

## Determinación de la concentración del ión fluoruro en el agua de algunas comunidades mexicanas

JOSÉ SOSA-MARTÍNEZ,\*  
ARMANDO P. BÁEZ,  
OFELIA GUZMÁN DE GONZÁLEZ y  
MAGDALENA MARTÍNEZ DE JIMÉNEZ

*Se efectuaron mediciones del ión fluoruro en 133 muestras de agua potable obtenidas de 27 comunidades en 28 entidades federativas, las que tenían una cobertura de aprovisionamiento de más de 14 millones de habitantes. Se observaron amplias variaciones en las concentraciones de flúor en relación con las áreas geológicas. La mayoría de las comunidades mexicanas utilizan agua con bajo contenido de fluoruros, usualmente entre 0.10 y 0.60 ppm, concentraciones que se han correlacionado con tasas relativamente altas de caries dental. En una pequeña proporción de comunidades la concentración es superior a 0.062 mmol/l (1.2 ppm), asociada con fluorosis dental.*

Recibido: 16 de marzo de 1983.  
Aceptado: 27 de junio de 1983.

CLAVES: Flúor, agua potable, caries, fluorosis dental.

\* Académico titular.

José Sosa-Martínez y Magdalena Martínez de Jiménez. División de Estudios de Posgrado. Facultad de Odontología. Universidad Nacional Autónoma de México.

Armando P. Báez y Ofelia Guzmán de González. Departamento de Química Atmosférica y Estudios del Agua. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México.

El ión fluoruro ( $F^-$ ) ha sido reconocido como un nutrimento esencial para el organismo humano por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de Norteamérica.<sup>1</sup> El  $F^-$  se incorpora a los cristales de la hidroxiapatita  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$  del esmalte dentario, produciéndose fluoroapatita  $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$  lo que se asocia a un cierto grado de resistencia a la solubilidad en ácidos y menor

vulnerabilidad a la caries dental.<sup>2</sup> Además, está relacionado con procesos biológicos diversos del organismo humano, aunque su característica de ser esencial es discutible.<sup>3</sup>

El F<sup>-</sup> se encuentra en el agua superficial debido a que esta se pone en contacto con lechos rocosos que contienen flúor, como el fluoruro de calcio (llamado espatoflúor o fluorita) y el fluoruro doble de sodio y aluminio (criolita).

La caries dental es una enfermedad infecciosa de naturaleza multifactorial. En su producción participan: a) las bacterias causales, siendo *Streptococcus mutans* la más incriminada en la actualidad; b) los glúcidos de la dieta; c) la superficie dental. Se considera que la caries dental es la enfermedad infecciosa más prevalente, además de ser progresiva, crónica, irreversible e incapacitante.

Actualmente, la prevención de la caries dental se efectúa principalmente tanto con base en la fluoruración del agua potable como en la aplicación tópica de fluoruros sobre la superficie de los dientes, a la reducción del consumo de azúcar y alimentos azucarados, a la educación higiénica bucal y al empleo de dentífricos y colutorios fluorurados.<sup>4</sup>

La adición de F<sup>-</sup> al agua potable es una de las medidas más adecuadas para la prevención de la caries dental en las comunidades, o sea a nivel masivo.<sup>5</sup> Se considera que en la actualidad más de 100 millones de habitantes en los Estados Unidos de Norteamérica y tres millones en Inglaterra reciben el beneficio de agua potable con la cantidad óptima de F<sup>-</sup>.<sup>2</sup> El costo aproximado es de 10 a 20 centavos de dólar por persona por año en comunidades con poblaciones mayores de 10 000 habitantes, aunque datos más recientes señalan que el costo *per cápita* es de 14 centavos de dólar en ciudades grandes y de 1.73 dólares en comunidades pequeñas.<sup>6</sup>

Es pertinente mencionar que el F<sup>-</sup> en el agua potable representa un ejemplo típico de aquellas sustancias en que tan perjudicial para la salud es un exceso como una deficiencia. En efecto, cuando las concentraciones de F<sup>-</sup> en el agua potable son mayores de 1.2 ppm se produce la alteración de los dientes conocida como fluorosis dental endémica crónica,\* que se caracteriza porque el esmalte presenta aspecto opaco con moteado café además de rugosidades de la superficie dental; el consumo prolongado de agua en que la concentración de F<sup>-</sup> está entre 4 y 6 ppm da lugar a esmalte dentario frágil y fácilmente astillable. Pero si por el contrario la concentración de F<sup>-</sup> es menor de 1.0 ppm, existe mayor vulnerabilidad de los dientes a la caries, siendo esta mayor a menor concentración de F<sup>-</sup> en el agua potable.<sup>2</sup>

A partir de que en los Estados Unidos de Norteamérica se inició la adición de F<sup>-</sup> al agua potable para obtener la concentración adecuada, en

\* Para que ocurra fluorosis esquelética se requieren ingestiones diarias superiores a 20 mg/día durante tiempo prolongado.<sup>27</sup> (N. del E.).

