

Este informe recoge la opinión colectiva de un grupo internacional de especialistas y no representa necesariamente el criterio ni la política de la Organización Mundial de la Salud.

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

SERIE DE INFORMES TECNICOS

Nº 146

COMITE DE EXPERTOS EN FLUORURACION DEL AGUA

Primer Informe

	Página
1. Aspectos odontológicos	3
2. Inocuidad de la fluoruración del agua	9
3. Aspectos de ingeniería sanitaria	18
4. Otros métodos de administración de fluoruros	20
5. Resumen	22
6. Conclusiones	24
Referencias bibliográficas	24
Anexo. Lista de los documentos distribuidos	28

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

PALAIS DES NATIONS

GINEBRA

1958

COMITE DE EXPERTOS EN FLUORURACION DEL AGUA

Ginebra, 26-30 de agosto de 1957

Miembros :

Profesor Yngve Ericsson, Departamento de Cariología, Real Escuela de Odontología, Estocolmo, Suecia (*Presidente*)

Dr. Jean R. Forrest, Senior Dental Officer, Ministry of Health, Londres, Inglaterra (*Relator*)

Dr. Paulo da Silva Freire, Jefe de la Sección de Odontología, Serviço Especial de Saúde Pública, Río de Janeiro, Brasil

Profesor A. J. Held, Institut de Médecine dentaire, Université de Genève, Ginebra, Suiza (*Vicepresidente*)

Dr. Harold C. Hodge, Professor of Pharmacology and Toxicology, University of Rochester School of Medicine and Dentistry, Rochester, N.Y., Estados Unidos de América

Dr. John W. Knutson, Assistant Surgeon General, Chief Dental Officer, Public Health Service, Washington, D.C., Estados Unidos de América

Profesor K. L. Shourie, Principal, C. E. M. Dental College, Bombay, India

Secretaría :

Sr. R. N. Clark, División de Saneamiento del Medio, OMS

Dr. Carl L. Sebelius, Sección de Administración Sanitaria, OMS (*Secretario*)

COMITE DE EXPERTOS EN FLUORURACION DEL AGUA

Primer Informe *

En el mundo entero se va extendiendo el interés por la fluoruración del agua como medida sanitaria para contribuir a la lucha contra la caries dental. Muchos funcionarios oficiales, administradores sanitarios y otras personas interesadas han pedido que se publique un informe autorizado en el que se exponga el tema de tal forma que pueda servir de orientación, en su día, para el estudio de los proyectos de fluoruración del agua.

En la fluoruración de los abastecimientos de agua el agente activo es el ion flúor y como fuente de aporte se utilizan varios (por lo menos seis) fluoruros inorgánicos, simples y complejos. No se usa el flúor en forma elemental, por lo cual es preferible emplear la palabra « fluoruración » en vez de « fluoración » para designar esa operación. El agua que abastece a muchas poblaciones contiene fluoruros naturales.

1. ASPECTOS ODONTOLÓGICOS

1.1 El problema de la caries dental

La caries dental es una de las enfermedades más frecuentes y difundidas en el mundo. No está limitada a edad, sexo o estado económico particulares, ni es peculiar de ningún país o raza. En los países en que se han realizado encuestas de higiene dental, se ha observado que casi toda la población estaba afectada por la caries dental y sus consecuencias. La caries dental aparece poco después de la erupción de los dientes de leche. Se han hecho muchos estudios sobre la frecuencia de la caries en los niños de diversos países y se ha comprobado repetidas veces que, por lo general, cuando el niño llega a la edad escolar tiene ya muchos dientes afectados por caries. Las consecuencias de la enfermedad pueden ser especialmente serias en la

* En el curso de su 21ª reunión, el Consejo Ejecutivo adoptó la siguiente resolución :

El Consejo Ejecutivo

1. TOMA NOTA del primer informe del Comité de Expertos en Fluoruración del Agua ;
2. DA LAS GRACIAS a los miembros del Comité por la labor realizada ; y
3. AUTORIZA la publicación del informe.

(Resolución EB21.R6, *Act. of. Org. mund. Salud*, 1958, 83, 7)

infancia y en la adolescencia. Las caries aumentan constantemente de tamaño, produciendo con frecuencia considerables molestias e incluso la caída de los dientes. La disminución consiguiente en la función masticatoria puede perjudicar la nutrición del niño; la masticación defectuosa puede ser causa de diversos trastornos digestivos, y las infecciones secundarias producidas por una boca séptica pueden producir efectos considerables sobre el estado general. Otra de las desagradables consecuencias de la pérdida de los dientes producida por la caries dental es la oclusión traumática, posible causa de enfermedades graves del periodonto y de desfiguración facial, con importantes repercusiones psicológicas y sociales.

Considerando el alcance mundial del problema, la caries dental representa, desde el punto de vista de la economía, una carga que grava tanto a los servicios sanitarios como a los individuos. Resultaría sumamente difícil evaluar la cantidad de energías gastadas durante muchos años, en los diversos países, para tratar de aliviar esa enfermedad.

1.2 Métodos de tratamiento

El descubrimiento y el tratamiento precoces de la caries dental son esenciales para combatir la enfermedad y sus consecuencias. Sin embargo, incluso en los países que poseen la mayor proporción de dentistas, en relación con el número de habitantes, no está cubierta más que la tercera parte de las necesidades de la población a ese respecto.

En muchos países del mundo, cuyo conjunto representa una gran proporción de la población mundial, el número de dentistas es sumamente bajo. Por consiguiente, no es de esperar que la lucha contra la caries dental pueda efectuarse en escala mundial, en un futuro previsible, solamente con los métodos de tratamiento.

1.3 Métodos profilácticos

Lo mismo que respecto de las demás enfermedades, la solución ideal del problema de la caries dental es la profilaxis. Para prevenir la caries dental se han propuesto múltiples medidas, que se extienden desde la higiene bucal hasta una vigilancia rigurosa de la dieta. Esos métodos comprenden concretamente la reducción del consumo de hidratos de carbono fermentables y glutinosos, el cepillado de los dientes a intervalos regulares o inmediatamente después de la comidas, el enjuagado de la boca, el empleo de dentífricos terapéuticos y la adición a la dieta de ciertos suplementos, como vitaminas y sales minerales. En este informe no se considera la utilidad relativa de cada uno de esos métodos. Algunos de ellos son eficaces en ciertos casos particulares, pero hasta la fecha han sido desalentadores los resultados de su aplicación como medidas sanitarias o preventivas, pues ninguno cumple las condiciones de ser de fácil aplicación

y de aceptación general. Por esta razón, presenta especial interés la posibilidad de emplear los fluoruros como medida preventiva.

1.4 Flúor y salud dental

Desde el punto de vista histórico es interesante recordar que el uso empírico de los fluoruros para la prevención de la caries dental se remonta al último cuarto del siglo XIX. Sin embargo, el origen del concepto actual de la fluoruración como medida preventiva debe atribuirse a las observaciones practicadas respecto de otra enfermedad dental, el esmalte moteado (*mottled enamel*).^{7, 46, 49, 54} En 1931 se reconoció que el flúor contenido en el agua de bebida era la causa de esa enfermedad.⁴⁹ Los trabajos iniciales de McKay, en los que se describía la enfermedad y se indicaban las zonas endémicas, permitieron deducir que el agente etiológico se encontraba en el agua destinada a la bebida.³⁵ Estudios ulteriores de Dean, en los que se aplicaron las técnicas epidemiológicas clásicas, demostraron claramente que existe una relación directa y cuantitativa entre la frecuencia y la intensidad del moteado del esmalte y la concentración del flúor en el agua de bebida.⁹ Cuando la concentración es de ocho partes o más en un millón de partes de agua (8 mg/l), la población, casi en su totalidad, tiene los dientes parduscos y con depresiones superficiales. A medida que disminuye la concentración, el moteado va siendo cada vez menos intenso, de modo que cuando se llega a 1,5 mg/l es de carácter ligero o mínimo.

