

Análisis de la concentración de fluoruro en aguas embotelladas de diferentes entidades federativas de la República Mexicana

*Analysis of the concentration of fluoride in bottled water
in different Mexican states*

Dolores De la Cruz Cardoso,* Irene Castillo Chaires,** Maricela Arteaga Mejía,***
Armando Cervantes Sandoval,* Pinner Pinelo Bolaños****

RESUMEN

Introducción: La mala calidad del agua de la red municipal y el mal sabor que tiene ha llevado a la población a consumir agua embotellada. México se ha convertido en el consumidor número uno en Latinoamérica y el segundo a nivel mundial, sólo superado por Italia. En México, el contenido de fluoruro del agua embotellada ha sido estudiado por pocos investigadores, por lo que consideramos necesario llevar a cabo un estudio del contenido de fluoruro en este tipo de agua de las marcas de mayor consumo, en las capitales de entidades de la República Mexicana. **Objetivo:** Determinar la concentración de fluoruro en el agua embotellada recibida en la Unidad Universitaria de Investigación en Cariología en el periodo 2008-2011. **Material y métodos:** Se determinó la concentración de fluoruro en mg/L en agua embotellada siguiendo el procedimiento establecido en la NOM-201-SSA1-2002, por marca en zonas establecidas en la NOM-040-SSA1-1993 y por entidades federativas de la República Mexicana. **Resultados y conclusiones:** Las concentraciones de fluoruro que se encontraron en el 95% de las aguas embotelladas analizadas se ubican dentro de los niveles permitidos en la NOM-201-SSA1-2002, Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias, establecen como límite máximo 1.5 mg/L de fluoruros como ion. Colima y Durango son los estados que registraron las mayores concentraciones de fluoruro en la fase 3, cuyas determinaciones son superiores a 3 mg/L, que representa una concentración de alto riesgo para fluorosis en la dentición permanente, de niños entre los 0 y 8 años de edad. El análisis de la fase 3, ocurrido en 2011, detectó el mayor número de entidades federativas con riesgo de fluorosis para la población menor de ocho años.

Palabras clave: Fluorosis, fuentes de fluoruro, exposición a fluoruro.

ABSTRACT

Introduction: In Mexico, the low quality and poor taste of the water from the municipal supply network have led the population to consume bottled water. As a result, Mexico has become the number one consumer of bottled water in Latin America and second biggest in the world, surpassed only by Italy. The fluoride content of bottled water in Mexico has been studied by few researchers, which is why we consider it necessary to carry out a study of the fluoride content of the most popular brands consumed in the capital cities of Mexican states. **Objective:** To determine the fluoride concentration of bottled water consumed at the University Cariology Research Unit between 2008 and 2011. **Material and methods:** The concentration of fluoride in bottled water was determined in mg/mL using the procedure defined in Official Mexican Standard 201-SSA1-2002; this was done based on brand in the zones defined in Official Mexican Standard 040-SSA1-1993 and on states of the Mexican Republic. **Results and conclusions:** The fluoride concentrations found in 95% of the bottled water analyzed fell within the levels permitted under Official Mexican Standard 201-SSA1-2002, Products and Services. Health Specifications for Bottled and Bulk Water and Ice for Human Consumption, which establishes a maximum limit of 1.5 mg/L of ion fluoride. The states of Colima and Durango registered the highest concentrations of fluoride in phase 3, i.e., over 3 mg/L, a concentration that represents a high risk of fluorosis in the permanent dentition of children from 0 to 8 years old. The phase 3 analysis, carried out in 2011, detected a major number of states where the risk of fluorosis in the population aged eight and under was significant.

Key words: Fluorosis, fluoride sources, exposure to fluoride.

INTRODUCCIÓN

La acción protectora de los fluoruros frente al proceso de la caries dental, reconocida desde hace varias décadas, ya no es un tema en discusión. Actualmente, la preocupación está cambiando hacia su correcta utilización para lograr los mejores impactos en los indicadores de salud bucal, vigilando en forma permanente y sistemática la eficacia y seguridad en su aplicación a la población.

En los países en desarrollo ha sido reportado en las dos últimas décadas, un incremento en la fluorosis dental

* Profesora de tiempo completo, UNAM.

** Profesora de Asignatura A. Responsable de Aseguramiento de Calidad.

*** Supervisora del Sistema de Gestión de Calidad.

**** Profesor de Asignatura A de la UNAM.

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM.

Recibido: Septiembre 2012. Aceptado para publicación: Noviembre 2012.

y una disminución de la caries dental. La fluorosis dental es un problema de salud que afecta a la población de varias regiones del mundo, esta alteración se puede presentar como manchas blancas opalescentes que se pigmentan a lo largo del tiempo hasta llegar a un color café oscuro. En casos graves, puede observarse pérdida de esmalte dentario.