otros países de América se promovieron actividades dirigidas al anterior objetivo. Maier<sup>7</sup> expuso un cuadro sobre el estado de fluoruración del agua en diversos países y señaló que para el año 1963 en la Unión Norteamericana había ya 3 145 comunidades con agua fluorurada artificialmente, lo que cubría un total de 62 427 290 habitantes. Canadá tenía en esa época 272 comunidades con agua fluorurada, cubriendo una población total de 4 960 557 habitantes. Entre los países latinoamericanos se encontraba Brasil con 58 comunidades con agua fluorurada, con un total de 2 416 614 habitantes; Chile, con 62 comunidades y un total de 3 156 000 habitantes; Panamá, con seis comunidades y una cobertura de 510 000 habitantes; Colombia, con cinco comunidades y 1 152 000 habitantes; Perú, con dos comunidades y 45 000 habitantes pero, además, con una población de 129 000 habitantes que se beneficiaban con agua potable que contenía una concentración adecuada de fluoruros naturales; El Salvador, con una comunidad y 96 000 habitantes; Nicaragua, con una comunidad y 229 000 habitantes; y Paraguay, con una comunidad y 135 000 habitantes. El mismo autor expresó que para aquella época no se contaba con datos sobre Argentina, Bolivia, Costa Rica, Cuba, Guatemala, Haití, Honduras, México, Uruguay y Venezuela, entre otros.

En América Latina se han efectuado estudios sobre poblaciones que tienen el beneficio de agua fluorurada artificialmente. Risnik Kotlik<sup>8</sup> y Risnik Kotlik y col.<sup>9</sup> encontraron que el estado de salud dental de escolares chilenos radicados en comunidades donde fue fluorurada el agua fue superior al de aquéllos de poblaciones con baja concentración de F<sup>-</sup> en el agua potable. Es importante mencionar que en Chile se inició un programa de fluoruración del agua potable desde 1953 a requerimiento de la Escuela de Salud Pública de la Universidad de Chile.<sup>10</sup> En Colombia han encontrado que el costo de fluoruración del agua potable es de 7 centavos de dólar por persona por año.<sup>11</sup> En ese país se inició la aplicación de flúor al agua a partir de 1946.<sup>12</sup> En general, los datos que se obtienen sobre la fluoruración artificial del agua potable en los países latinoamericanos son difíciles de adquirir, además de imprecisos, ya que no se expresan cifras sobre las concentraciones naturales de F<sup>-</sup> en las aguas de las diversas áreas geográficas de los países, ni se precisan las poblaciones en las que se fluorura artificialmente el agua. Es necesario efectuar una revisión de la situación actual de este tema.<sup>7,10,12-18</sup>

Con respecto a las investigaciones sobre el F<sup>-</sup> en el agua potable en México, se concede que se han efectuado algunos estudios pero que, desafortunadamente, no se han publicado en los medios de difusión que usualmente llegan al investigador científico. Específicamente, aunque se sabe que ya se han practicado determinaciones de F<sup>-</sup> en el agua potable, es difícil encontrar las publicaciones correspondientes. Al respecto, existen dos tesis de grado que no fueron publicadas en revistas cien

tíficas, lo que les confiere un valor limitado como referencias bibliográficas.<sup>19,20</sup> En una de estas tesis se mencionan las entidades federativas (estados) donde se tomaron las muestras de agua, pero sin expresar los nombres de las comunidades, y en la otra se informa únicamente sobre los resultados del agua potable de una sola ciudad. Existe otro artículo<sup>21</sup> que relata algunas determinaciones efectuadas por personal de la Secretaría de Salubridad y Asistencia de México, pero sin mencionar los nombres de las personas que efectuaron el estudio analítico, ni relatar la metodología utilizada, y la fecha en que se efectuó el estudio, y solamente se expresan los datos acerca de diez ciudades del país.

Finalmente, la Secretaría de Recursos Hidráulicos de México publicó una serie de mapas en donde se señalan aquellas regiones del país cuyas aguas superficiales y profundas tienen concentraciones de F<sup>-</sup> mayores o menores de 1.5 ppm, pero sin precisar las concentraciones encontradas, la metodología utilizada, el laboratorio donde se efectuaron las determinaciones químicas, ni la fecha de las mismas.

En un informe del Director General de la Organización Mundial de la Salud<sup>17</sup> se exponen datos sobre programas de fluoruración del agua facilitados por la Federación Dental Internacional y las Oficinas Regionales de la OMS. En él se menciona que en México se inició el primer proyecto de fluoruración del agua en 1960 en cinco comunidades, cubriendo una población de . . . . 1 750 000 habitantes. Sin embargo, Farill y Talancón,<sup>21</sup> al hacer una revisión general de la situación de la odontología en México, expresaron que sólo un pequeño porcentaje de la población del país goza del privilegio de consumir agua con una concentración adecuada de F<sup>-</sup>, y ello cuando el agua contiene el ión en forma natural, ya que hasta el año 1973 no se había logrado fluorurar el agua potable en nuestro país.

Por otra parte, la Secretaría de Salubridad y Asistencia expidió un reglamento de yodación y fluoruración de sal de mesa,<sup>22</sup> pero a la fecha no se puede adquirir sal fluorurada en el mercado.