El ligero moteado de los dientes que se encuentra en las colectividades que consumen agua con una concentración de flúor comprendida entre 1 y 1,5 mg/l no tiene importancia estética y sólo se aprecia por un reconocimiento dental cuidadoso, que pone de manifiesto la existencia de algunas motas blancas dispersas. Esa observación permitió adoptar en los Estados Unidos la concentración de 1,5 mg/l de flúor como límite respecto del moteado, en las normas interestatales a que está sometida el agua destinada a la bebida.

La expresión « esmalte moteado » se emplea de un modo amplio para designar cualquier defecto o decoloración del esmalte producidos por ingestión de cantidades excesivas de flúor durante el desarrollo de los dientes. Las anomalías del desarrollo del esmalte son frecuentes y pueden ser debidas a factores muy variados, entre los que se cuentan la fiebre alta de larga duración, carencias vitamínicas, algunos trastornos del metabolismo, traumatismos, etc. Las anomalías del esmalte no debidas al flúor son bastante comunes y suelen ser más perjudiciales desde el punto de vista estético que el ligero moteado que se observa accidentalmente en los niños pertenecientes a colectividades que consumen agua con una concentración de 1 mg/l de flúor aproximadamente. Al hacer el diagnóstico hay que tener gran cuidado en no interpretar toda mancha blanca como signo patognomónico de fluorosis dental.^{4, 5, 8, 17, 26, 51, 60}

En los estudios sobre el esmalte moteado se tuvo la impresión de que esta afección iba acompañada de una frecuencia relativamente pequeña de caries dental. Esa impresión estimuló la prosecución de los estudios acerca de la influencia que los fluoruros contenidos en el agua de bebida ejercen sobre la salud dental.

1.5 Caries dental y flúor

Las grandes variaciones de contenido en fluoruros naturales en el agua de bebida de las poblaciones de muchos países del mundo han permitido estudiar y determinar la relación existente entre la frecuencia de la caries dental y la concentración en flúor del agua de bebida. Entre esos países se señalan los Estados Unidos de América, donde más de 3 millones de personas viven en poblaciones cuya agua de bebida tiene una concentración en fluoruros naturales equivalente a 1 mg/l o más de flúor. Dean y sus colaboradores efectuaron estudios epidemiológicos cuidadosamente proyectados en 21 ciudades de dicho país.^{11, 13} En esa serie de investigaciones a fondo se examinaron 7257 niños comprendidos entre 12 y 14 años de edad. Esas 21 ciudades están situadas en una estrecha zona cuya temperatura media anual es aproximadamente de 10°C. Todos los reconocimientos clínicos fueron efectuados por dos dentistas, que examinaron un número igual de niños en cada ciudad. Se comprobó rigurosamente que los niños examinados habían residido continuamente en la misma ciudad y habían consumido con regularidad el agua destinada a su abastecimiento.

Dichos estudios demostraron que existía una relación inversa entre la concentración de flúor en el agua y al frecuencia de la caries.^{11, 12, 38, 39, 57} Cuando la concentración era pequeña, las caries eran numerosas, pero cuando alcanzaba 1 mg/l aproximadamente, los niños sólo presentaban la tercera parte de las caries que tenían los de la misma edad en las regiones donde el agua contenía muy poco flúor. Cuando la concentración era superior a 1 mg/l sólo se comprobaba una pequeñísima disminución ulterior de la frecuencia de la caries.

Otros investigadores, cuyo número ha ido en aumento, han realizado estudios semejantes a los iniciales, en otras partes de los Estados Unidos y en muchos países del mundo, entre los que se encuentran la Argentina, el Canadá, Grecia, Hungría, la India, Inglaterra y Gales, Kenya, Noruega, Suecia, Suiza, Turquía, la Unión Sudafricana y la URSS.¹⁰ Los distintos observadores han señalado con unanimidad notable que existe una relación inversa entre la frecuencia de la caries dental y la concentración en flúor del agua de bebida hasta una cifra de 1 mg/l aproximadamente. Este dato tiene gran importancia, pues indica que el efecto óptimo sobre la caries dental se ejerce por una concentración en flúor inferior a la que constituye el umbral para la aparición del esmalte moteado o fluorosis dental.

La importancia sanitaria de la gran diferencia que existe en la frecuencia de la caries entre los niños que viven en las zonas donde el agua de bebida contiene flúor y en las que carece de él, se acentuó más todavía cuando el estudio de las poblaciones adultas demostró que el efecto del flúor prosigue durante toda la vida, sin mostrar ninguna disminución apreciable con la edad.⁴³ Se examinaron varios grupos de adultos, de edad comprendida entre los 20 y los 44 años, en una zona en que el agua contenía 2,5 mg/l de flúor, y se compararon con otros grupos análogos de una zona cuyas aguas carecían de flúor. En todos los grupos estudiados se comprobó que, hasta los 44 años de edad, la frecuencia de la caries en la zona rica en flúor era aproximadamente un tercio de la existente en la zona sin flúor.

Como consecuencia lógica de todos los datos acumulados se decidió en 1944, en los Estados Unidos, añadir fluoruros a algunos abastecimientos de agua, como medida profiláctica de la caries dental.

1.6 Introducción de la fluoruración

La importancia potencial de la acción sobre los dientes de los fluoruros contenidos en el agua de bebida despertó gran interés por sus efectos fisiológicos.

El flúor se encuentra muy difundido en la naturaleza, en forma combinada, y es un componente de ciertos minerales existentes en las rocas y en el suelo. Una abundante bibliografía demuestra la gran amplitud de la distribución geográfica de los fluoruros contenidos en el agua destinada a la bebida allá donde se ha comprobado una relación entre la concentración en fluoruros y la caries dental. El flúor se encuentra también en los dientes, en los huesos y en muchos de los alimentos de consumo usual.

Los estudios relativos a la ingestión, el metabolismo y la excreción del flúor no solamente se han hecho en el hombre, sino también en animales de laboratorio. En la sección 2 (página 9) se exponen con más detalle los objetivos y los resultados de tales estudios. Es interesante observar que los estudios sobre los efectos de la fluoruración artificial de los servicios de agua de las colectividades no se emprendieron hasta que se comprobó de modo indudable la inocuidad del método. Previamente se calcularon los límites de seguridad para evitar los efectos tóxicos del flúor. También se determinó que el consumo de agua de bebida con una concentración en flúor varias veces mayor que la óptima no afecta al desarrollo del esqueleto, a la talla ni al peso; que se elimina la mayor parte de los fluoruros ingeridos; que el flúor muestra afinidad por los tejidos calcificados y en especial por los dientes; que los primeros signos de haber consumido agua con fluoruros durante el periodo de formación de la dentadura se encuentran en los propios dientes, y que la frecuencia de la fracturas

óseas en los varones jóvenes es la misma si han consumido agua fluorurada o no fluorurada.

La primera fluoruración artificial del abastecimiento de agua de una población se inició en 1945 en Grand Rapids, Mich. (Estados Unidos)³ y a ella siguieron poco después las de Newburgh, N.Y. (Estados Unidos)⁴ y Brantford, Ontario (Canadá).^{27, 28} En los tres casos se añadieron los fluoruros al agua en cantidad suficiente para alcanzar una concentración en flúor de 1,0 - 1,2 mg/l, y en cada ciudad se eligió una zona testigo. Los estudios se proyectaron para una duración de un decenio, con objeto de que la dentición de leche y la mayor parte de la dentición permanente estuvieran sometidas a la acción de los fluoruros durante todo el periodo del desarrollo y de la calcificación, y expuestas después durante algunos años al ataque de la caries. Además, se trataba de determinar de modo práctico la posibilidad de añadir fluoruros al agua, la seguridad y precisión de los aparatos y el coste por cabeza. Los estudios se proyectaron y vigilaron cuidadosamente y se observó el efecto sobre el estado general. Uno de los proyectos (el de Newburgh) comprendía un amplio programa de investigaciones pediátricas.