Actualmente, los niños mexicanos se encuentran expuestos a diversas fuentes de fluoruro como las aplicaciones profesionales, los alimentos y las bebidas, entre las que encontramos al agua. Así como por medio de la sal de consumo humano, que en teoría debe ser la única fuente de exposición sistémica (NOM-013-SSA2-2006,¹ NOM-040 SSA1-1993²). McClure afirmó en 1939 que es suficiente una ingesta de 0.15 a 0.30 mg F⁻ por kilogramo de peso corporal al día, para provocar esmalte moteado y aunque la ingesta mínima de fluoruro para producir fluorosis no ha sido bien determinada es evidente la necesidad de controlar la ingesta de fluoruro para evitar el aumento de la prevalencia de fluorosis dental.³ En algunas regiones de México los informes de la prevalencia de fluorosis en denticiones temporales y permanentes, se han incrementado en los últimos años, en especial en las zonas norte y centro del país.⁴⁻⁷

Agua embotellada y fluorosis

En China, Kenya, Sudáfrica, Tanzania, Uganda e India la disminución de la caries dental ha ido acompañada por un incremento en la prevalencia de fluorosis dental que se ha convertido en un problema endémico en el mundo entero.⁸ En la actualidad, la población de diversos países ha optado por consumir agua embotellada debido a la dudosa calidad del agua de grifo y considerando que el agua es una de las principales fuentes de ingesta de fluoruro, en dichos países se ha despertado el interés de realizar estudios relacionados con los niveles de fluoruro en aguas embotelladas, como el realizado en Australia, donde la concentración de fluoruro de todas las aguas embotelladas era menos de 0.08 ppm.⁹ En el Reino Unido se realizó un estudio similar; se analizaron 25 marcas comerciales de agua embotellada que fueron compradas en supermercados, almacenes y tiendas de comestibles. El contenido de fluoruro fue determinado, obteniendo resultados dispersos en un rango de 0.01-0.37 miligramos.¹⁰

Otra problemática existente en países como Canadá y Estados Unidos es que las empresas comercializadoras no se ocupan de especificar en sus etiquetas las cantidades de fluoruro que contienen las aguas embotelladas o bien no coinciden con los resultados obtenidos del análisis

realizado en dichas aguas.¹¹ En México ocurre algo similar aunado a los escasos estudios realizados sobre las concentraciones de fluoruro en aguas embotelladas, teniendo como referencia dos estudios publicados que son los de Martínez Mier y colaboradores, realizado en las ciudades de México y Veracruz, quienes obtuvieron resultados en un rango desde 0.01 a 2.8 µg/mL,⁴ y el realizado por Grimaldo, en San Luis Potosí, en el que se encontraron concentraciones desde 0.33 hasta 6.97 ppm.¹²

En un esfuerzo por regular la calidad del agua para consumo humano se publicó en el Diario Oficial de la Federación, la Norma Oficial Mexicana (NOM)-2011-SSA1-2002, Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias¹³ donde se establece, entre otros, el límite máximo de contenido de fluoruro en 1.5 mg/L.

Por lo que se hace evidente la necesidad de contar con información que abarque todas las entidades federativas para así poder establecer un panorama nacional del contenido de fluoruro en el agua embotellada de consumo humano. Sobre todo si consideramos que México ocupa el primer lugar en el consumo de agua embotellada per capita en América Latina, dado que el 52% de toda el agua en botella que se comercializa en esta región corresponde a México. Las productoras de agua embotellada cuentan con 6,000 compañías, 10 consorcios, 150 empresas grandes, 300 medianas, 600 pequeñas y cinco mil microempresas. Es importante tener en cuenta que pese a que en México existen unas tres mil marcas, son cuatro grandes corporaciones extranjeras las que hoy controlan la extracción, el envasado, la distribución y la venta de agua en México. Ellas son: Danone, Nestlé, Pepsi-Cola y Coca-Cola.¹⁴ Durante los últimos años el Gobierno Federal ha tomado acciones para limitar el posible aumento de fluorosis dental en la comunidad mexicana; esto ha consistido en decisiones como disminuir la concentración de fluoruro en la sal de mesa, así como limitar su distribución en las zonas de riesgo de fluorosis dental en el país, para lo cual emitió Norma Oficial Mexicana NOM-040-SSA1-1993, bienes y servicios. Sal yodada y sal yodada fluorurada, en donde establece que se exceptúa de agregar fluoruro a la sal que se destina para consumo en poblaciones donde el agua de consumo humano contenga concentración natural de flúor de 0.7 mg/L, y que la distribución de sal yodada y sal yodada fluorurada, debe realizarse conforme a lo establecido en su apéndice B.²

El apéndice B de la NOM-040-SSA1-1993,² presenta una tabla en donde se muestran las tres zonas que comprenden todo el territorio nacional de acuerdo a la

distribución de sal yodada y sal yodada fluorurada por entidad federativa.

El nivel mínimo de riesgo calculado por la *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR)¹⁵ es de 0.05 mg/kg/día para una exposición oral crónica. Este valor ha sido considerado como el umbral tóxico que puede ocasionar la aparición de fluorosis dental y fracturas óseas en los individuos expuestos.

La fluorosis dental es un problema de salud pública en algunas zonas de la República Mexicana y se ha reportado su aparición en zonas donde originalmente no existía, como el Distrito Federal y Veracruz;⁴ o bien se han reportado incrementos en su prevalencia en entidades como Querétaro⁶ y Sonora.⁷ Su prevención se debe comenzar a muy temprana edad. Actualmente en México numerosos padres han optado por el consumo de agua embotellada para la ingesta regular de infantes y niños, por ello, en la Unidad Universitaria de Investigación en Cariología consideramos necesario cuantificar el contenido de fluoruro en esta fuente y relacionarlas con aportación de fluoruro proveniente de la sal de mesa considerando la zona en la que se ubica la entidad federativa de la cual procede la muestra.

MATERIAL Y MÉTODOS

Tipo de estudio: observacional, prospectivo, transversal y comparativo.

Universo de estudio: agua embotellada proveniente de ciudades capitales de diversas entidades federativas de la República Mexicana.

