



1. EL FLÚOR ALREDEDOR NUESTRO

RODOLFO C. PUCHE, ALFREDO RIGALLI*

Laboratorio de Biología Ósea, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Rosario

Resumen

Este artículo contiene definiciones destinadas a unificar el lenguaje de esta revisión. Describe las formas de ingreso del flúor al organismo y el contenido de este elemento en los alimentos. Informa sobre la fluoración del agua potable en la Rca. Argentina y la compara con la situación en los Estados Unidos de América.

Palabras clave: flúor, agua potable, fluoración del agua

THE FLUORIDE AROUND US

Summary

This article reviews the forms and routes of access of fluorine into the organism as well as the fluorine contents of foods. It also reviews the fluoridation of tap water in Argentine and exposes the situation in the USA.

Key words: fluoride, drinking water, water fluoridation.

Sobre el lenguaje empleado en esta revisión

Cuando se discuten efectos farmacológicos, la especie activa es el anión fluoruro. Se llama fluoruro al anión del ácido fluorhídrico o de sus sales, como el fluoruro de sodio. Los compuestos minerales que contienen flúor en su composición (monofluorofosfato, fluorapatita, fluorita), después de su absorción, terminan disociándose en sus componentes y dando lugar a la aparición del anión fluoruro en el espacio extracelular.

Cuando se comparan diferentes compuestos es conveniente referirse al "contenido en flúor elemento".

No existen las "sales de flúor". Los halógenos (cloro, bromo, yodo y flúor) producen ácidos. El fluoruro de sodio es la sal de sodio del ácido fluorhídrico. En términos generales, conviene utilizar la expresión "sales con flúor".

La abreviatura "ppm" significa "partes por millón" y es equivalente a "miligramos por litro" o "miligramos por kilo".

Dado que el fluoruro de sodio es una droga de referencia, será útil incluir las siguientes relaciones:

$mg \text{ de flúor} \times 2,2 = mg \text{ de fluoruro de sodio}$
 $mg \text{ de fluoruro de sodio} \times 0,45 = mg \text{ de flúor}$

Tipos de compuestos con flúor

Los compuestos con flúor se pueden clasificar en tres grupos:

A. *Solubles*, como el fluoruro de sodio, monofluorofosfato de sodio, ácido fluorhídrico. Estos compuestos se disocian instantáneamente en agua, dando lugar al aumento en la concentración de fluoruro.

B. *Relativamente insolubles*, como la criolita (flúor-aluminato de sodio) ó la flúorapatita. Estos compuestos producirán fluoruro después de absorberse y disociarse en sus constituyentes.

C. *Con flúor en enlace no dissociable*, como el flúorborato de potasio, que si se lo ingiriera, no liberará flúor en el organismo.

Formas de ingreso de flúor al organismo

Leche materna. El valor de flúor hallado naturalmente en leche materna es de 0,01 ppm. Ekstrand y col.¹ observaron que después de la administración oral de 1,5 mg de flúor elemento a madres que amamantaban sus hijos, la leche materna no modificó sus niveles basales de flúor, no obstante el pico de flúor claramente discernible en plasma. Estos autores postulan la existencia de una barrera plasma-leche que protege a los bebés.

Nutrición infantil. Según la Food and Nutrition Board, Committee on Nutrition, la ingesta segura "estimada" de F, expresada en mg/d es:²

0-6 meses	_____	0,1-0,5
6-12 meses	_____	0,2-1,0
1-3 años	_____	0,5-1,5
4-6 años	_____	1,0-2,5
7-10 años	_____	1,5-2,5
> 11	_____	1,5-2,5
Adultos	_____	1,5-4,0

¿Cuánto flúor contienen los alimentos?

Los alimentos frescos o sin preparación contienen 0,01 a 1,0 ppm de flúor. Los alimentos preparados (desde pastas hasta la leche reconstituida, de uso

* Dirección postal: Cátedra de Química Biológica, Facultad de Ciencias Médicas. Santa Fe 3100, (2000) Rosario, SF, Argentina. Correo electrónico: arigalli@fmedic.unr.edu.ar.

infantil o adulto) tendrán el contenido de flúor del agua empleada para su preparación. Las principales excepciones a lo antedicho son los mariscos (salmón, sardina, camarón, etc.) y el té. Los mariscos contienen entre 6 y 27 ppm de flúor (y más si se consumen con esqueleto, como las conservas de sardinas).³ Las hojas secas de té contiene hasta 400 ppm y su infusión 6-10 ppm, dependiendo de la calidad del té, del contenido de flúor del agua con que se prepare y del tiempo de preparación.⁴ A diferencia del té, las hojas de yerba mate no concentran el flúor (mediciones de nuestro laboratorio). La costumbre del mate aumenta la ingesta de flúor si el agua lo contiene y como consecuencia del aumento del consumo de agua.