Antes de empezar la fluoruración se efectuaron reconocimientos odontológicos detenidos, que se repitieron cada año, de los niños comprendidos entre los 4 y los 15 años de edad. La frecuencia de la caries dental en las zonas sometidas a la fluoruración se comparó con la de las regiones testigo y con la de grupos semejantes de niños en Aurora, Ill. (Estados Unidos), donde el agua contiene 1,2 mg/l de flúor en forma de fluoruros naturales.³ El objeto de esta última comparación era observar si los fluoruros añadidos artificialmente eran tan eficaces para reducir la caries dental como los contenidos en el agua natural.

Esos estudios se han proseguido durante 12 años y se han publicado los resultados obtenidos. Entre tanto se han emprendido otras investigaciones que han dado resultados análogos.

1.7 Resultados de la fluoruración

Los informes de los resultados obtenidos al cabo de 10 años de fluoruración artificial en tres ciudades, dos de las cuales pertenecen a los Estados Unidos y otra al Canadá, coinciden de un modo notable.^{3, 4, 27, 28} La frecuencia de la caries en los dientes permanentes de los niños que han residido continuamente en la misma ciudad y han consumido siempre el agua fluorurada ha disminuido en un 60 % aproximadamente, en comparación con la observada antes de la fluoruración o en los niños de las ciudades testigo elegidas para cada estudio. También se ha observado una disminución de 50 - 60 % en la frecuencia de la caries en la dentición de leche. Los resultados obtenidos en los tres estudios han confirmado la hipótesis de que el empleo de agua de bebida que contenga 1 mg/l de

flúor produce los mismos efectos sobre la dentadura y sobre el estado general cuando los fluoruros existen de manera natural en el agua o cuando se añaden artificialmente.

También se observó una reducción apreciable en la frecuencia de la caries dental en los niños nacidos antes de comenzar la fluoruración. Como era de esperar, el grado de disminución de la caries en dichos niños era inversamente proporcional a su edad en el momento de iniciarse la fluoruración. En los niños nacidos después de empezar la fluoruración se comprobó la misma acción beneficiosa que se observa en los de las comunidades que disponen de agua potable con una concentración óptima en fluoruros naturales.

En alguno de los proyectos experimentales, especialmente en el de Newburgh, se realizaron observaciones sobre el crecimiento y el desarrollo, la calcificación de los huesos, la eliminación de flúor por la orina, la displasia de los dientes, la gingivitis, los órganos auditivo y visual y la sangre. La comparación de tales observaciones, según normas establecidas, con la situación anterior a la fluoruración o con los resultados correspondientes a las ciudades testigo, no demostró más efectos perjudiciales o beneficiosos que los relativos a la frecuencia de la caries dental.

1.8 Proyectos de fluoruración

Hasta ahora 32 millones de personas en más de 1500 ciudades y pueblos de los Estados Unidos consumen agua fluorurada artificialmente.⁵³ También se realizan programas de fluoruración artificial en una o más colectividades en los siguientes países: Australia (2), Bélgica (1), Brasil (3), Canadá (10), Colombia (1), Chile (1), El Salvador (1), Federación Malaya (1), Gran Bretaña (4), Japón (1), Nueva Zelandia (1), Países Bajos (1), República Federal de Alemania (1), Suecia (1), Venezuela (1) y Zona del Canal de Panamá (2). En Noruega y en Suiza están en vías de aplicación los planes aprobados de los primeros proyectos de fluoruración. Se indican estos datos sobre el estado actual de los programas de fluoruración para reflejar la amplitud mundial de la aceptación de esa medida por las autoridades sanitarias y sus órganos asesores.

2. INOCUIDAD DE LA FLUORURACION DEL AGUA

2.1 Generalidades

Cuando un elemento como el flúor, que puede ser tóxico en cantidades excesivas, tiene que ser absorbido por grandes grupos humanos de población de un modo continuo y durante largo tiempo, es de máxima importancia investigar cuidadosamente sus efectos biológicos. Muchas sustancias que,

absorbidas en pequeñas dosis por el organismo pueden ser esenciales para la vida o producir alteraciones funcionales o tisulares casi imperceptibles, en grandes dosis provocan síntomas graves de intoxicación. Mientras esas manifestaciones sean de naturaleza reversible y no perturben en modo alguno los procesos fisiológicos normales, no puede hablarse de acción tóxica. Cuando se administran grandes dosis de fluoruros, se producen consecuencias características, concernientes sobre todo a ciertos órganos y tejidos. Al emplear dosis más reducidas, debe prestarse gran atención a esos tejidos, empleando métodos especiales para descubrir las alteraciones en su estructura o en sus funciones fisiológicas normales. Por ello, los efectos de los fluoruros se han estudiado clínica y experimentalmente, procurando determinar de manera cuantitativa, con respecto a los distintos tejidos de cada sistema y de cada órgano, la dosis máxima que puede administrarse sin provocar signos de intoxicación. Como base de comparación en tales observaciones se ha empleado siempre la concentración óptima para la prevención de la caries dental.

Esa labor no ha sido monopolio de una sola disciplina: biólogos, fisiólogos, toxicólogos, químicos, veterinarios, patólogos, médicos y dentistas de muchos países del mundo han hecho importantes aportaciones mediante sus observaciones clínicas y sus experimentos de laboratorio. La abundante bibliografía que existe sobre el tema abarca cerca de 3000 publicaciones en los veinte años últimos. Se han comprobado resultados importantes en los laboratorios de muchos países. Ello no quiere decir que este campo de investigación sea el único exento de controversias. Sin embargo, las conclusiones contradictorias se deben en algunos casos a que los ensayos se habían hecho en condiciones experimentales completamente distintas, y en otros se pueden atribuir a descripciones ambiguas o a interpretaciones ilógicas.

En esta sección se describen en líneas generales las propiedades biológicas de los fluoruros inorgánicos que están bien establecidas, con objeto de demostrar que el conocimiento de la acción de los fluoruros es lo bastante extenso y detallado para permitir que la fluoruración del agua se haga con las suficientes garantías de seguridad.

2.2 Acción del flúor sobre las células y las bacterias

El ion flúor, a semejanza del ion cloro, es capaz de penetrar en las células. Cuando alcanza una concentración suficiente en el interior de las mismas, el ion flúor inhibe ciertas reacciones enzimáticas. Esa interferencia puede afectar en mayor o menor grado a gran número de reacciones metabólicas; al parecer, muchos enzimas tienen cierta sensibilidad al flúor, aunque las concentraciones inhibitoras *in vitro* oscilan para los distintos enzimas entre 10^{-2} y 5×10^{-6} M. En la mayoría de los casos se ignora el mecanismo de tales inhibiciones. En algunas ocasiones, los

enzimas inhibidos a una concentración son activados con una concentración inferior. Se ha estudiado ya un número considerable de sistemas enzimáticos, pero es probable que existan enzimas más sensibles todavía al flúor que los conocidos o ensayados hasta ahora. Por consiguiente, los principales efectos tóxicos de los fluoruros no se pueden atribuir con certeza actualmente a uno o varios sistemas enzimáticos, si bien la concentración que alcanza el flúor en el organismo permite suponer que muchos de sus efectos se ejercen por conducto de los enzimas. No existen pruebas de que se hayan producido inhibiciones enzimáticas por el flúor en las personas que han ingerido agua fluorurada a la concentración óptima para la salud dental.

La inhibición enzimática explica probablemente los efectos bacteriostáticos de los fluoruros, así como su influencia desfavorable sobre el crecimiento celular en los cultivos de tejidos. La adición de 1 mg/l de flúor en forma de fluoruros al agua no ha creado ningún problema en los procesos industriales fermentativos, por ejemplo, en la cervecería. Si bien se ha citado una interferencia sobre el desarrollo de ciertas rickettsias y virus, no ha sido a la concentración de 1 mg/l de flúor.

Puesto que desde hace tiempo se ha venido considerando a las bacterias de la cavidad bucal como causantes de una parte del proceso de la caries, era de esperar que se manifestase un cambio de la flora bucal en las poblaciones que consumen agua con 1 mg/l de flúor. Sin embargo, ni se ha comprobado tal cambio, ni se ha observado tampoco la menor alteración en las propiedades bioquímicas de la saliva. Las bacterias bucales cultivadas *in vitro* en medios que contienen 1 mg/l de flúor no presentan ninguna disminución de la producción de ácidos.