Variables: Concentración de fluoruro en mg/L por marcas de agua embotellada, en zonas establecidas en la NOM-040-SSA1-1993 y por entidades federativas de la República Mexicana.

Técnicas e instrumentos: para realizar la determinación de la concentración de fluoruro en mg/L, se siguió el procedimiento establecido en la NOM-201-SSA1-2002.¹³

1. Preparación del material: lavado con agua y jabón no iónico. Sumergido durante 24 horas en ácido clorhídrico 1M y enjuagado tres veces con agua desionizada. Se dejó escurrir a sequedad.
2. Preparación de las muestras: fueron registradas en la bitácora y se etiquetaron para su identificación. Se determinó el volumen total de cada botella. Del volumen total se tomaron dos alícuotas de 5 mL cada una y se les adicionó, directamente, a las muestras solución amortiguadora a base de citratos (TISAB) en relación 1:1.

3. Lectura de concentraciones de fluoruro: las muestras se mantuvieron en agitación constante. Se determinó la concentración del ion fluoruro, por medio de un electrodo de ion selectivo para fluoruro. El análisis se hizo por duplicado y las lecturas se registraron en la bitácora.

Para calcular las dosis teóricas de exposición de la población local se utilizó la siguiente fórmula:

$$DE = \frac{[F^-] C_{H2O}}{M_{ind}}$$

Donde:

DE es la dosis de exposición a fluoruros, en mg/kg/día.
[F⁻] la concentración de fluoruro encontrada en la muestra en mg/L.

C_{H2O} el volumen de agua consumida, en L/día.
M_{ind} la masa corporal del individuo, en kg.

En estas estimaciones se emplearon los valores estándar utilizados por el Instituto Mexicano del Seguro Social para la masa corporal y la ingesta de agua de los individuos y se consideró que la biodisponibilidad de fluoruros es total y que el agua embotellada fue la única fuente de ingestión de fluoruros. La referencia para comparar estas dosis teóricas es el nivel mínimo de riesgo calculado por la *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR)¹⁵ que es de 0.05 mg/kg/día para una exposición oral crónica.

Diseño estadístico

Se realizó un análisis de estadística descriptiva sobre las concentraciones de fluoruro para determinar si existía una diferencia significativa entre algunas marcas de agua embotellada, entre estados y finalmente entre zonas, para dicho análisis se aplicó una prueba t-Student, Tukey y Bonferroni, estas dos últimas en razón de tener grupos de datos de tamaños muy diferentes.

Recursos materiales

Material plástico: vasos de precipitado Nalgene; pizeta; viales de 20 mL, con tapa hermética depolietileno. **Reactivos:** agua desionizada HYCEL; solución amortiguadora a base de citratos. Pinnacle solución estándar de fluoruro 100 mg/L. Pinnacle; jabón no iónico 4.5 L. Hi-Clean. Ácido clorhídrico 1M. JT Baker. **Equipo:** balanza Analyti-

cal Standard OHAUS; potenciómetro pH/Ion meter 450 Corning; electrodo selectivo de ion fluoruro.

RESULTADOS

El estudio fue llevado a cabo en tres fases, en el periodo comprendido de 2008 a 2011. Fueron analizadas un total de 206 muestras de agua, de 31 entidades federativas de la República Mexicana. El estado de Tabasco, no participó en ninguna

fase. Cabe aclarar que no fue constante la participación de los estados en las tres etapas del estudio. En la primera fase participaron 23, en la segunda 19 y en la tercera 23 estados.

Fase 1

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la primera fase que corresponde al año 2008. En el cuadro 1 se encuentran las concentraciones promedio de fluoruro,

Cuadro I. Concentración promedio de fluoruro en agua embotellada por zonas de la fase 1.

Zona 1		Zona 2		Zona 3	
Entidades federativas	Concentración promedio de fluoruro mg/L	Entidades federativas	Concentración promedio de fluoruro mg/L	Entidades federativas	Concentración promedio de fluoruro mg/L
Baja California Sur	0.0365	Aguascalientes	0.0618	Chihuahua	0.0089
Campeche	0.0665	Zacatecas	0.0386	Coahuila	0.1449
Colima	0.3057			Hidalgo	0.0772
Chiapas	0.0305			Jalisco	0.0980
Distrito Federal	0.1134			México	0.0720
Guerrero	0.0937			Michoacán***	0.8058
Morelos	0.0583			Nuevo León	0.0760
Nayarit	0.0963			Puebla	0.0566
Oaxaca	0.0386			Sinaloa	0.0457
Tamaulipas	0.0583			Sonora	0.0106
Veracruz	0.1031				

*** Existe diferencia de medias, significativa, calculando la ANOVA p 0.05.

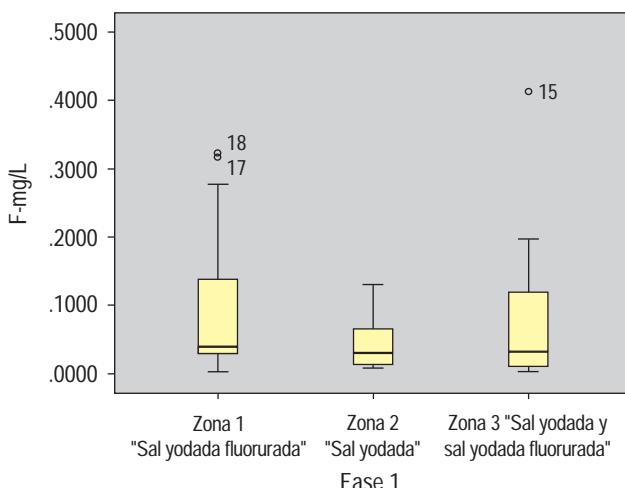


Figura 1. Comparación de las tres zonas. Fase 1.