Dentro de tal marco de referencia se consideró necesario efectuar determinaciones de F<sup>-</sup> en el agua potable de diversas poblaciones de México, con el propósito general de conocer los niveles de este ión en el agua potable de las diversas zonas geográficas del país. Estos datos servirán como base para los siguientes objetivos.

1. Precisar las ciudades en las que sería recomendable fluorurar el agua, con base en los bajos niveles naturales actuales de F<sup>-</sup> y en el promedio de ingestión diaria de agua (zonas frías, templadas y cálidas, considerando mayor ingestión de agua en las zonas cálidas) con el objeto de coadyuvar a la prevención de la caries dental.
2. Precisar las ciudades en las que sería reco-

mendable no utilizar como agua de consumo el agua con elevada concentración natural de F<sup>-</sup>, con el objeto de impedir el desarrollo de fluorosis crónica endémica.

3. Aconsejar a los dentistas de las diversas áreas geográficas del país sobre la necesidad real de aplicaciones tópicas de flúor en niños para prevenir la caries dental.
4. Conocer la necesidad real del uso de pastas dentífricas fluoruradas o de enjuagues (colutorios) fluorurados para contribuir a prevenir la caries dental.
5. Precisar las necesidades de distribución de sal fluorurada o no fluorurada en las diferentes áreas geográficas del país.
6. Establecer programas de investigación científica (a nivel médico, odontológico, bioquímico, epidemiológico o nutricional) en relación con las concentraciones de flúor en agua potable.

## Material y métodos

### *Recolección de las muestras de agua*

Para la recolección de las muestras se emplearon botellas de polietileno de un litro de capacidad, lavadas previamente con detergente y agua de la llave y enjuagadas repetidas veces con agua destilada.

Las muestras fueron tomadas directamente de las llaves de agua de casas particulares, hoteles y otros sitios de abastecimiento de la comunidad. Las botellas se enjuagaron con agua colectada antes de tomar la muestra. Cada botella se etiquetó, anotando fecha, dirección o lugar preciso del domicilio o de la fuente de abastecimiento (p. ej. llave de agua, pozo, manantial, efluente de plantas potabilizadoras). No se empleó ningún medio de preservación de las muestras. Las determinaciones de F<sup>-</sup> fueron efectuadas en un máximo de ocho días después de colectadas. No se llegó a precisar si las aguas eran superficiales o profundas, ya que el objetivo del estudio estaba en relación, únicamente, con su característica de potabilidad.

### *Método analítico*

Para la determinación del ión fluoruro se empleó el método potenciométrico de ión selectivo<sup>23</sup> utilizando un potenciómetro Corning modelo 610 A con escala expandida y un electrodo Orion 94-09 JW-1. Este procedimiento ha producido resultados favorables en la determinación de bajas concentraciones del ión.<sup>24-26</sup>

### *Reactivos*

- a) Solución amortiguadora a pH 5-5.5. A 500 ml

de agua destilada se adicionaron 57 ml de ácido acético glacial, 58 g de NaCl y 2 g de CDTA (ácido 1, 2-ciclohexano-diamino-tetraacético)\*; después se agregó una solución de hidróxido de sodio 6 N hasta obtener un pH entre 5 y 5.5 y se aforó a un litro con agua destilada.

- b) *Solución madre de fluoruro de sodio* (1 ml = 0.10 mg F<sup>-</sup>). Se disolvieron 0.221 g de fluoruro de sodio y se diluyeron a 1000 ml con agua destilada, conservándose en botellas de polietileno.
- c) *Solución estándar de fluoruro*. A 10 ml de la solución madre se agregó agua destilada hasta aforar a 100 ml, de manera que 1.0 ml era equivalente a 10 microgramos de F<sup>-</sup>.

*Calibración del potenciómetro*. La calibración del potenciómetro con electrodo de flúor se realizó con la solución estándar de fluoruro de sodio, preparándose concentraciones correspondientes a 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 mg/l en alícuotas de 50 ml; agregándoseles 50 ml de la solución amortiguadora, vertiéndose después en un vaso de polietileno con una barra de metal cubierta de teflón colocado sobre un agitador magnético. Se utilizó la escala de expansión y se ajustó el cero del instrumento con el estándar de 0.5 mg/l. Fue importante esperar a que se estabilizara la aguja antes de efectuar cada lectura.

*Lectura de las muestras*. A 50 ml de muestra se agregaron 50 ml de solución amortiguadora y se procedió como se indicó en la calibración del potenciómetro. Se graficó la línea de calibración en papel semilogarítmico, colocando el cero con el 0.5 mg/l. Las lecturas positivas correspondieron a valores inferiores de 0.5 mg/l y las negativas a superiores de 0.5 mg/l.

Todo el material empleado en las determinaciones de fluoruros fue de polietileno.

\* Sigma, St. Louis, Mo.