2.3 Acción del flúor sobre el organismo animal

2.3.1 Absorción

Los fluoruros solubles son absorbidos rápidamente por el tubo gastrointestinal.³⁰ Para la fluoruración del agua se emplean diversas combinaciones de flúor; todas ellas deben considerarse como fuente de flúor — sólo este ion es absorbido¹⁶ —, y no existen diferencias importantes entre ellas respecto a la absorción y la distribución subsiguiente en el organismo. Si los fluoruros se ingieren acompañados de alimento sólido o de leche, y en especial de grandes cantidades de sales cálcicas, puede disminuir de modo considerable la absorción, debido probablemente a la formación de sales de calcio poco solubles. Es indudable que una parte de los fluoruros contenidos en el alimento sólido puede ser absorbida, pero esa aportación suele ser una pequeña proporción de la cantidad total que se absorbe diariamente. En todo caso, la absorción rara vez o nunca es completa, ya que el 10 - 15 % del flúor ingerido se excreta con las heces.^{34, 56}

2.3.2 Distribución y excreción

Los datos de que se dispone sobre la concentración de flúor en la sangre son muy variables (debido indudablemente a las dificultades analíticas). Los cálculos más fidedignos oscilan entre 0,01 y 0,2 mg/l. Tanto si el agua de bebida no contiene prácticamente flúor como si contiene hasta 1 mg/l, la concentración media en la sangre permanece dentro del estrecho margen que indican esos pequeñísimos valores. La concentración de flúor en la sangre varía, en forma no bien conocida, con la cantidad de flúor que se ingiere. En todo caso, después de la ingestión de una gran dosis (incluso tóxica) de fluoruros, la concentración de flúor alcanza un máximo al cabo de media hora o de una hora, disminuye después rápidamente y recupera el valor normal a las 24 horas o antes.^{40, 47} Por consiguiente, el incremento en la concentración del flúor en sangre que produce la ingestión de agua fluorurada es pequeño y de corta duración.

Una gran proporción del flúor absorbido se elimina al poco tiempo por la orina; la permeabilidad renal para el ion flúor es mucho mayor que para los iones cloro o sodio.^{6, 30, 34} Por lo que se refiere a la cantidad retenida, casi toda ella se fija en los cristales de las sales minerales del tejido óseo. La fijación en los huesos y en los dientes es más rápida en los individuos jóvenes en pleno desarrollo. A consecuencia de la ingestión prolongada de fluoruros se produce una saturación gradual del esqueleto en flúor, que se refleja en un incremento de su excreción por la orina.

Los tejidos blandos absorben cantidades muy pequeñas de flúor, comparables, aunque menores, a la concentración sanguínea, sin que se produzca en ellos ninguna acumulación.^{20, 56} Existen dos órganos, el tiroides y el riñón, que contienen concentraciones ligeramente mayores que los demás. Aunque se ha dicho gráficamente que el tiroides es «ciego para los halógenos», la fijación de flúor no es en absoluto comparable a la excepcional concentración que alcanza el yodo en dicha glándula. La concentración de flúor en el tiroides aumenta y disminuye paralelamente con la de la sangre. Puesto que el riñón es el órgano excretor del flúor, no es extraño que muestre una concentración transitoria elevada en las pocas horas que dura la excreción de la mayor parte de los fluoruros después de la absorción.

También se ha indicado que en la placenta existe una concentración de flúor ligeramente superior a la de otros órganos. La placenta debe ser algo permeable al ion flúor, ya que se ha observado que la sangre de la madre y la del feto contienen aproximadamente la misma concentración de flúor.²³

Se admite que la concentración del flúor en la leche de mujer y en la de vaca es aproximadamente de 0,2 mg/l. Las oscilaciones de dicha concentración son notablemente escasas aunque varíe grandemente la cantidad de fluoruros ingerida.²³

El contenido en flúor de la saliva es pequeño y apenas depende de la ingestión de fluoruros.

2.3.3 *Metabolismo del calcio, del fósforo y del magnesio*

No se ha observado ningún efecto sobre el metabolismo mineral, concretamente sobre el del Ca, el del P y el del Mg, cuando el agua de bebida contiene 1 mg/l de flúor. El plasma sanguíneo conserva su concentración normal de estos elementos aunque aumente considerablemente la ingestión de fluoruros. En oposición a la idea repetida con frecuencia de que las dosis tóxicas de flúor reducen la concentración de Ca en la sangre, no se han observado cambios notables en los animales, y las intoxicaciones mortales casi nunca van acompañadas de tetania. Las grandes dosis de flúor no alteran la fijación del radiocalcio ni del radiofósforo en los fémures y maxilares de los animales de experimentación.

Tanto el Ca como el Mg se combinan con el flúor, lo que explica que se hayan observado *in vitro* ciertas acciones antagónicas a concentraciones elevadas, especialmente elegidas (10^{-3} M de Mg^{++} y 10^{-3} M de F^{-}). Las dietas ricas en Ca disminuyen *in vivo* la absorción del flúor (y su toxicidad), pero no hay ninguna relación análoga con el P.

2.3.4 *Edad, desarrollo y crecimiento*

Cada vez existen más pruebas de que no se produce ningún efecto sobre el desarrollo somático y psíquico de los niños que habitan en regiones donde el agua de bebida contiene la concentración óptima de flúor.²⁴ En varios estudios se ha demostrado que el desarrollo del esqueleto, tanto desde el punto de vista morfológico como del contenido mineral (edad del hueso y opacidad a los rayos X), así como el desarrollo, la calcificación y la erupción de los dientes se efectúan con toda normalidad. En los niños de una región europea en la que el agua de bebida contiene la concentración óptima en flúor se ha observado un retraso aparente en la erupción de los premolares permanentes, pero la realidad es que en la zona testigo, pobre en flúor, se produce una erupción prematura de dichos dientes debido a la extracción precoz de los molares afectados de caries.

En los animales de experimentación se retarda el crecimiento cuando ingieren diariamente grandes dosis de flúor. Sin embargo, en una gran serie de experimentos, que comprendió observaciones proseguidas durante cuatro años, no se ha observado ningún retraso en el crecimiento cuando la dieta lo contiene como máximo en una proporción de 100 partes por millón.²⁵ Las dosis óptimas de flúor no perturban la consolidación normal de las fracturas óseas.

A una misma dosis diaria de flúor, los individuos muy jóvenes lo retienen en mayor cantidad en su sistema óseo que los niños de mayor

edad o los adultos. La fijación en el esqueleto prosigue durante toda la vida, aunque la ingestión de flúor sea escasa.

2.4 Acción del flúor sobre los distintos órganos

2.4.1 Tejidos duros

El esqueleto es el único lugar donde se acumula el flúor. En el caso de individuos jóvenes o en experimentos de poca duración, la fracción fijada mediante este importante mecanismo puede llegar a ser de 1/5 o incluso de 1/2 de la cantidad ingerida diariamente.^{33, 48} Sin embargo, cuando la administración se prosigue largo tiempo, se llega a un equilibrio, almacenando fracciones mucho menores. El mecanismo de fijación consiste en un intercambio con el grupo hidroxilo del apatito de los huesos,³⁷ produciendo lo que podría llamarse un apatito mixto, que realiza las mismas funciones que el hidroxiapatito. El flúor acumulado puede movilizarse o por intercambio con iones hidroxilo, proceso relativamente rápido, o bien por reorganización osteoblástica u osteoclástica, proceso tan lento que se requiere por lo menos un año para la movilización de la mitad del flúor fijado.^{25, 29, 44} La capacidad del esqueleto para retener el flúor es extraordinaria. Suponiendo que durante los 70 años de su vida un individuo consumiese agua con 1 mg/l de flúor, y que todo el flúor se acumulase en el esqueleto, menos de la cuarta parte del hidroxiapatito se habría convertido en fluorapatito. En animales a los que se han administrado fluoruros, se han observado grandes concentraciones de flúor en la materia mineral de los huesos sin advertirse síntomas de anormalidad.

