón de Arteaga	44.85	54.4
San José de Gracia	22.15	69.39
El Llano	51.72	> 72.0
San Francisco de los Romos	44.03	55.44
Tepezalá	48.76	71.57
Aguascalientes	37.91	>> 72.0

entre 44.85 y 54.4 % mientras que en los datos epidemiológicos de Bonilla-Petriciolet *et al.* (2002) se reportó una prevalencia de fluorosis del 55.56 % para una zona rural con un contenido de fluoruros de 0.74 mg/L y una prevalencia de fluorosis de 62.96 % para una zona urbana con un contenido de fluoruros de 1.3 mg/L. Los resultados anteriores sugieren que el modelo probabilístico de McDonagh *et al.* (2000) es aplicable para este estado y por tanto puede ser utilizado como primera aproximación para establecer las prevalencias de fluorosis dental en las zonas expuestas a fluoruros a través del agua para consumo.

Los resultados de estudios epidemiológicos de fluorosis dental realizados en otras entidades mexicanas pueden ser utilizados también para ponderar el problema de salud pública en Aguascalientes. Por ejemplo, en el estudio realizado por Alarcón *et al.* (2001) en Durango, se detectó que en aquellas zonas con exposiciones de 0.075 mg/kg/día existían prevalencias de fluorosis dental del 76.3 % y prevalencias de fluorosis dental con daño estético (fluorosis entre moderada y severa) del 7.2 %. Cuando la exposición superó los 0.6 mg/kg/día, la prevalencia de fluorosis dental alcanzó el 100 % donde el 59 % de la población evaluada presentó fluorosis dental entre moderada y severa con daño significativos en su dentadura.

TABLAIV. PREVALENCIAS DE FLUOROSIS DENTAL EN DIFERENTES ZONAS DE EXPOSICIÓN A FLUORUROS EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES ¹

Zona	[F], mg/L	Prevalencia (%)	
		Fluorosis dental	Fluorosis dental con daño estético
Urbana	1.30 ± 0.08	62.96	3.70
Urbana	3.56 ± 1.60	75.00	25.00
Urbana	5.57 ± 1.88	100.00	53.85
Urbana	7.90 ± 0.60	96.14	42.86
Rural	0.74 ± 0.10	55.56	0.00
Rural	4.07 ± 0.34	97.53	62.96
Rural	5.19 ± 0.25	100.00	100.00

¹Bonilla-Petriciolet *et al.* (2002)

Para el caso de fluorosis esquelética o fracturas óseas, no existen estudios en entidades mexicanas. En el trabajo de Alarcón *et al.* (2001), los resultados sobre la incidencia de fracturas óseas no presentaron correlación significativa con el contenido de fluoruro en el agua para consumo humano. Por esa situación no se realizó un análisis similar al de fluorosis dental para estimar prevalencias de fluorosis esquelética o fracturas óseas.

CONCLUSIONES

El análisis de riesgo para la salud pública realizado en este trabajo, empleando dosis de exposición y las ingestas sugeridas por la ATSDR, indicó que la población del estado de Aguascalientes se encuentra severamente expuesta a fluoruros a través del agua para consumo humano, siendo los municipios de Calvillo y Aguascalientes, aquellos con mayor grado de exposición. En todo el estado, el grupo expuesto con mayor riesgo es la población infantil. A pesar de que no se estableció el período de exposición a fluoruros de esta población por la falta de registros históricos de los contenidos de fluoruros en este estado, dicha problemática tiene una antigüedad superior a una década.

En términos generales, se estimó que la población expuesta de Aguascalientes puede presentar prevalencias de fluorosis dental entre 20 y 70 %.

Es necesario realizar un estudio epidemiológico en toda la entidad para establecer la prevalencia de fluorosis dental así como la probable presencia de otro tipo de secuelas ocasionados por la severa exposición a fluoruros. También es urgente desarrollar estrategias eficientes y factibles para la remoción parcial de los fluoruros del agua en el estado de Aguascalientes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo económico del Consejo del Sistema Nacional de Educación Tecnológica (COSNET), el apoyo económico y logístico de la Concesionaria de Aguas de Aguascalientes S.A. de C.V. (CAASA), el apoyo logístico del Instituto de Salud del estado de Aguascalientes (ISEA) y al Instituto Tecnológico de Aguascalientes por todas las facilidades brindadas para la realización de este proyecto.

REFERENCIAS

- Alarcón-Herrera M.T., 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 México. *Fluoride* 34, 139-149.
- Agency for Toxic Substance and Disease Registry (1993). *Toxicological Profile for Fluoride, Hydrogen Fluoride, and Fluorine (F)*. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Atlanta.
- Bonilla-Petriciolet A., Trejo-Vázquez R., Hernández-Montoya V., Bueno-López J.I. y Sánchez-Ruelas A.M. (2002). Fluoruros y su relación con la fluorosis y caries dental en el estado de Aguascalientes, México. Conferencia presenta-

- da en el XXVIII Congreso Interamericano de la AIDIS, Cancún, México.
- Comisión Nacional del Agua (1989). *Estudio de flúor en la Ciudad de Aguascalientes, Primera Etapa*, Aguascalientes, México.
- Comisión Nacional del Agua (1995). *Estudio de flúor en la Ciudad de Aguascalientes. Segunda Etapa*, Aguascalientes, México.
- Diario Oficial de la Federación. 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. México, D.F., 18 de enero de 1996.
- Díaz Barriga F., Navarro Quezada A., Grijalva M.I., Grimaldo M., Loyola-Rodríguez J.P. y Deogracias Ortiz M. (1997a). Endemic fluorosis in México. *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.
- Grimaldo M., Borja-Aburto V., Ramírez A.L., Ponce M., Rosas M. y Díaz-Barriga F. (1995). Endemic Fluorosis in San Luis Potosí, México. *Environ. Res.* 68, 1-6.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (1993). *Estudio Hidrológico del Estado de Aguascalientes*. Aguascalientes, México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2000). *Censo General de Población y Vivienda*, México.
- Irigoyen M.E., Molina N. y Luengas I. (1995). Prevalence and severity of dental fluorosis in a Mexican community with above-optimal fluoride concentration in drinking water. *Commun. Dent. Oral Epidemiol.* 23, 243-245.
- Mascarenhas A.K. y Burt B.A. (1998). Fluorosis risk from early exposure to fluoride toothpaste. *Commun. Dent. Oral Epidemiol.* 26, 241-248.
- McDonagh M.S., Whiting P.F., Wilson P.M., Sutton A.J., Chestnutt I., Cooper J., Misso K., Bradley M., Treasure E. y Kleijnen J. (2000). Systematic review of water fluoridation. *Br. Med. J.* 321, 855-859.
- Ortiz D., Castro L., Turrubiates F., Milan J. y Díaz-Barriga F. (1998). Assessment of the exposure to fluoride from drinking water in Durango, México, using a Geographic Information System. *Fluoride* 31, 183-187.
- Takahashi K. (1998). Fluoride-linked down syndrome births and their estimated occurrence due to water fluoridation. *Fluoride* 31, 61-73.
- Trejo 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. *Ingeniería Hidráulica en México* 12, 51-57.
- Trejo-Vázquez R. y Bonilla-Petriciolet A. (2001). Exposición a fluoruros del agua potable en la Ciudad de Aguascalientes, México. *Rev. Panam. Salud Púb.* 10, 108-113.
- Trejo-Vázquez R., Lara-Castro R. y Bernal-Galván S. (2002). Análisis de la distribución geográfica de los fluoruros en el agua de consumo humano en el Estado de Aguascalientes, México. *Afinidad* 497, 25-33.