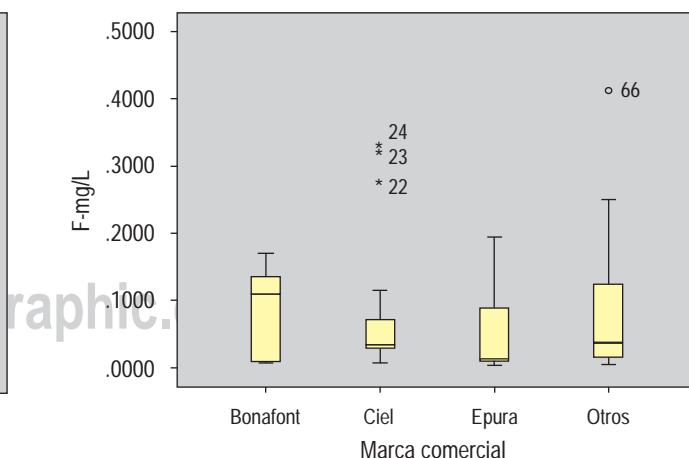


Figura 2. Comparación de concentraciones de F⁻ entre marcas comerciales. Fase 1.

obtenidas del agua embotellada proveniente del 72% de las entidades federativas. Michoacán es el estado que presenta la mayor diferencia en comparación con la media del resto de los estados. Asimismo, se realizó una comparación entre zonas empleando el promedio de todas las muestras correspondientes a las entidades federativas por zona. No se encontró diferencia significativa entre estas.

En la zona 1 se observan dos datos que están fuera del intervalo que abarca la mayoría de los datos representado por la caja, esos datos corresponden al estado de Colima. Por otro lado, en la zona 3 los datos que sobresalen corresponden los estados de Coahuila y Michoacán, dichos datos se omitieron para evitar perder claridad en la presentación del gráfico (*Figura 1*).

Finalmente se realizó una comparación entre medias obtenidas para las marcas comerciales independientemente del estado y zona de la cual provengan. No se encontró diferencia significativa entre éstas.

En la *figura 2* se observan varios datos fuera de rango general para cada marca comercial, es posible observar que algunos aparecen marcados con una estrella y otros con un círculo, lo cual significa que, los primeros son datos que están dentro de un margen aceptable, que abarca tres veces la longitud de la caja correspondiente, y el círculo señala aquellos datos que están totalmente fuera de rango.

Fase 2

Los resultados obtenidos en la segunda fase que corresponde al año 2009, se presentan en el resumen de

las concentraciones promedio de fluoruro obtenidas para las muestras de agua embotellada de cada entidad federativa que participó en dicho estudio; 19 de 32 entidades (*Cuadro II*).

Como resultado de la aplicación de las pruebas de Tukey y Bonferroni se obtuvo una diferencia significativa en la zona 1 para los estados Colima y Veracruz en relación a los otros estados. Asimismo, en la zona 3 para los estados de Chihuahua e Hidalgo se obtuvieron diferencias significativas entre medias, lo cual concuerda con los datos de concentración que se obtuvieron.

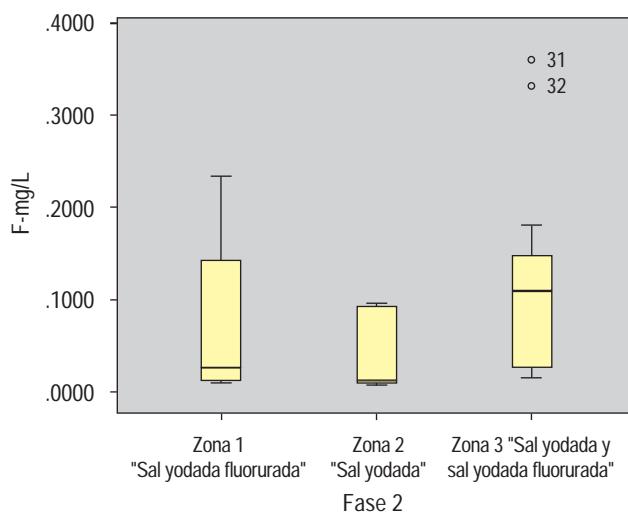


Figura 3. Comparación de las tres zonas. Fase 2.

Cuadro II. Concentración promedio de fluoruro en agua embotellada por zonas de la fase 2.

Zona 1		Zona 2		Zona 3	
Entidades federativas	Concentración promedio de fluoruro mg/L	Entidades federativas	Concentración promedio de fluoruro mg/L	Entidades federativas	Concentración promedio de fluoruro mg/L
Campeche	0.0117	Aguascalientes	0.0948	Chihuahua	0.2762***
Chiapas	0.0339	Baja California	0.0126	Coahuila	0.0187
Colima	0.1525***	Zacatecas	0.0086	México	0.0482
Distrito Federal	0.0565			Hidalgo	0.1560***
Morelos	0.0310			Jalisco	0.1096
Oaxaca	0.0111			Michoacán	0.1127
Tamaulipas	0.0256			Querétaro	0.1248
Veracruz	0.2217***			San Luis Potosí	0.0239