La capacidad del esqueleto para almacenar el flúor sin que se produzcan alteraciones estructurales patentes tiene ciertos límites. Cuando se ingieren diariamente grandes cantidades de flúor durante largo tiempo, pueden originarse los tres cuadros clínicos siguientes, enumerados según las dosis decrecientes de flúor que los provocan: la fluorosis anquilosante, la osteosclerosis asintomática y el esmalte moteado.

2.4.1.1 Fluorosis anquilosante. En algunos casos raros de intoxicación por fluoruros en la industria (tanto en el hombre como en los animales), o cuando el agua contiene una gran concentración de fluoruros naturales, y sobre todo en los grupos de población desnutridos o malnutridos, puede presentarse la enfermedad llamada fluorosis anquilosante. Para ello se necesita una ingestión de fluoruros de 20 a 80 mg diarios o más durante periodos de 10 a 20 años.⁴² La enfermedad se caracteriza por osteosclerosis grave, zonas recientes de osteoporosis, exóstosis y calcificación de ciertos ligamentos, en especial los ligamentos vertebrales comunes (lo que produce la llamada « espalda rígida ») y los de la pelvis. La movilidad de las articulaciones disminuye hasta el punto de que no pueden efectuarse los trabajos habituales más sencillos.

2.4.1.2 *Osteosclerosis asintomática.* Las personas adultas que ingieren (o absorben por otras vías) menores cantidades de flúor que en el caso anterior, pero todavía suficientes para que la excreción urinaria sea superior a 5 mg/l al día, pueden presentar al cabo de 5 a 10 años un aumento asintomático en la opacidad de ciertos huesos a los rayos X, fenómeno llamado osteosclerosis. Las alteraciones se observan con frecuencia en primer lugar en las vértebras sacras, pero pueden terminar por afectar a otros huesos, por ejemplo, los huesos largos, la pelvis, etc. Esas modificaciones radiográficas no van acompañadas de anomalías funcionales. La concentración de 8 mg/l de flúor en el agua de bebida (como sucede, por ejemplo, en Bartlett, Tex., Estados Unidos) constituye aproximadamente el umbral para la producción de la osteosclerosis; 14 de las 113 personas examinadas en esa ciudad presentaban alteraciones óseas de tal clase. En las numerosas experiencias hechas en animales, en las que se emplearon exámenes por rayos X, no se ha logrado provocar osteosclerosis con una dieta, administrada durante 4 años, que contenía 50 partes por millón de flúor.²⁵

2.4.1.3 *Esmalte moteado.* Esta conocida enfermedad, llamada también fluorosis dental crónica, aparece cuando el agua de bebida contiene 2 mg/l o más de flúor y se consume durante los 8 años primeros de la vida.

El moteado es síntoma de una anomalía en la formación del esmalte. El moteado de intensidad mediana se caracteriza por una decoloración desagradable, y el moteado de intensidad acusada por la presencia de depresiones e irregularidades en la superficie del esmalte. La frecuencia y el grado de la afección aumentan con la concentración de flúor en el agua potable.⁹ Por lo general sólo son atacados los dientes permanentes, pero, en las regiones en que el agua contiene concentraciones excepcionalmente grandes de fluoruros, se presenta también el moteado en los dientes de leche. Los dientes no pueden adquirir el moteado después de su erupción. La acción química intensa de grandes dosis de fluoruros que perturben el desarrollo normal puede afectar tanto al esmalte como a la dentina.

No se ha dado la debida importancia al hecho de que los niños que consumen agua con 1,0 - 1,5 mg/l de flúor poseen los dientes bien formados, con estrías poco profundas y cúspides bien redondeadas. Tales dientes son superiores desde el punto de vista estético, y más resistentes a las caries, que los de los niños que consumen agua exenta de fluoruros o que sólo los contienen en pequeñísimas cantidades. Se desconoce el mecanismo de la acción beneficiosa que el flúor ejerce sobre la dentadura. Se puede establecer una hipótesis admisible partiendo de los siguientes hechos: a) el flúor disminuye la solubilidad de la sustancia mineral de los dientes, b) el flúor, en concentraciones suficientes, inhibe el metabolismo bacteriano, y c) el flúor puede acumularse en el estrato exterior del esmalte, lo que hace disminuir la solubilidad de éste, y aumentar, probablemente, la

concentración local de flúor en la capa de líquido que entra en contacto con el esmalte.

2.4.2 *Riñón*

Los estudios histológicos realizados en animales a los que se han administrado grandes dosis de fluoruros durante corto tiempo han demostrado que el riñón es el órgano más expuesto a las lesiones tisulares. Se han descrito cambios microscópicos bien definidos con dietas que contenían flúor en proporción de 200 partes por millón.⁴¹ En estudios de duración relativamente breve se han observado alteraciones macroscópicas y funcionales cuando el agua de bebida contenía 50 mg/l. También se ha descrito un cuadro histológico característico de lesiones y necrosis de las células epiteliales de los tubos (según la dosis de flúor).

Las lesiones renales evidentes que producen las grandes dosis de flúor han suscitado la atención de los investigadores hacia el estado de los enfermos del riñón que consumían agua fluorurada, sin que haya podido demostrarse que el agua fluorurada agrave la dolencia renal preexistente. La excreción urinaria de flúor en los niños y personas de edad avanzada que padecen alguna enfermedad renal está comprendida dentro de los límites normales.

En los casos graves de insuficiencia renal se ha observado que disminuye la excreción urinaria de flúor. Cualquier disminución en la velocidad normal de eliminación del flúor por la orina produce un aumento en la fracción de ese elemento que se deposita en el esqueleto, lo que repercute a su vez sobre el contenido en flúor de la orina. En las últimas fases de la nefritis, el paciente puede sucumbir a la intoxicación urémica y a la insuficiencia renal, pero la retención de fluoruros nunca llega a poner en peligro la vida.

2.4.3 *Glándula tiroides*

La acción que puedan ejercer los fluoruros sobre la glándula tiroides presenta particular interés en los países donde existe el bocio endémico ;¹⁴ es la capacidad del flúor de desalojar al yodo en ciertas reacciones químicas lo que quizá haya estimulado los estudios sobre este aspecto del problema. Aunque se ha demostrado categóricamente que ese sencillo concepto no se aplica a las reacciones de ioduración del metabolismo tiroideo — al menos cuando se trata de una proporción de flúor inferior a 50 partes por millón en la ración diaria —, el interés por la relación entre el flúor y el tiroides se renovó al conocer las propiedades de los derivados fluorados de la tiroxina. Como es sabido, la difluorotiroxina reduce la intensidad del síndrome de Basedow. Sin embargo, este efecto no se puede atribuir al flúor, sino a la molécula orgánica fluorada.

Otros hechos parecían indicar a primera vista la existencia de un antagonismo entre el flúor y el yodo : las regiones ricas en flúor pueden

ser pobres en iodo; las vacas que consumen una dieta rica en flúor lo acumulan en la glándula tiroides; la reabsorción del flúor en el riñón disminuye la reabsorción del iodo; el tejido tiroideo de la rata contiene una cantidad de flúor superior a la que se encuentra en otros tejidos blandos. Por otra parte, toda una serie de observaciones encaminadas a esclarecer ese punto concreto demostró que las concentraciones de flúor óptimas para la prevención de la caries no producen trastornos funcionales ni lesiones orgánicas del tiroides. Se ha demostrado experimentalmente que una dosis diaria de 1-2 mg de flúor no produce ningún efecto perjudicial sobre el tiroides. La intoxicación crónica por el flúor no influye sobre la acumulación del iodo en el tiroides y no altera el paso de este elemento a través de las células y la sustancia coloide de la glándula, ni la concentración de la hormona tiroidea en el plasma sanguíneo. En Suiza, donde existe el bocio endémico, los investigadores médicos han prestado gran atención a la relación entre el flúor y la función tiroidea, sin que los reconocimientos clínicos de niños a los que se han administrado tabletas de fluoruro sódico (1 mg de flúor al día) durante unos dos años permitiesen descubrir ninguna alteración clínica ni funcional de su tiroides. En una localidad se combatió eficazmente el bocio con cloruro sódico iodurado (5 mg de ioduro potásico por kg de sal de cocina), a pesar de que el agua en estado natural contenía 1,4 mg/l de flúor.