## Resultados

### *Confiabilidad del método ionométrico*

Este método, a diferencia de los fotométricos como el Megregian-Maier y el SPADNS, permite determinaciones directas del F<sup>-</sup> en aguas naturales sin necesidad de efectuar la acidificación de la muestra y destilación por arrastre de vapor del ácido fluosilícico formado a partir del F<sup>-</sup>. El método ionométrico elimina al máximo el efecto de la variación en la composición iónica del agua por medio del uso de la solución amortiguadora TISAB (*total ionic strength adjustment buffer*), que ajusta la fuerza iónica total por medio de la adición de un nivel de iones mayor que el que se encuentra en las muestras de aguas naturales, así como la liberación de F<sup>-</sup> de sustancias conteniendo Al<sup>3+</sup> y Fe<sup>3+</sup>. El error del método es inferior a 5 por ciento según cálculos efectuados con aguas naturales a las que se les agrega F<sup>-</sup> en cantidades conocidas (Frant y Ross, 1968). Al comparar con el método de Megregian-Maier y el SPADNS, el método ionométrico utilizado en la presente investigación dio resultados superiores en reproducibilidad al utilizar aguas naturales (datos por publicarse).

### *Determinación del F<sup>-</sup> en aguas de consumo*

Los resultados de estas determinaciones en varias muestras tomadas se expresan en el cuadro 1, en el que se proporcionan, además, los nombres de las comunidades y los estados a que pertenecen, así como el número de habitantes de cada una, según el Censo General de Población de 1970, ya que a la fecha aún no se revelan los datos del censo efectuado en México en 1980 para todo el país.

Cuadro 1. Contenido de ión fluoruro en agua potable de diversas poblaciones de la República Mexicana durante el año 1982.

Estado	Población	Núm. de habitantes <sup>a</sup>	Concentración de F <sup>-</sup> en ppm <sup>b</sup>	Observaciones
Aguascalientes	Aguascalientes	181 277	1.10	
	"		1.10	
	"		1.10	
	"		1.10	
	"		1.05	
	"		3.00	c
Baja California Norte	Mexicali	263 498	0.50	
	Ensenada	77 687	1.90	
	Tijuana	277 306	0.85	

Coahuila	San Buenaventura	9 188	0.60		
	Monclova	78 134	1.10		
Chihuahua	Chihuahua	257 027	0.38		
Distrito Federal	Delegación Coyoacán	6 874 165	0.23		
	"		0.41		
	Colonia San Pedro de Los Pinos		0.17		
	"		0.21		
	Avenida Cuitláhuac		0.15		
	"		0.24		
	Colonia Federal		0.23		
	"		0.28		
	Avenida Universidad Colonia Fuentes del Pedregal		0.24		
	"		0.16		
Durango	Avenida Cuitláhuac Colonia Federal	150 54	0.24		
			0.28		
Durango	Durango	8 451	2.00		
	Vicente Guerrero		0.70		
Guerrero	Acapulco	174 378	0.20		
	Zihuatanejo		0.17		
Guanajuato	León	364 990	0.60		
Hidalgo	Pachuca	83 892	0.50		
	"		0.50		
Jalisco	Guadalajara	1 193 601	0.80		
	"		0.75		
	"		1.10		
	San Juan de Los Lagos Lagos de Moreno		19 570	1.50	
México		33,762	3.80		
	Toluca	114 079	0.17		
"	0.22				
Michoacán	Maravatío	161 040	0.26		
	Queréndaro		0.20		
	Morelia		0.25		
	"		0.32		
	Pátzcuaro		17 299	0.10	
	La Piedad		34 963	1.30	
	"		10.00		
"	13.00				
Morelos	Lázaro Cárdenas		0.33		
	Cuernavaca	134 117	0.22		
	"		0.22		
	Puente de Ixtla		10 435	0.44	
Cuautla	13 946		0.44		

Nayarit	Ruiz	8 954	0.70	
	Cruz de Huanacastle		0.35	
	Santiago Ixcuintla	17 321	3.40	e
	"		0.80	
	"		0.60	
	"		0.50	
	Villa Hidalgo		0.90	
	Jalisco		0.26	
	Tecuala	12 461	0.66	
	San Blas	3 443	0.20	
	Tuxpan	20 322	0.70	
	Ahuacatlán		0.34	
	Ixtlán del Río	10 896	0.18	
	Tepic	87 540	0.45	
	Amatlán de Cañas		0.48	
Nuevo León	Monterrey	858 107	0.50	
	"		0.17	
	"		0.53	
Oaxaca	Oaxaca		0.42	
	"		0.28	
	"		0.40	
Puebla	Puebla	401 603	0.21	
	"		0.27	
	Tehuacán	47 497	0.70	
Querétaro	Querétaro	112 963	1.40	
	"		1.20	
	"		1.00	
	"		1.10	
	"		1.00	
	"		1.30	
	San Juan del Río	15 422	0.64	
Quintana Roo	Cancún		0.28	
San Luis Potosí	San Luis Potosí	230 039	0.65	
	"		0.65	
	"		0.40	
	"		0.35	
	"		1.00	
	"		0.62	
	"		0.70	
	"		1.00	
	"		0.90	
	"		2.80	c
Soledad Díaz Gutiérrez		2.90	c	
Salinas de Hidalgo		1.80		
Sinaloa	Los Mochis	67 953	0.19	f
	"		0.18	f
	"		1.10	
	"		0.31	
	Mazatlán	119 533	0.28	g
"		0.36	h	
Sonora	Navojoa	43 817	0.22	
	"		0.22	
	Ciudad Obregón	114 407	0.27	
	"		0.27	
	"		0.33	