*** Existe diferencia significativa con los demás estados, calculando la ANOVA p 0.05.

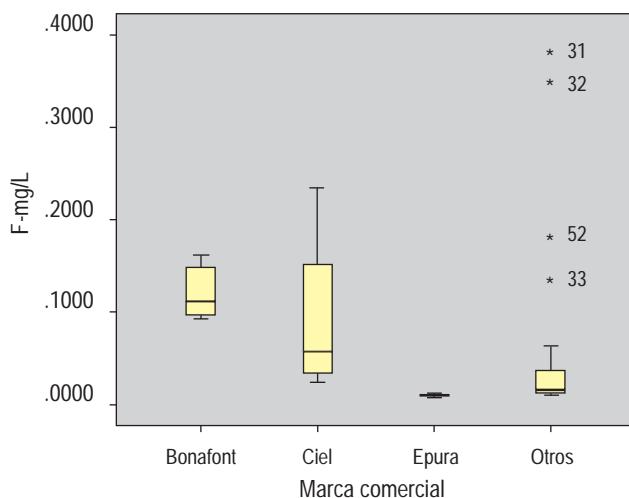


Figura 4. Comparación de concentraciones de F⁻ entre marcas comerciales. Fase2.

En la figura 3 se observa que no se encontró una diferencia significativa entre las medias de la concentración de fluoruro en aguas embotelladas al realizar la comparación entre zonas. En los análisis practicados durante la fase 2, se advierte que la mayor variación respecto a la concentración de F⁻ se registra en la marca Ciel. Asimismo, se verifica que la marca Epura presenta la mayor coherencia de resultados (*Figura 4*).

Fase 3

La última fase del presente estudio se desarrolló durante el 2010; al igual que en las otras etapas se presenta el resumen del promedio de las concentraciones de fluoruro. En esta oportunidad participaron 23 entidades federativas de 32 (*Cuadro III*).

Como resultado de la aplicación de las pruebas de Tukey y Bonferroni, se obtuvo una diferencia significativa en la zona 1 para el estado de Colima y en la zona 2 para el estado de Durango. Colima es la entidad federativa que presenta la mayor dispersión. La comparación entre Zonas indica que no hay una diferencia significativa entre medias calculando la ANOVA p 0.05 y utilizando las pruebas de Tukey y Bonferroni.

La comparación por marca comercial denota que existe una diferencia significativa entre el resto de las marcas y la marca Ciel y el conjunto denominado Otros; esto se confirma, ya que para el análisis se emplearon las pruebas de Tukey y la de Bonferroni, arrojando el mismo resultado (*Figura 5*).

Asimismo, se observan datos fuera de los bloques de distribución general, siendo más numerosos en el grupo

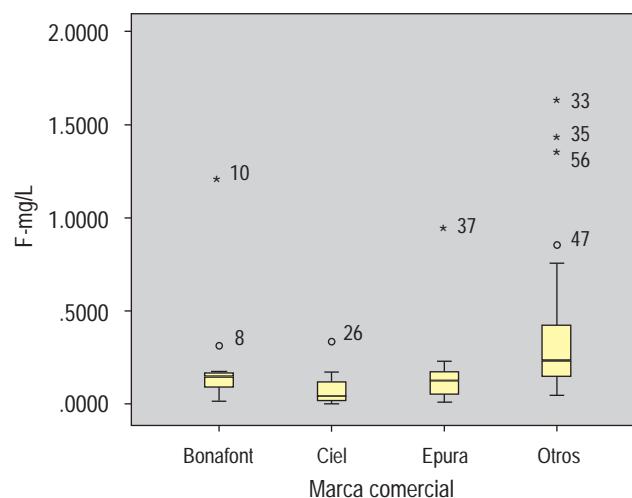


Figura 5. Comparación de concentraciones de F⁻ entre marcas comerciales. Fase 3.

denominado Otros, el cual corresponde aproximadamente, a 10 marcas diferentes de agua.

Ingesta de fluoruro diaria estimada por edad y zona

En el cuadro IV, se muestra la ingesta estimada de fluoruro diaria derivada únicamente del consumo de agua embotellada de las tres zonas, en niños menores a un año, originalmente se consideró un rango de 0 a 8 años; sin embargo, al realizar los cálculos correspondientes se observó que arriba de un año la ingesta estimada se encontraba por debajo de lo que considera el nivel mínimo de riesgo calculado por la Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)¹⁵ que es de 0.05 mg/kg/día para una exposición oral crónica.

Ingesta de fluoruro diaria estimada por estado y marca de agua

La concentración de fluoruro, en agua embotellada, vista por estado arrojó datos que ponen en evidencia que el manejo general por promedio, oculta información valiosa para los estados. La información detallada se observa en el cuadro V.

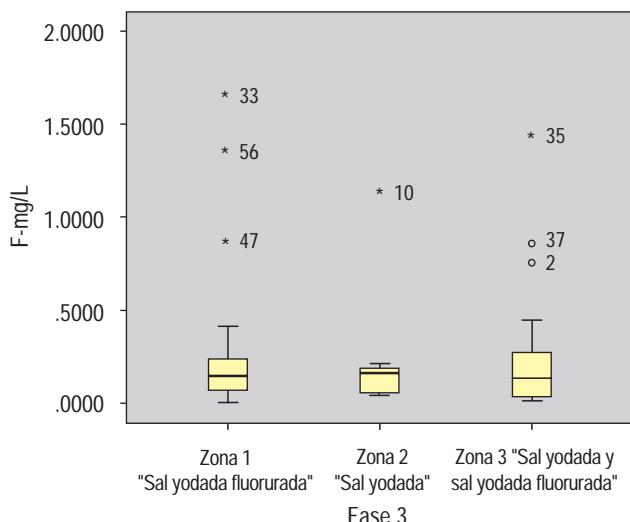
DISCUSIÓN

Las concentraciones de fluoruro que se encontraron en el 95% de las aguas embotelladas analizadas se ubican dentro de los niveles permitidos en la NOM-201-SSA1-2002,

Cuadro III. Concentración promedio de fluoruro en agua embotellada por zonas. Fase 3.