De los resultados obtenidos en numerosos experimentos sobre animales se ha deducido que no se produce ninguna alteración en la estructura ni en la función del tiroides cuando se ingiere una dieta que contiene flúor en proporción de 50 partes por millón.

2.4.4 *Piel y sus anejos*

Los efectos tóxicos de las grandes dosis de flúor sobre la piel, el pelo y las uñas hicieron temer que tales alteraciones pudieran producirse también al consumir agua fluorurada. Sin embargo, el reconocimiento sistemático de los niños hecho en el estudio de Newburgh demostró que las estructuras epiteliales conservaban su estado completamente normal.

Informes de distintos orígenes indican que los tejidos blandos de la boca y las estructuras de soporte del diente no son afectados por el agua de bebida que contenga 1 mg/l de flúor. Las encías, el hueso alveolar subyacente y el ligamento alveolodentario no presentan ninguna alteración morfológica o funcional en comparación con los de las personas que viven en regiones donde el agua potable carece casi por completo de flúor.

2.5 Estudios sanitarios

La prueba más convincente de la inocuidad de la fluoruración del agua se deduce de la existencia de numerosos grupos de población (tres millones de personas en los Estados Unidos y medio millón en Inglaterra)

que han consumido durante toda su vida, sin presentar trastornos específicos, agua naturalmente fluorurada con una concentración de 1 mg/l o más de flúor. El consumo de agua en esas poblaciones es completamente espontáneo, y en ellas ha habido, como en todas partes, niños sanos y enfermos, jóvenes vigorosos y personas débiles de edad avanzada, sin que los médicos de esas regiones hayan observado nunca alteraciones sistemáticas de la salud que puedan atribuirse al flúor ingerido (exceptuando el esmalte moteado en las regiones endémicas). Aún no se han efectuado ensayos epidemiológicos en gran escala. El detenido estudio pediátrico de gran amplitud efectuado en los niños de Newburgh-Kingston, N.Y. (Estados Unidos) y que comprendía observaciones sobre el crecimiento, el recuento globular de las series blanca y roja, el aspecto radiográfico de los huesos, etc., ha demostrado de modo convincente que los niños que consumen agua con 1 mg/l de flúor se conservan en estado de salud normal.^{24, 32, 45} La encuesta de Bartlett-Cameron, Tex. (Estados Unidos), proseguida durante 10 años sobre 168 individuos, no ha demostrado ningún efecto perjudicial para la salud debido al consumo de agua con 8 mg/l de flúor, aunque se encontró el esmalte moteado, y con menor frecuencia osteosclerosis.³¹ Las tasas de mortalidad y morbilidad son análogas en los grupos de población que consumen agua fluorurada y agua sin fluorurar. La mortalidad debida a cinco de las principales causas de defunción (cardiopatías, cáncer, accidentes cerebrales, nefritis y cirrosis hepática) fue igual en 32 pares de ciudades americanas, una de las ciudades del par con agua fluorurada y la otra con agua sin fluorurar.¹⁹

Los estudios realizados hasta la fecha no han permitido establecer ninguna relación entre los fluoruros y las alteraciones « artríticas » (artropatías) de los huesos.⁵⁰

En ninguno de los grupos de población que consumen agua natural o artificialmente fluorurada, se han registrado casos confirmados de alergia a los fluoruros.¹

La concordancia de todos esos resultados constituye una garantía suficiente de inocuidad; tal suma de testimonios no tiene precedentes en los anales sanitarios.

3. ASPECTOS DE INGENIERIA SANITARIA

La experiencia acumulada durante un periodo de doce años en más de 1500 colectividades ha demostrado que la adición de fluoruros a las aguas de abastecimiento es técnicamente semejante a otros procedimientos mecánicos usuales empleados en el tratamiento del agua. Los tipos de aparatos que se han construido para la adición de fluoruros, en forma sólida o en disolución, son análogos a los alimentadores que se emplean para otras sustancias químicas que se añaden al agua. Resultan adecuados

tanto los alimentadores volumétricos como los gravimétricos; la elección depende, principalmente, de la escala de las operaciones. El personal especializado en el tratamiento del agua conoce ya los detalles de los procedimientos operatorios o se familiariza rápidamente con ellos. La adición de fluoruros se ha efectuado con éxito en distintos tipos de instalaciones y según planes de tratamiento de distinta complejidad. Los compuestos de flúor empleados corrientemente son el fluoruro sódico, el fluosilicato sódico, el fluosilicato magnésico, el fluosilicato amónico y el ácido hidrofluosilícico. Se han hecho ensayos prometedores con fluoruro cálcico, empleando para favorecer su disolución un compuesto de alumbre, con objeto de reducir el coste actual, ya bastante moderado.

Al aplicar los fluoruros a un abastecimiento público de aguas hay que tomar diversas precauciones para la protección de la salud de los consumidores y de los operarios encargados del tratamiento. La índole de esas precauciones dependerá de las características locales de cada instalación, del tipo de derivado de flúor escogido y de la vigilancia que se pueda ejercer. Como las condiciones particulares son muy variadas, y las investigaciones y los adelantos efectuados permiten esperar que se introduzcan nuevos métodos de aplicación y comprobación, huelga hacer una descripción detallada de los métodos, procedimientos de comprobación, materiales y técnicas. Sin embargo, es conveniente enunciar algunas condiciones esenciales que puedan servir de base para el proyecto, el funcionamiento y la vigilancia de la instalación.

La dosis que se ha de aplicar está en relación con la concentración óptima del flúor, necesaria para la prevención de la caries dental, y dependerá de la cantidad de dicho elemento existente en el agua antes del tratamiento, así como del clima. En todo caso, la dosis de flúor en el agua de bebida deben determinarla, después de un detenido estudio, los funcionarios de sanidad competentes. La dosis especificada se refiere al contenido en flúor del agua suministrada a los consumidores.

Debe vigilarse cuidadosamente la exactitud de la dosificación de los fluoruros añadidos. El equipo alimentador ha de tener un dispositivo para regular automáticamente la cantidad de fluoruro según el caudal del agua en el punto de aplicación y no permitir desviaciones de más de 0,1 mg/l respecto de la dosis establecida. Además, el equipo ha de tener un eficaz dispositivo de protección que impida una dosificación excesiva del fluoruro en caso de avería en el mecanismo de alimentación. Como ejemplos de los riesgos de la operación pueden citarse el retroceso de la solución del fluoruro a una conducción de agua a presión negativa a través de una válvula de descarga defectuosa, o la continuación de la entrada del fluoruro una vez reducido o detenido el caudal de agua. La mayoría de las averías del equipo suelen producir una dosificación insuficiente, lo que debe procurarse evitarse por todos los medios si se quiere conseguir la principal finalidad de la fluoruración.

Se debe ejercer vigilancia sobre la fluoruración mediante inspecciones, tomas de muestras y análisis, frecuentes y regulares, procurando además que el personal esté debidamente adiestrado y dirigido. Es indispensable efectuar las comprobaciones adecuadas; por ejemplo, resulta imprescindible comparar la cantidad de producto químico consumida y el volumen total de agua tratada. La toma de muestras no ha de limitarse a determinados puntos de la instalación de fluoruración, sino extenderse también a las ramas más importantes del sistema de distribución.^{18, 52} El número de muestras y la frecuencia de su recogida deben estar en relación con la cantidad de agua tratada, para asegurar que dichas muestras reflejan verdaderamente la concentración que existe en el agua destinada al consumo. El método de laboratorio para la determinación analítica del flúor habrá de ser lo más exacto posible; el Grupo de Estudio de la OMS sobre Normas Internacionales para el Agua Potable ha recomendado el método descrito en la décima edición de *Standard Methods for the Examination of Water, Sewage, and Industrial Wastes*.² Deben tomarse precauciones para proteger a los operarios contra los riesgos de intoxicación inherentes al manejo de los compuestos fluorados.^{15, 36, 55, 61} Las medidas de protección comprenden, siempre que sea posible, el empleo de compuestos no pulverulentos, de caretas, guantes y vestidos protectores, de ventiladores y extractores, y de canales de descarga, tolvas y transportadores cerrados.