Tabasco	Villahermosa	99 565	0.12
Tamaulipas	Río Bravo	39 018	0.50
	Reynosa	137 383	0.65
	Matamoros	137 749	0.80
Tlaxcala	Tlaxcala	9 972	0.24
	"		0.13
	"		0.45
	"		0.37
Veracruz	Veracruz	214 072	0.27
	"		0.18
	"		0.30
	"		0.28
	"		0.26
	Atzacán		0.56
	Gutiérrez Zamora		0.10
	Papantla	26 773	0.10
	Tehuacán		0.18
	Poza Rica	120 462	0.10
Tecolutla		0.10	
Yucatán	Mérida	212 097	0.29
	Valladolid	14 663	0.19
Zacatecas	Zacatecas	50 251	0.65
	"		0.60
	"		0.90
	"		0.90
	"		1.05
	"		0.62
	Fresnillo	44 475	1.10
Guadalupe	13 246	1.05	
Río Grande	11 651	2.00	

#### POBLACIONES DE EE.UU.

Texas	Weslaco		0.50
	Mc Allen		0.50
	Brownsville		0.80

<sup>a</sup> El número de habitantes de cada comunidad es el dado por el IX Censo General de Población de 1970.

<sup>b</sup> Todas las aguas (salvo otra indicación en la columna de Observaciones) fueron tomadas de la red municipal de agua potable. Las diversas ppm se refieren a cada una de las muestras tomadas de cada comunidad.

<sup>c</sup> Agua de pozo.

<sup>d</sup> Agua de manantial termal.

<sup>e</sup> Se desconoce su procedencia.

<sup>f</sup> Determinaciones efectuadas en un período que coincidió con la falta de funcionamiento de la planta fluoruradora, probablemente la única actualmente funcionando en el país.

<sup>g</sup> Determinación efectuada en el efluente de la planta fluoruradora, en actividad.

<sup>h</sup> Determinación efectuada de una muestra tomada en la estación de autobuses de la comunidad cuando la planta fluoruradora estaba en actividad, el mismo día que se tomó la muestra anterior (g).

## Comentarios

El análisis de los datos expuestos en el presente informe demuestran claramente que el agua potable de diferentes comunidades mexicanas contiene marcadas diferencias en su concentración del ión fluoruro. El recorrido estadístico exhibe variaciones desde 0.3 hasta 13 ppm. La mayoría de las muestras demostraron contener concentraciones inferiores a las consideradas como óptimas, o sea, menores de 1.0 ppm, lo que usualmente se asocia con alta incidencia de caries dental. Existe la necesidad de agregar F<sup>-</sup> a esas aguas como medida de protección de la población que las consume.

En el otro extremo, existen comunidades que utilizan como agua de consumo aquellas con concentraciones de F<sup>-</sup> mayores de 1.2 ppm, lo que se asocia con la deformación y manchado de los dientes, condición denominada fluorosis dental crónica endémica. Las muestras de estas aguas fueron obtenidas de comunidades localizadas, por lo general, en áreas centrales de la República Mexicana, principalmente de los estados de Durango, Zacatecas, Aguascalientes y Querétaro, aunque también de lugares cercanos a la costa del Océano Pacífico, como Nayarit y Baja California (Ensenada). Al respecto, es de notarse que en estas comunidades se observa un número apreciable de casos clínicos de fluorosis dental, a diferencia de los habitantes de comunidades del resto del país. El caso de la fuente termal utilizada por vecinos de La Piedad, en el Estado de Michoacán, merece atención especial, ya que muestras repetidas dieron una concentración de 10 a 13 ppm. Las muestras fueron obtenidas de un manantial de aguas termales que son usadas como agua potable por la comunidad circundante. Es muy probable que tenga origen volcánico, por ser agua termal. Esta agua no es, en realidad, potable pues la alta concentración de F<sup>-</sup> puede dar lugar a las manifestaciones de intoxicación crónica por F<sup>-</sup> como exostosis y artralgias.<sup>2,27</sup> Incidentalmente, las aguas de todos los manantiales deberán ser siempre analizadas antes de utilizarse como aguas potables. Desde principios del siglo Armand Gautier (mencionado por Clarke<sup>28</sup>) señaló que las fuentes termales son manifestaciones de vulcanismo y que los gases volcánicos contienen ácido fluorhídrico en altas concentraciones. De igual manera, Gautier y Clausmann (Compt. rend. 158: 1631, 1914. Citados por Clarke<sup>28</sup>) encontraron F<sup>-</sup> en aguas de ríos y en manantiales de aguas carbonatadas, aquellas en concentraciones de 0.02 a 0.6 ppm y estas últimas en concentraciones de 0.30 a 6.32 ppm, correspondiendo las más altas cifras a las aguas que brotan de rocas volcánicas, llamadas también extrusivas o eruptivas. Como ejemplo adicional de estos datos, las aguas de Vichy contienen 7.6 ppm de F<sup>-</sup> y se ha informado que puede llegar hasta 18 ppm. El agua carbonatada de Ojo Caliente (cerca de Taos en Nuevo México) contiene 5.2 ppm de F<sup>-</sup>. Recientemente, los autores del presente trabajo han sido informados de un ma-

nantial en el Estado de Puebla (cercano al área que circunda al volcán Cofre de Perote) con un alto contenido de F<sup>-</sup> y que se utiliza como agua de consumo. Es imperativo señalar y tomar las medidas pertinentes para evitar el consumo o desfluorurar el agua<sup>7</sup> de fuentes con concentraciones altas de este ión.