Impacto de la higiene dental en la ingesta diaria de flúor

Diversos estudios^{5,6} revelan que un 25% del flúor colocado en la boca es ingerido. Los dentífricos contienen actualmente 1.500 ppm de flúor. Como la dosis diaria de pasta dental es de aproximadamente 1 gramo, se ingieren entre 0,5-1,0 mg de flúor por cada higiene bucal.⁷

¿Nos hemos aproximado a una exposición crítica al flúor?

La figura 2 muestra el promedio de ingesta diaria de F, segregado en sus contribuyentes, y para tres niveles de flúor en el agua de bebida.

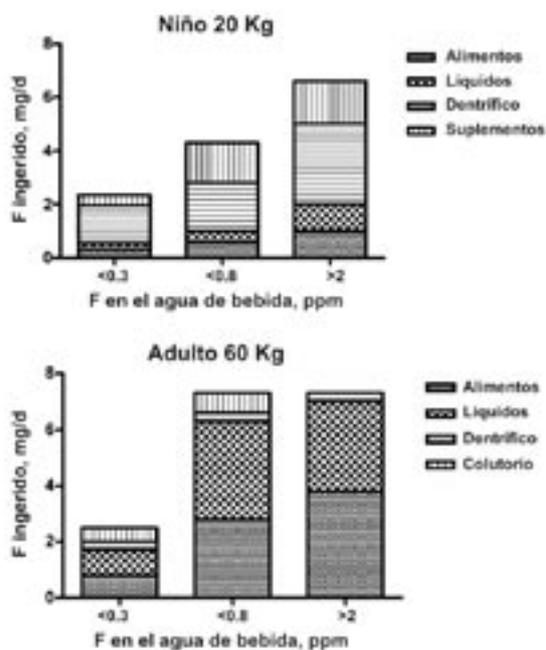


Figura 1. Ingesta diaria estimada de Flúor, mg/d para tres niveles de concentración de flúor en el agua de bebida. Redibujado de <http://fluoridation.com>⁷

Lo más importante de destacar es que, por kilo de peso, un niño puede recibir varias veces la dosis de un adulto. Y esto explica la acumulación de este elemento en el mineral óseo.

Concentración de flúor en aguas de segunda napa en la Argentina

El mapa de la Figura siguiente ha sido confeccionado con datos obtenidos por Obras Sanitarias de la Nación. El informe en el que se basa no cubre toda la superficie del país.⁸ La exploración se concentró en áreas pobladas.

El área marcada en negro indica concentraciones superiores a 3 ppm y revela el ingreso del mar en el territorio actual en épocas prehistóricas. En gris se marca el área con concentraciones entre 1 y 3 ppm. Los valores varían entre 0,1 ppm (en localidades cercanas a ríos de agua dulce) y 100 ppm (en algunos lugares de La Pampa y Santiago del Estero). El litoral argentino, que recibe agua de lluvia de la cuenca del Mato Grosso, tiene los niveles más bajos. La información referida a la Patagonia es escasa.

En Rosario, el agua potable contiene 0,2 ppm de flúor (15 micromoles/litro) (Figura 2).



Figura 2. Distribución geográfica del contenido de flúor en aguas de segunda napa en la República Argentina. En negro: > 3 mg F/L; gris: 1-3 mg F/L; blanco: < 1 mg F/L.

Fluoración del agua en la Argentina

En Argentina la fluoración artificial de las aguas para consumo humano, con el objetivo de proteger los dientes de los niños, está prevista en la ley nacional 21.172 (Boletín Oficial del 7 de noviembre de 1975). Lamentablemente el flúor también es un material de riesgo, y no siempre se puede garantizar que la dosis distribuida sea inofensiva.

En Argentina la cantidad permitida de flúor en el



agua varía según la temperatura de la región. En los lugares más fríos se recomienda 0,9 ppm como límite inferior y 1,7 ppm como límite superior. En los lugares más cálidos el límite inferior debe ser 0,6 ppm y el límite superior 0,8 ppm. Estos límites son establecidos por el Art. 1 (ex Art. 982), Resolución MS y AS n° 494 del 7 de julio de 1994.