El proyecto de la instalación y la selección del equipo han de confiarse a un ingeniero competente y experimentado. Las comprobaciones de laboratorio deben efectuarse bajo la dirección de un químico especializado en análisis del agua. Todo el personal encargado de la instalación debe conocer perfectamente sus obligaciones, tanto para su propia protección como para asegurar un funcionamiento adecuado.

La elección del método y del compuesto fluorado que se han de emplear suele decidirse a base del precio de coste. Puesto que se realizan progresos constantes, gracias a los resultados de la experiencia y de la investigación, es conveniente prever no sólo la situación inmediata sino los posibles cambios que se introduzcan en los métodos para aumentar la exactitud y la economía. También es necesario considerar las posibilidades de adquisición y el coste del equipo y de los materiales en cada localidad, ya que varían mucho en los diferentes países y regiones.

4. OTROS METODOS DE ADMINISTRACION DE FLUORUROS

En el estado actual de la técnica, la fluoruración del agua de bebida está limitada a las regiones abastecidas por servicios de aguas en los que puede regularse la dosificación satisfactoria desde los puntos de vista

técnico y económico. Eso significa que grandes grupos de población, cuya magnitud depende del grado de desarrollo y urbanización de los distintos países, no pueden obtener las dosis profilácticas de flúor mediante el agua potable.

Las aplicaciones tópicas de compuestos de flúor pueden sustituir, en parte, al agua de bebida fluorurada, cuando no se dispone de esta última. La aplicación tópica se basó originariamente en la observación de que el esmalte dentario contiene más flúor en las regiones donde el agua contiene fluoruros en concentración elevada, y en el hecho de que el apatito del esmalte posee una gran afinidad para el ion flúor. Se ha comprobado que el tratamiento tópico con soluciones de fluoruros después de la limpieza y el secado de la superficie del esmalte reduce la frecuencia de la caries en distinto grado durante un periodo de varios años. Sin embargo, el coste del procedimiento en horas de trabajo de personal profesional es relativamente elevado, lo que limita su utilidad como medida sanitaria. Los resultados obtenidos con colutorios y dentífricos que contienen fluoruros han sido negativos la mayoría de las veces, pero se prosiguen los estudios sobre esos métodos.

En consecuencia, la aplicación tópica de fluoruros no puede sustituir a la fluoruración del agua de bebida. Por otra parte, ninguna de esas formas de aplicación excluye el uso simultáneo de otra, siempre que la aplicación tópica no signifique la deglución de cantidades tales de fluoruros que puedan conducir a una dosis total excesiva.

Se han propuesto varios vehículos para la administración sistemática de flúor en las regiones donde no puede realizarse la fluoruración del agua. Los más importantes parecen ser la leche, la sal de cocina y las tabletas de fluoruros, todos los cuales se están ensayando actualmente.^{21. 22. 58. 59} La leche podría ser un vehículo conveniente en los países donde los niños la consumen de un modo general, mientras que la sal sería recomendable en las regiones donde el consumo de leche es reducido o irregular.

Por el momento, la leche y la sal no se pueden comparar con el agua de bebida a los efectos de administración de fluoruros, debido a que se han realizado menos ensayos con ellas y, sobre todo, a que se carece de pruebas clínicas de su eficacia. Por lo que se refiere a las tabletas, se han conseguido algunos resultados positivos, si bien los experimentos se han realizado durante un tiempo mucho menor y en escala mucho más pequeña que con el agua de bebida fluorurada.

Debe impulsarse la prosecución de las investigaciones sobre esos métodos de fluoruración. Si se demostrase su eficacia, seguridad y facilidad de aplicación, resultarían muy útiles en las regiones en que es imposible efectuar la fluoruración del agua.

5. RESUMEN

1. La caries dental es una de las enfermedades más frecuentes y difundidas.

2. Los métodos actuales de tratamiento no permiten por sí solos combatir eficazmente la enfermedad.

3. De las numerosas medidas profilácticas que se conocen, la fluoruración del agua potable es la que ofrece mejores perspectivas.

4. Se ha demostrado que la fluoruración del agua como medida preventiva de la caries es eficaz, segura y fácil de aplicar.

5. Los estudios epidemiológicos efectuados, primeramente en las regiones donde el agua contiene fluoruros naturales y después en las que se han añadido artificialmente a las concentraciones óptimas, han demostrado que la concentración de 1 mg/l de flúor produce los máximos efectos beneficiosos.

6. Están ya en vías de ejecución en muchos países centenares de programas de fluoruración artificial vigilada. Algunos de ellos se aplican desde hace 12 años, de modo que las conclusiones obtenidas están basadas en una experiencia suficiente. Ninguna otra medida sanitaria se ha aplicado en sus etapas iniciales a base de una experiencia tan amplia en el tiempo y en el espacio.

7. En los veinte años últimos se han redactado más de 3000 informes sobre los efectos biológicos del flúor. Esta extensa bibliografía se refiere a todos los aspectos interesantes del problema.

8. Los fluoruros penetran en las células y cuando alcanzan en ellas una concentración suficiente inhiben ciertos enzimas, pero no se han encontrado indicios de que se produzcan inhibiciones enzimáticas en las personas que beben agua fluorurada a la concentración óptima para la salud dental.

9. La mayor parte del flúor absorbido por el organismo se excreta rápidamente, sobre todo por la orina; el resto se deposita en la sustancia mineral de los huesos y de los dientes.

10. Cuando se ingieren grandes cantidades de flúor durante largo tiempo (muchos años), el sistema óseo sufre ciertos cambios estructurales. Las manifestaciones clínicas se pueden clasificar como sigue: *a*) fluorosis anquilosante (dosis de 20 a 80 mg de flúor por día, o más, durante 10 a 20 años; alteraciones en la calcificación del hueso acompañadas de calcificación de los ligamentos); *b*) osteosclerosis asintomática (dosis que producen la excreción urinaria de más de 5 mg/l de flúor por día durante 5 a 10 años; calcificación excesiva de uno o varios huesos sin producir

ninguna alteración funcional), y c) esmalte moteado (ingestión de agua con 2-8 mg/l de flúor o más durante los primeros ocho años de vida; anomalía de la formación del esmalte que produce la decoloración de éste y, en los casos de intensidad acusada, una superficie irregular). Existe un margen de seguridad suficiente para garantizar la ausencia de tales alteraciones cuando se consume agua con 1 mg/l de flúor.

11. Las dosis tóxicas de fluoruros (50 veces mayores que las que se emplean en la fluoruración artificial del agua) producen lesiones en el riñón. No existe ninguna prueba de que aparezcan lesiones renales, o influencias desfavorables respecto de las enfermedades renales preexistentes, en las poblaciones que beben agua fluorurada con una concentración hasta de 5 mg/l.

12. No se ha demostrado ninguna relación entre la disfunción del tiroides y el consumo de agua que contenga fluoruros naturales. En los estudios hechos en animales, la administración de dosis diarias superiores a 50 partes por millón de flúor en la dieta produce alteraciones estructurales y funcionales del tiroides. En los seres humanos, el consumo de agua con 1-5 mg/l de flúor no produce ningún efecto apreciable sobre el tiroides.

13. El crecimiento y el desarrollo, tanto somáticos como psíquicos, son normales en los niños que beben agua con 1 mg/l de flúor.

14. La formación de los dientes, su resistencia a la caries y su aspecto mejoran cuando el agua de bebida contiene concentraciones óptimas de fluoruros.

15. Más de tres millones de personas en los Estados Unidos, más de medio millón en Inglaterra, y grandes grupos de población en otros países, vienen consumiendo durante toda su vida agua que contiene al menos 1 mg/l de flúor. Las tasas de mortalidad y de morbilidad correspondientes a cinco de las principales causas de defunción son semejantes en las ciudades de los Estados Unidos que poseen servicios públicos de aguas fluoruradas y sin fluorurar. No se ha comprobado ninguna relación entre la ingestión de fluoruros y las lesiones «artríticas» del esqueleto. Tampoco se ha descrito ningún caso confirmado de alergia al agua que contenga flúor en proporción de 1 mg/l.