Zona 1		Zona 2		Zona 3	
Entidades federativas	Concentración promedio de fluoruro mg/L	Entidades federativas	Concentración promedio de fluoruro mg/L	Entidades federativas	Concentración promedio de fluoruro mg/L
Baja California Sur	0.0573	Aguascalientes	0.1233	Coahuila	0.3957
Colima ***	3.0774	Baja California	0.0894	Chihuahua	0.5670
Distrito Federal	0.0410	Durango***	2.1715	Hidalgo	0.0560
Guerrero	0.1207	Guanajuato	0.1830	Jalisco	0.1447
Morelos	0.1981	Zacatecas	0.1280	Nuevo León	0.1268
Nayarit	0.3205			Querétaro	0.1273
Quintana Roo	0.9315			Sinaloa	0.1147
Tlaxcala	0.1557			Sonora	0.4737
Veracruz	0.1263				
Yucatán	0.2040				

*** Existe diferencia significativa respecto a los demás estados, calculando la ANOVA p 0.05.

**Figura 6. Comparación de las tres zonas. Fase 3.**

Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias, la cual establece como límite máximo 1.5 mg/L de fluoruros como F^- . Asimismo, se identificó que en la fase 3, las concentraciones promedio de fluoruro en las tres zonas (*Figura 6*), a pesar de estar dentro de la normatividad vigente, rebasan los límites establecidos por la ATSDR para no generar fluorosis en los órganos dentales de la dentición permanente en menores

Cuadro IV. Ingesta estimada en mg de fluoruro, por kg de peso corporal por día, en niños menores a un año por consumo de agua exclusivamente.

Zona	Zona 1 mg/kg/día	Zona 2 mg/kg/día	Zona 3 mg/kg/día
Fase 1	0.0138	0.0065	0.0200
Fase 2	0.0098	0.0055	0.0156
Fase 3	0.0616*	0.0772*	0.0359

* Valores que sobrepasan el nivel mínimo de riesgo (0.05 mg/kg/día).

de un año, lo que significa la existencia de riesgo para esta población, ya que el consumo promedio, tanto de la zona 1 como de la 2 es superior a 0.05 por kg de peso corporal.

Especificamente, las aguas analizadas de los estados de Colima y Durango presentan concentraciones fuera de la normatividad vigente. Asimismo, el procesamiento de la información recabada de las aguas de los estados de Quintana Roo, Sonora, Michoacán, Coahuila y Chihuahua revela que aún y cuando se encuentran dentro de los límites marcados por la norma, presentan concentraciones que ponen en riesgo a la población consumidora menor de dos años. Además se debe considerar que las cantidades de fluoruro

Cuadro V. Ingesta potencial de fluoruro en niños por consumo de agua exclusivamente en los estados con mayor riesgo.

Ingesta según peso en niños de 0 a 8 años							
Estado	Marca	Lecturas concentración (mg/L)	Menores a un año (6.98 kg) mg/mc	Entre 1 y 3 años (12.31 kg) mg/mc	Entre 3 y 4 años (16.59 kg) mg/mc	Entre 5 y 6 años (20.53 kg) mg/mc	Entre 7 y 8 años (26.01 kg) mg/mc
Michoacán	Ciel	2.0500	0.2937	0.1665	0.1236	0.0998	0.7880
	Promedio	0.8058	0.1154	0.0655	0.0486		
Coahuila	Epura	0.8580	0.1229	0.0696	0.0517	0.0417	
	Promedio	0.3957	0.0567	0.0321			
Colima	Evian	0.8530	0.1222	0.0693	0.0514	0.0415	
	Big	3.6300	0.5200	0.2949	0.2188	0.1768	0.1396
	Santa maría	1.3500	0.1934	0.1097	0.0814	0.0657	0.0519
	Skarch	4.7919	0.6865	0.3893	0.2888	0.2334	0.1842
	Fiji	4.7623	0.6823	0.3869	0.2870	0.2320	0.1831
	Promedio	3.0774	0.4409	0.2500	0.1855	0.1499	0.1183
Chihuahua	Electrón	1.4060	0.2014	0.1142	0.0848	0.0685	0.0540
Durango	Ciel	3.1400	0.4498	0.2551	0.1893	0.1529	0.1207
	Bonafont	1.2030	0.1723	0.0977	0.0725	0.0586	0.0463
	Promedio	2.1715	0.3111	0.1764	0.1309	0.1057	0.0835
Quintana Roo	Cristal	1.6350	0.2342	0.1328	0.0985	0.0796	0.0629
	Promedio	0.9315	0.1335	0.0757	0.0561	0.0453	

ingeridas por un individuo no son únicamente por agua embotellada. Es necesario considerar que adicionalmente se ingiere F⁻ por otras vías. Alimentos, bebidas como leche o refrescos, productos de higiene bucal, entre otros son fuentes agregadas de fluoruro que al sumarse pueden dar en una dosis que se encuentre fuera del nivel mínimo de riesgo calculado por la ATSDR.¹⁵

Por otra parte, si tomamos en cuenta que la temperatura y la edad son factores que pueden contribuir a la mayor ingesta de agua y, por lo tanto de fluoruro, se puede presentar una prevalencia y severidad mayores de fluorosis dental. Al respecto de esto se han realizado estudios basándose en esta variable (temperatura), como es el caso de Venezuela¹⁶ en donde se superó el consumo de fluoruro, manejando la temperatura más baja registrada en todo su territorio, mientras que Brasil¹⁷ no excedió el límite superior permitido.