La situación en Estados Unidos de América. Criterios en revisión

En 1975, la *National Academy of Sciences* estimó que la ingesta media de flúor (“óptima”) en 1950, para los adultos, era de 1,0 a 1,5 mg/d. Sin embargo, reconoció que algunas subpoblaciones podrían superar holgadamente esa cifra: atletas, embarazadas, trabajadores de la construcción y bebedores habituales de varias tazas de té por día (hasta 14 mg F/día).

Actualmente en los EUA, para un adulto de 45 a 100 kg de peso, la ingesta espontánea de flúor se estima de 9,1 a 36,4 mg/día.

En marzo de 2006, *The National Academies (N.A. of Sciences, N.A. of Engineering, Institute of Medicine, National Research Council [NRC])*, después de revisar la investigación efectuada en los últimos 10 años sobre los efectos del flúor en la salud, expuso que los estándares de la Environmental Protection Agency (EPA) no son adecuados. La mayoría de los informes analizados concluyen que las personas que toman agua con 4 mg de F/litro probablemente tengan aumentado el riesgo de fracturas.⁹

Los estándares de la EPA respecto del flúor en el agua potable son los siguientes:

MCLG (maximum contaminant level goal): El nivel contaminante máximo es la concentración de F con el que no se esperan efectos adversos y los márgenes de seguridad son “adecuados”.

MCL (maximum contaminant level): El nivel contaminante máximo es el estándar aplicable por ley y tan próximo al anterior como fuere posible, teniendo en cuenta factores tales como la tecnología del tratamiento del agua potable y los costos.

Para el flúor, MCLG y MCL son 4 mg/litro.

SMCL (secondary maximum contaminant level): Para el proceso de agua de bebida usada con objetivos estéticos o cosméticos.

Para el flúor, SMCL es 2 mg/litro.

El 6 de mayo de 2003 la EPA realizó un debate público sobre la fluoración como parte de su Foro de Ciencias, en Washington DC. Paul Connett (NRC) presentó argumentos contra la fluoración, pero pese a seis semanas de esfuerzo, la EPA no pudo encontrar ninguna persona en los Estados Unidos que presentara argumentos a favor de la fluoración.

La Oficina de Agua de Bebida de la EPA, en Estados Unidos, requirió al NRC que revisara la nueva evidencia científica sobre la toxicidad del flúor como parte de su revisión de los estándares seguros para agua de bebida. La primera reunión se efectuó los días 12 y 13 de agosto de 2003. Las conclusiones aparecieron en el 2006 y se resumen más abajo.

INFORME DEL CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE 2006 ESTADOS UNIDOS: FLUORURO EN EL AGUA POTABLE¹⁰

El informe reciente de un comité de 12 miembros del NRC de los EUA examinó las bases científicas para la determinación del nivel máximo de contaminación (MCLG) del fluoruro en agua potable promulgada en 1985 por la EPA.

Debido a la sesgada dirección por la gerencia de EPA que solicitó el informe, el comité del NRC identificó en 1985 solamente los efectos adversos del F conocidos con certeza total sobre la salud. Esto contrariaba la intención del Acta del Agua Potable Segura (SDWA), que requería que la EPA determinase “si algunos efectos nocivos podían ser anticipados razonablemente aunque aún no estuvieran enteramente demostrados”. El sesgo adicional de la EPA consistió en no identificar un nuevo MCLG. En otras palabras, no determinar un nivel seguro del fluoruro en agua potable, y no discutir o investigar cuán seguros eran los flúor-silicatos (silicofluoruros),** utilizados en la mayoría de las

** Los estudios que pretendieron comprobar la seguridad y eficacia de la fluoración en la prevención de las caries comenzaron en 1945 utilizando el fluoruro de sodio. En marzo de 2002, aproximadamente dos tercios de los abastecimientos de agua de EUA enriquecen la misma con flúor. Actualmente es habitual el uso de compuestos de flúor más baratos: ácido fluosilícico (H₂SiF₆) y flúorsilicato de sodio (llamados en conjunto “silicofluoruros ó “SiFs”). De los abastecimientos de agua aludidos, 91% y 9% utilizan SiFs y fluoruro de sodio, respectivamente. En EUA el consumo de SiFs es de 200.000 toneladas/año. Estos productos derivan de la fabricación de fertilizantes con fosfato y son captados de los efluentes de desecho. Estos productos contienen contaminantes (p.ej. arsénico, plomo) ausentes en el fluoruro de sodio de grado farmacéutico. La tesis de Westendorf J (*The Kinetics of Acetylcholinesterase Inhibition and the Influence of Fluoride and Fluoride Complexes on the Permeability of Erythrocyte Membranes. PhD Dissertation in Chemistry, U. of Hamburg, Germany – 1975*) no ha circulado en EUA.¹⁰ Roger D. Masters y Myron Coplan, de la universidad de Dartmouth, han observado en una muestra de 280.000 niños que el tratamiento de aguas con silicofluoruros aumenta la incorporación celular del plomo.

ciudades para fluorar el agua potable.