Cabe hacer notar que las entidades federativas de la parte centro-occidental del país, como las ya mencionadas (Durango, Zacatecas, Aguascalientes y Querétaro), junto con gran parte de Chihuahua y algunas porciones de Nayarit, Jalisco y Michoacán, se localizan, desde el punto de vista geológico, dentro de una provincia caracterizada por la presencia de extensos y gruesos derrames de lavas de composición ácida, pertenecientes al grupo de las riolitas, que son rocas de origen volcánico constituidas esencialmente por cuarzo, feldspatos (sílico-aluminatos de sodio y potasio) y una baja proporción de minerales ferromagnesianos, y que tienen origen magmático-volcánico y fueron formadas como consecuencia de fases de vulcanismo que ocurrieron en el oligoceno-mioceno, y que dieron lugar a la formación, por una parte, al espectacular relieve de la Sierra Madre Occidental y, por la otra, a las grandes mesetas riolíticas del altiplano mexicano.

Estas lavas riolíticas, surgidas principalmente a lo largo de fracturas de la corteza superficial, tuvieron gran fluidez, lo que les permitió esparcirse completamente en una superficie preexistente, rellenando irregularidades del terreno anterior, hasta alcanzar en ocasiones espesores de cientos y aún miles de metros. La fluidez y movilidad de esas lavas es consecuencia de su riqueza en gases y elementos volátiles como vapor de agua y ácido clorhídrico, además de soluciones ricas en fluoruros, mismas que, por otra parte, tienen importancia en el aspecto geológico-económico, porque propician el depósito de diversos minerales.

Por lo tanto, siendo las soluciones ricas en fluoruros parte inherente de las riolitas durante el proceso de su depósito original, resulta razonable considerar que, pese a las pérdidas que puedan tenerse posteriormente como consecuencia de la circulación de aguas en el subsuelo, que no harían sino transportar los fluoruros de un lugar a otro y eventualmente llevarlos a la superficie junto con el agua que contribuye a alimentar corrientes superficiales cuyo destino final es el mar o la evaporación, esos fluoruros deben aún existir en concentraciones variables de un lugar a otro en los sitios donde predomine ese tipo de rocas riolíticas.

Aún cuando no existen estadísticas confiables, se sabe que el agua extraída de algunas minas profundas del sur de Chihuahua ha resultado alta en su contenido de flúor. Desafortunadamente, por ser otro el propósito de extracción de esa agua, ya que su presencia en la misma constituye un obstáculo para los procesos mineros no se ha tenido la precaución (ni la necesidad) de hacer muestreos o análisis sistemáticos.

Bajo el enfoque genético que se presenta aquí para explicar la asociación entre las aguas fluoruradas y las riolitas, puede esperarse que a medida que aumente el número de localidades urbanas y rurales cuyas aguas de consumo doméstico sean sometidas a análisis, podrá confirmarse que las aguas que provienen de lugares enclavados en áreas donde afloran rocas riolíticas tendrán, en lo general un mayor contenido de flúor que aquellas situadas fuera del ámbito riolítico. Asimismo, es probable que la proporción de flúor será mayor en aguas que procedan de pozos profundos o de manantiales termales que en aquellas que se tomen de corrientes superficiales, ya que estas últimas, en contacto con la atmósfera, dan lugar a la precipitación de compuestos de cuya composición forma parte el flúor.

Siendo el problema que se analiza de interés para la salud de la población nacional, se recomienda implantar un servicio continuado de muestreo y análisis de aguas destinadas al consumo, elaborando a medida que avance el trabajo, cartas o mapas en las que se muestre, de manera objetiva, la distribución geográfica de las aguas fluoruradas y su contenido de flúor, para orientar los programas de prevención de las enfermedades que causa el exceso o bien, la deficiencia en flúor.

En términos generales, es de notarse la deficiencia relativa del ión flúor en las aguas potables de las comunidades mexicanas. Si a lo anterior se agrega la relativa falta de educación higiénica bucal, la exigua práctica de aplicación tópica dental de fluoruros y el cada vez creciente consumo de bebidas gaseosas azucaradas y ácidas y de golosinas con alto contenido de azúcar en forma de pastas dulces y mermeladas, es de esperarse que la caries dental produzca las incapacidades en la masticación y el trascendental defecto en el proceso de la digestión, así como problemas en la fonación, estética, malposición dentaria y en la articulación temporo-mandibular. La adición de fluoruros al agua potable no necesariamente resuelve el problema de caries dental, pero coadyuva a la resistencia del esmalte al efecto deteriorante de las bebidas y de los alimentos antes mencionados. Si los programas de prevención de la caries dental incluyeran la provisión de agua potable óptimamente fluorurada y se acompañaran de campañas de educación higiénica bucal, es muy probable que el panorama de la caries dental podrá ser mejorado.