Nuestro país registra una temperatura promedio en la mayor parte del territorio de 37 °C, manejando una temperatura máxima de 48 °C (península de Baja

California) y una mínima de 30 °C (costa del Pacífico). Estas temperaturas indican que las personas tomarían mayor cantidad de agua y por tanto, de fluoruro aunque las concentraciones sean bajas. Por esto debemos tomar en cuenta que la población sometida a temperaturas altas toma mayor cantidad de agua al día, además de las fuentes adicionales de exposición a fluoruro, se exponen a un riesgo potencial de fluorosis dental. Con esto y retomando la edad, encontramos que los niños son la población más expuesta a la ingesta de fluoruro.

En los Estados Unidos existe una propuesta del *Department of Health and Human Services* (HHS) que la concentración de fluoruro debe reducirse a 0.7 miligramos de fluoruro por litro de agua, la cual sustituye a la actual gama recomendada de 0.7 a 1.2 miligramos. Esta recomendación actualizada se basa en recientes evaluaciones científicas de la *Environmental Protection Agency* (EPA) y las del HHS para equilibrar los beneficios de la prevención de caries en los dientes al tiempo que limita los efectos de salud no deseados. Estas evaluaciones también servirán

de guía científica de la EPA para tomar una determinación de si se debe disminuir la cantidad máxima de flúor en el agua potable, que se establece para prevenir los efectos adversos para la salud.¹⁸

Para este estudio se realizó un cálculo estimado de la ingesta diaria de fluoruro derivado del agua embotellada, sólo niños de 0 a 8 años de edad fueron incluidos como grupo riesgo¹⁹ y encontramos que en términos generales, los niños que más cantidad de fluoruro están ingiriendo son los que se encuentran en un rango de edad que va de los 1 a los 3 años. Siendo más específicos, en la fase 3 es cuando encontramos las mayores concentraciones y con ello el mayor riesgo potencial de fluorosis dental para la población infantil, tanto en la zona 1, como en la zona 2.

Una concentración de flúor en el agua representa un riesgo de fluorosis dental para los niños con el esmalte dental en la etapa de formación. McDonagh y colaboradores, encontraron que la gravedad de los efectos para la población se relaciona con la concentración de fluoruro en el agua. La prevalencia de fluorosis, funcionalmente importante, se encontró en las zonas con una concentración de fluoruro de 1.0 mg/L y 0.4 mg/L en estudios con la participación de países con clima templado.²⁰

Asimismo, el agua embotellada también puede llevar a un riesgo de fluorosis. En el Reino Unido, los niveles de fluoruro en 12 tipos de agua embotellada varió de 0.1 a 0.8 mg/L.²¹ En el mercado brasileño, se observaron niveles superiores a 0.7 mg/L, en el 11% de 104 marcas comerciales de agua embotellada,²² lo que indica la necesidad de un mayor control sobre estos productos.

Llama la atención que los dos estados que presentaron la mayor concentración en el estudio, participaron con la misma marca de agua, Ciel, siendo ésta la que mayor concentración presentó en el análisis por marcas.

CONCLUSIONES

- Ninguna de las botellas presenta etiquetado con el contenido de flúor en las aguas de consumo.
- Colima y Durango son los estados que registraron las mayores concentraciones de fluoruro en la fase 3. Cuyas determinaciones son superiores a 3 mg/L, que representa una concentración de alto riesgo para fluorosis en la dentición permanente, de niños entre los 0 y 8 años de edad.
- Con respecto a las marcas de aguas embotelladas, el bloque que denominamos como otros muestra variaciones extremas en cuanto a la concentración de fluoruro.

- La marca comercial que presenta la mayor variabilidad respecto a las concentraciones de fluoruro es la marca Ciel.
- La marca Epura es la que presenta menor variabilidad en lo referente a las concentraciones de fluoruro.
- El análisis de la fase 3, ocurrido en 2011, detectó el mayor número de entidades federativas con riesgo de fluorosis para la población menor de ocho años.
- Las concentraciones de fluoruro a partir de 0.4 mg/L pone a la población en riesgo de sufrir fluorosis.

RECOMENDACIONES

- Promover el etiquetado con el contenido de flúor en las aguas embotelladas en la NOM-051-SCFI-1994.
- Promover la disminución de la concentración de fluoruro en agua de consumo humano. Norma Oficial Mexicana NOM-201-SSA1-2002, Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias.
- Establecer una normativa sobre límites máximos de fluoruro en bebidas embotelladas a un nivel de 0.3 mg/L.
- Limitar las fuentes de exposición a flúor de la población en términos generales, especialmente en los niños.
- Vigilar con mayor rigor los estándares de calidad del agua que consume la población en toda la República Mexicana, sobre todo aquellas de purificadoras o de producción local.