A pesar de estas restricciones, el NRC amplió el horizonte de discusión al establecer que el estándar vigente de 4 mg F/L en agua potable no protege contra fracturas del hueso o fluorosis dental severa. Y aconsejó estudios adicionales sobre los efectos de los flúor-silicatos sobre la salud.

La revisión del NRC incluye extensa información sobre otros efectos posibles del fluoruro sobre la salud, tales como efectos sobre glándulas endocrinas y el cerebro. En base de esta información y de la interpretación apropiada del SDWA, los siguientes son los efectos adversos sobre la salud: la fluorosis dental moderada, la esquelética en la etapa I (artritis con dolor y endurecimiento de las articulaciones), disminución de la función tiroidea, y efectos perjudiciales sobre el cerebro, especialmente en conjunto con el aluminio.

La cantidad de fluoruro necesaria para causar estos efectos a los miembros susceptibles de la población es igual o inferior a la dosis de flúor recibida por la fluoración del agua. La meta máxima recomendada del nivel del contaminante (MCLG) para el fluoruro en agua potable debe ser cero.

Algunas notas de interés

- 1) Actualmente sólo 6 países proveen de agua artificialmente fluorada a más del 50% de su población: Estados Unidos, Australia, Nueva Zelanda, Irlanda, Colombia y Singapur.
- 2) La mayor parte de los países discontinuaron el uso del flúor o nunca lo utilizaron. El 9 de abril de 2003 las autoridades de la ciudad de Basilea (Suiza) suspendieron la fluoración del agua potable después de practicarla durante 41 años consecutivos. En aquellos países en los que no es desusado que los ciudadanos le hagan juicio al Estado, la fluoración del agua potable ha ido en retroceso porque los gobiernos han perdido los juicios correspondientes.
- 3) La fluoración fue debatida en la Cámara de los Comunes en Gran Bretaña el 8 de septiembre de 2003. El gobierno de Tony Blair propuso que se indemnice a las compañías que agregan flúor al agua para uso público ante posibles acciones futuras por daños. En el momento de redactar esta revisión se desconoce el resultado de la iniciativa.
- 4) En Argentina uno de los debates más recientes

sobre los efectos negativos de la fluoración tuvo lugar en la ciudad de Formosa. La Fundación Mundo Mejor de esa ciudad, conjuntamente con FUNAM y Greenpeace, iniciaron una rica y positiva discusión pública. En 1997 AIDIS Argentina y DIAGUA organizaron un seminario internacional sobre fluoración en Buenos Aires. Aunque calificado de internacional sólo hubo pocos disertantes de otros países (por ejemplo Thomas Reeves de Estados Unidos), y no estuvieron presentes aquellos investigadores que demostraron los efectos negativos del flúor sobre la salud humana. El encuentro, técnicamente sesgado, reafirmó "la conveniencia de la fluoración de las aguas".

Referencias

1. Ekstrand J, Boreus LO, de Chateau P. No evidence of transfer of fluoride from plasma to breast milk. *British Med J* 1982; 283: 761-2.
2. Food and Nutrition Board, 1980, USA, Committee on Nutrition. *Pediatrics* 1972; 49: 456.
3. Muhler JC. Fluoride and Human Health, pp. 32-40. WHO; Geneva, 1970.
4. Cremer HC, Buttner W. Fluoride and Human Health, pp. 75-9. WHO; Geneva, 1970.
5. Ericsson Y, Hellstrom I, Jared B, Stjernstrom L. Investigations into the relationship between saliva and dental caries. *Acta Odontol Scand* 1960; 18: 263.
6. Ericsson Y, Forsman B. Fluoride retained from mouthrinses and dentifrices in preschool children. *Caries Res* 1969; 3: 290-9.
7. <http://fluoridation.com>. Revisado 20/12/2006
8. Trelles RA. Química de las aguas en la República Argentina. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería. Instituto de Ingeniería Sanitaria. No. 12, 1972.
9. National Academies. Report in brief. March 2006. <http://dels.nas.edu.best> Revisado 20/12/2006
10. Carlton RJ. Review of the 2006 United States National Research Council Report: Fluoride in drinking water. *Fluoride* 2006; 39: 163-72, 2006.