En algunos países como Dinamarca, Inglaterra, Irlanda, Holanda, Nueva Zelandia, Noruega, Escocia y los Estados Unidos de Norteamérica, la caries dental está declinando. Si bien no en todos ellos se utiliza agua potable fluorurada, en cambio el estado proporciona a las comunidades excelentes programas de atención dental. Específicamente, es pertinente mencionar lo relatado por Fejerskov y col.:<sup>29</sup> en Dinamarca existe un servicio de salud pública dental para niños desde el año de 1910. Para 1971 ya se tenía una cobertura

de atención dental de dos terceras partes de la población. Los programas nacionales tienen actualmente la responsabilidad de proveer de atención dental preventiva y terapéutica gratuita a todos los escolares entre 7 y 16 años de edad. Las clínicas dentales se encuentran localizadas en las mismas escuelas y el servicio dental comprende: a) medidas generales e individuales a nivel preventivo, incluyendo educación higiénica y enjuagues con solución fluorurada; b) exámenes dentales periódicos; c) tratamiento de padecimientos bucales, incluyendo maloclusión. Los trabajos científicos aportados a la primera Conferencia Internacional sobre la Prevalencia Declinante de la Caries Dental efectuada en Boston en junio de 1982 (se recomienda ver el número especial del *Journal of Dental Research* de noviembre de 1982) son de primordial interés. Sin embargo, en la misma reunión se reconoció que la caries dental está aumentando en los países en desarrollo. Las experiencias de los autores con encuestas y por medio de la determinación de índices de caries dental en diversos núcleos de población (datos aún no publicados) demuestran estadígrafos marcadamente altos, lo que señala la falta de atención bucal, principalmente en poblaciones marginadas. Más aún, en términos generales, se puede adelantar que la incidencia de caries dental en grupos de alto nivel socioeconómico casi es tan grave como los de bajo nivel, solamente que aquellos solicitan atención odontológica con mucha más frecuencia. Lo anterior indica que dada la exigua prevención de la caries dental, sea por falta de fluoruros o por carencia de educación higiénica y, en general, de programas idóneos y operativos específicos, la enfermedad ataca por igual a toda la población, lo que señala la necesidad de implantar medidas preventivas a nivel masivo.

El presente estudio también contribuye una vez más a señalar las íntimas relaciones entre el hombre y su ambiente. Varios autores han señalado la asociación entre la concentración de flúor en el agua potable de la localidad y la del esmalte de los dientes.<sup>30</sup> La concentración de flúor en los dientes está en relación con la dureza del esmalte y su resistencia a la desmineralización propia del complejo proceso carioso. A lo anterior se agrega que se ha encontrado una relación directa entre la concentración de F<sup>-</sup> en el agua potable y la de la placa dentobacteriana que se forma continuamente sobre los dientes y en la cual se reproducen las bacterias que, en forma directa o indirecta, causan la caries dental.<sup>31</sup> Más aún, el F<sup>-</sup> depositado en la placa dentobacteriana tiene efecto antibacteriano *in situ*, lo que se traduce en inhibición tanto del metabolismo de las bacterias como de la consecuente formación de ácidos desmineralizantes del esmalte dentario.<sup>32</sup>

Los autores de este trabajo consideran que los datos aquí aportados servirán como base para los criterios que fueron señalados en sus párrafos iniciales ya que permitirán establecer juicios cuantitativos tanto para el estudio y prevención de la

fluorosis dental como de la enfermedad infecciosa, que es la caries dental. Es obvio que el trabajo de investigación estará más completo cuando se obtengan muestras de agua potable del mayor número posible de comunidades mexicanas.