AGRADECIMIENTOS

Reconocemos la invaluable colaboración del Dr. Armando Betancourt Linares, Subdirector de Salud Bucal del Centro Nacional de Prevención y Control de Enfermedades (CENAPRECE) de la Secretaría de Salud (SSA) y a la Dra. María Eugenia Rodríguez Gurza, Responsable de Investigación y Normas de la Subdirección de Salud Bucal del CENAPRECE de la SSA en el apoyo logístico desempeñado para la obtención de las muestras de agua con cada una de las entidades federativas participantes en el estudio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Norma Oficial Mexicana 013-SSA2-2006. Para la prevención y control de enfermedades bucales. Diario Oficial de la Federación: (08/10/2008).
2. Norma Oficial Mexicana 040-SSA1-1993. Productos y Servicios. Sal yodada y sal yodada fluorurada. Especificaciones sanitarias. Diario Oficial de la Federación: (29/05/2000).
3. McClure FJ. Fluorides in food and drinking water. A comparison of effects of water ingested sodium fluoride. Michigan: US. Government printing office; 1939.

4. Martínez-Mier EA, Soto-Rojas AE, Buckley CM, Zero DT, Margineda J. Fluoride concentrations of bottled water, tap water, and fluoridated salt from two communities in Mexico. *Int Dent J* 2005; 55(2): 93-99.
5. Soto-Rojas AE, Ureña-Cirett JL, Martínez-Mier EA. A review of the prevalence of dental fluorosis in Mexico. *Rev Panam Salud Pública* 2004; 15(1): 9-18.
6. Sánchez-García S, Pontigo-Loyola AP, Heredia-Ponce E, Ugalde-Arellano JA. Flurosis dental en adolescentes de tres comunidades del estado de Querétaro. *Rev Mex Ped* 2004; 71(1): 5-9.
7. Grijalva-Haro MI, Barba-Leyva ME y Laborin-Alvarez A. Ingestión y excreción de fluoruros en niños de Hermosillo, Sonora, México. *Salud Pública Mex* 2001; 43(2): 127-134.
8. WHO. Int. Revisión de las Guías para la Calidad del Agua Potable con el fin de prevenir brotes epidémicos y enfermedades relacionadas con el agua [sede web]. Ginebra: OMS; 2004 [actualización el 21 de Septiembre de 2004: 3 de Diciembre de 2007] Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2004/pr67/es/index1.html>
9. Cochrane NJ, Saranathan S, Morgan MV, Dashper SG. Fluoride content of still bottled water in Australia. *Aust Dent J* 2006; 51(3): 242-244.
10. Zohouri FV, Maguire A, Moynihan PJ. Fluoride content of still bottled waters available in the North-East of England, UK. *Br Dent J* 2003; 195(9): 515-518.
11. Weinberger SJ. Bottled drinking waters: are the fluoride concentrations shown on the labels accurate? *Int J Paediatr Dent* 1991; 1(3): 143-146.
12. Grimaldo M, Borja-Aburto VH, Ramírez AL, Ponce M, Rosas M, Díaz-Barriga F. Endemic fluorosis in San Luis Potosí, México. I. Identification of risk factors associated with human exposure to fluoride. *Environ Res* 1995; 68(1): 25-30.
13. NOM-201-SSA1-2002, Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias. Diario Oficial de la Federación: (13 de junio de 2002).
14. Guzmán D. El negocio del agua embotellada en México. Investigación del Centro de Análisis Social. 2006.
15. Agency for Toxic Substance and Disease Registry. Toxicological Profile for Fluoride, Hydrogen Fluoride, and Fluorine (F). Cap. 8. Regulations and Advisories. Atlanta Department of Health and Human Services, Public Health Service. Atlanta 2010. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp11-c8.pdf>
16. Montero M, Rojas-Sánchez F, Mairobys S et al. Experiencia de caries y fluorosis dental en escolares que consumen agua con diferentes concentraciones de fluoruro en Maiquetía, Estado Vargas, Venezuela. *Invest Clin [online]*. mar. 2007, vol.48, (1) [citado 03 Diciembre 2011], p.5-19.
17. Disponible en la World Wide Web: <<http://www.scielo.org.ve>>.
18. da Costa G, García M, Pelim PJ, Ramires I, Costa B, Buzalaf M et al. Fluoride concentration in bottled water on the market in the municipality of São Paulo. *Rev Saude Pública [periódico en la Internet]*. 2008 Feb [citado 2011 Dic 03]; 42(1): 154-157. Disponible en: <http://www.scielo.br>
19. HHS and EPA announce new scientific assessments and actions on fluoride. Agencies working together to maintain benefits of preventing tooth decay while preventing excessive exposure. [citado 2011 Dic 03] Disponible en: <http://www.hhs.gov/news/press/2011pres/01/20110107a.html>
20. Mascarenhas AK. Risk factors for dental fluorosis: a review of the recent literature. *Pediatr Dent* 2000; 22(4): 269-277.
21. McDonagh M, Whiting P, Bradley M, Cooper J, Sutton A, Chestnutt I et al. A systematic review of public water fluoridation. New York: NHS Centre for Reviews and Dissemination, University of York; 2000. (Report 18).
22. Toumba KJ, Levy S, Curzon ME. The fluoride content of bottled drinking waters. *Br Dent J* 1994; 176: 266-268.
23. Villena RS, Borges DG, Cury JA. Avaliação da concentração de flúor de águas minerais comercializadas no Brasil. *Rev Saude Pública* 1996; 30(6): 512-8. doi: 10.1590/S0034-89101996000600004

Correspondencia:

Dolores De la Cruz Cardoso

Oriente 253 Núm. 182,
Col: Agrícola Oriental, Iztacalco, 08500, México, D.F.
E-mail: dolorescc53@gmail.com