## REFERENCIAS

1. Food and Nutrition Board, National Research Council: *Recommended Dietary Allowances*. 8a. ed. National Academy of Sciences. Washington, 1974.
2. Jenkins, G. N.: *The physiology and biochemistry of the mouth*. 4a. ed. Londres, Blackwell Scientific Publications, 1978.
3. Shaw, J. H.: *Nutrition*. En: *Textbook of oral biology*. Editado por Shaw, J. H.; Sweeney, E. A.; Cappuccino, C. C. y Meller, S. M. (Eds). Filadelfia, W. B. Saunders Co. 1978.
4. Katz, S.; McDonald, J. L.; y Stookey, G. K.: *Preventive dentistry in action*. 3a. ed. D.C.P. Publishing, 1979.
5. Glass, R. L.: *Introduction*. En: *The First International Conference on the Declining Prevalence of Dental Caries*. Boston, 1982. J. Dent. Res. 61 (Sp. Iss.): 1304, 1982.
6. American Academy of Pediatrics: *News and comments*. Septiembre de 1982.
7. Maier, J. F.: *Manual of water fluoridation practice*. Nueva York, McGraw-Hill Book Co. 1963.
8. Rismik Kotlik, A.: *Estudio epidemiológico oral en escolares de Chile*. Bol. Of. San. Pan. 61: 159, 1966.
9. Rismik Kotlik, A.; Jiménez Obregón, J. y Barros Fiegehlem, L.: *Fluoruración del agua potable en Chile*. Bol. Of. San. Pan. 59: 212, 1965.
10. Adriáola E., G.: *Primera evaluación del programa de fluoruración del agua potable de Curicó-San Fernando, Chile, 1956*. Bol. Of. San. Pan. 47: 412, 1959.
11. Vélez A., A.; Espinal T., F.; Mejía V., R. y Vélez A., H.: *Un sistema económico de fluoruración del agua en comunidades rurales*. Bol. Of. San. Pan. 68: 469, 1970.
12. Ocampo Alvarez, A. y Escallón, J. M.: *Fluorización de acueductos en el control de la caries dental*. Bol. Of. San. Pan. 35: 355, 1953.
13. Bojanini N., J.; Arango C., G. y Pinela R., A.: *Diez años de fluoruración de aguas en Medellín*. Rev. Fed. Odont. Colomb. (Bogotá) 29: 52, 1981.
14. Marques da Silva, A. y Geci de Oliveira, M.: *Estudo preliminar da concentração de fluoreto em águas do nordeste brasileiro (Piauí e Ceará)*. Ciência e Cultura 32: 728, 1980.
15. Galagan, D. J.: *La fluoruración del agua como medida de salud pública*. Bol. Of. San. Pan. 53: 201, 1965.
16. Dávila, G. H.: *Consideraciones sobre la formulación de política y programas de fluoruración de sistemas de abastecimiento de agua potable*. Bol. Of. San. Pan. 69: 410, 1970.
17. Director General de la OMS: *La fluoruración y la higiene dental. (Extracto del informe)*. 22a. Asamblea Mundial de la Salud. Bol. Of. San. Pan. 68: 535, 1970.
18. Freire, P. S.: *Resultados da fluoruracão depois de cinco anos na cidade de Baixo Guandu*. Trabajo presentado en el VIII Congreso Odontológico Brasileño. Porto Alegre, julio de 1959. (Citado por Vélez A., A y col. 1970).
19. De la Garza Pesqueira, L. E.: *Determinación del contenido de fluoruro en las aguas potables de la República Mexicana*. Tesis para obtener el título de Cirujano Dentista. Facultad de Odontología. Universidad Nacional Autónoma de México. 1978.
20. Ponce Palomares, M.: *Estudio sobre el contenido de fluoruros en el agua potable y su influencia en la población infantil*. Tesis para obtener el grado de Maestría en Odontología. Facultad de Odontología. Universidad Nacional Autónoma de México, 1980.
21. Farill G., J. y Talancón C., C.: *Situación actual de la odontología en México*. Rev. Asoc. Dent. Mex. 12: 13, 1973.
22. Secretaría de Salubridad y Asistencia: *Reglamento de yodación y fluoruración de la sal*. Diario Oficial. Primera Sección. jueves 26 de marzo de 1981, p. 20.
23. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. *Standard methods for the examination of waters and wastewater*. 14a. ed., Washington A.P.H.A. 1975.
24. Frant, M. S. y Ross, J. W. Jr.: *Use of a total ionic strength adjustment buffer for electrode determination of fluoride in water supplies*. Anal. Chem. 40: 1169, 1968.
25. Fry B. W. y Taves, D. R.: *Serum fluoride analysis with the fluoride electrode*. J. Lab. Clin. Med. 75: 1020, 1970.
26. Zencbon, O.; Yabiku, H. Y.; Rassinetti, N. A. y Lara, W. H.: *Estudo comparativo de métodos usuais na determinação de teor de flúor em águas de fontes naturais*. Rev. Inst. Adolfo Lutz (São Paulo) 39: 161, 1979.
27. Singh, A. y Jolly, S. S.: *Chronic toxic effects on the skeletal system*. En: *Fluorides and human health*. Ginebra, World Health Organization Monograph Series No. 59. 1970.
28. Clarke, F. W.: *The data of geochemistry*. U. S. Geological Survey. 5a. ed. Washington, Government Printing Office. 1924.
29. Fejerskov, O.; Antoft, P. y Gadegaard, E.: *Decrease in caries experience in Danish children and young adults in the 1970's*. J. Dent. Res. 61 (Sp. Iss.): 1305, 1982.
30. Gron, P.: *Inorganic chemical and structural aspects of oral mineralized tissues*. En: *Op. cit. en 3*.
31. Dawes, C., Jenkins, G. N., Hardwick, J. L. y Leach, S. A.: *The relation between the fluoride concentrations in the dental plaque and in drinking water*. Brit. Dent. J. 119: 164, 1965.
32. Mayhew, R. R. y Brown, L. R.: *Comparative effect of SnF<sub>2</sub>, NaF, and SnCl<sub>4</sub> on the growth of Streptococcus mutans*. J. Dent. Res. 60: 1809, 1981.