16. Se ha comprobado que la adición de fluoruros a las aguas de abastecimiento público es técnicamente semejante a otros procedimientos mecánicos usuales empleados en el tratamiento del agua. Existen equipos adecuados para la fluoruración, se dispone de métodos analíticos eficaces y se han establecido las medidas de precaución convenientes.

17. En la actualidad no existe ningún otro vehículo ni se conoce ninguna otra técnica para la aplicación profiláctica de fluoruros que puedan sustituir a la fluoruración del agua de bebida como medida sanitaria. Sin embargo, debe estimularse la investigación de otros vehículos y de

mejores métodos para la aplicación tópica de fluoruros en los lugares donde no pueda emplearse la fluoruración del agua.

6. CONCLUSIONES

1. El agua potable con 1 mg/l de flúor posee una notable acción preventiva contra la caries. La protección es máxima cuando tal agua se consume durante toda la vida.
2. No existen pruebas de que el agua con esa concentración de flúor altere el estado general de salud.
3. La fluoruración artificial del agua de bebida es una medida sanitaria eficaz y practicable.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Abelson, J. H. (1948) A case of hypersensitivity to sodium fluoride in a dentist. *Fortn. Rev. Chicago dent. Soc.*, **16**, 6
2. American Public Health Association (1955) *Standard methods for the examination of water, sewage, and industrial wastes*, 10th ed., New York, N.Y.
3. Arnold, F. A., jr, et al. (1956) Effect of fluoridated public water supplies on dental caries prevalence. *Publ. Hlth Rep. (Wash.)*, **71**, 652
4. Ast, D. B: et al. (1956) Newburgh-Kingston caries-fluorine study. XIV. Combined clinical and roentgenographic dental findings after ten years of fluoride experience. *J. Amer. dent. Ass.*, **52**, 314
5. Bone and Tooth Society, London (1955) [Extracto del Simposio sobre Fluorosis celebrado en el Institute of Orthopaedics, Londres, 20 de enero de 1955]. *Brit. dent. J.*, **98**, 177
6. Chen, P. S., jr, et al. (1956) Renal clearance of fluoride. *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **92**, 879
7. Churchill, H. V. (1931) Occurrence of fluorides in some waters of the United States. *Industr. Engng Chem.*, **23**, 996
8. Davies, G. N. (1957) An independent assessment of the results of the Newburgh-Kingston fluoridation study. *N.Z. dent. J.*, **53**, 17
9. Dean, H. T. (1942) *The investigation of physiological effects by the epidemiological method*. In: Moulton, F. R., ed., *Fluorine and dental health*, Washington, D.C., p. 23 (Publicación de la American Association for the Advancement of Science No. 19)
10. Dean, H.T. (1954) Fluorine in the control of dental caries: some aspects of the epidemiology of the fluorine-dental caries relationship. *Int. dent. J.*, **4**, 311

11. Dean, H. T., Arnold, F. A., jr, & Elvove, E. (1942) Domestic water and dental caries. V. Additional studies of the relation of fluoride domestic waters to dental caries experience in 4,425 white children, aged 12 to 14 years, of 13 cities in 4 States. *Publ. Hlth Rep. (Wash.)*, **57**, 1155
12. Dean, H. T. et al. (1941) Domestic water and dental caries. I. A dental caries study, including *L. acidophilus* estimations, of a population severely affected by mottled enamel and which for the past 12 years has used a fluoride-free water. *Publ. Hlth Rep. (Wash.)*, **56**, 365
13. Dean, H. T. et al. (1941) Domestic water and dental caries. II. A study of 2,832 white children, aged 12-14 years, of 8 suburban Chicago communities, including *Lactobacillus acidophilus* studies of 1,761 children. *Publ. Hlth Rep. (Wash.)*, **56**, 761
14. Demole, V. (1951) Iode, fluor, thyroïde chez les écoliers en Suisse. *Bull. schweiz. Akad. med. Wiss.*, **7**, 430
15. Dust control procedures in the fluoridation of public water supplies in New York State. *Monthly Rev. Div. industr. Hyg. N.Y.*, 1953, **32**, 21, 27
16. Feldman, I., Morken, D. & Hodge, H. C. (1957) The state of fluoride in drinking water. *J. dent. Res.*, **36**, 192
17. Forrest, J. R. (1956) Caries incidence and enamel defects in areas with different levels of fluoride in the drinking water. *Brit. dent. J.*, **100**, 195
18. Gidley, H. K. & Millar, J. H. (1955) West Virginia fluoridation control tests. *J. Amer. Wat. Wks Ass.*, **47**, 257
19. Hagan, T. L., Pasternack, M. & Scholz, G. C. (1954) Waterborne fluorides and mortality. *Publ. Hlth Rep. (Wash.)*, **69**, 450
20. Hein, J. W. et al. (1956) Distribution in the soft tissue of the rat of radioactive fluoride administered as sodium fluoride. *Nature (Lond.)*, **178**, 1295
21. Held, A.-J. & Piguët, F. (1954) Prophylaxie de la carie dentaire par les comprimés fluorés : premiers résultats. *Bull. schweiz. Akad. med. Wiss.*, **10**, 249
22. Held, A.-J. & Piguët, F. (1956) Prophylaxie de la carie dentaire par les comprimés fluorés. *Bull. schweiz. Akad. med. Wiss.*, **12**, 453
23. Held, H. R. (1952) Der Durchtritt des Fluors durch die Placenta und sein Übertritt in die Milch. *Schweiz. med. Wschr.*, **82**, 297
24. Hilleboe, H. E. et al. (1956) History of the Newburgh-Kingston caries-fluorine study. *J. Amer. dent. Ass.*, **52**, 291
25. Hodge, H. C. & Smith, F. A. (1954) *Some public health aspects of water fluoridation*. In : Shaw, J. H., ed., *Fluoridation as a public health measure*, Washington, D.C., p. 79 (Publicación de la American Association for the Advancement of Science)
26. Hurme, V. O. (1949) Developmental opacities of teeth in a New England community : their relation to fluorine toxicosis. *Amer. J. Dis. Child.*, **77**, 61
27. Hutton, W. L., Linscott, B. W. & Williams, D. B. (1951) The Brantford fluorine experiment : interim report after five years of water fluoridation. *Canad. J. publ. Hlth*, **42**, 81
28. Hutton, W. L., Linscott, B. W. & Williams, D. B. (1956) Final report of local studies on water fluoridation in Brantford. *Canad. J. publ. Hlth*, **47**, 89
29. Largent, E. J. (1952) Rates of elimination of fluorides stored in the tissues of man. *Arch. industr. Hyg.*, **6**, 37
30. Largent, E. J. (1954) *Metabolism of inorganic fluorides*. In : Shaw, J. H., ed., *Fluoridation as a public health measure*, Washington, D.C., p. 49 (Publicación de la American Association for the Advancement of Science)

31. Leone, N. C. et al. (1955) Review of the Bartlett-Cameron survey: a ten year fluorine study. *J. Amer. dent. Ass.*, **50**, 277
32. McCauley, H. B. & McClure, F. J. (1954) Effect of fluoride in drinking water on the osseous development of the hand and wrist in children. *Publ. Hlth Rep. (Wash.)*, **69**, 671
33. McClure, F. J. (1946) *Nondental physiological effects of trace quantities of fluorine*. In: Moulton, F. R., ed., *Dental caries and fluorine*, Washington, D.C., p. 74 (Publicación de la American Association for the Advancement of Science)
34. McClure, F. J. et al. (1945) Balances of fluorine ingested from various sources in food and water by five young men; excretion of fluorine through the skin. *J. industr. Hyg.*, **27**, 159
35. Moulton, F. R., ed. (1946) *Dental caries and fluorine*, Washington, D.C. (Publicación de la American Association for the Advancement of Science)
36. Muegge, O. J. (1954) *Engineering aspects of fluoridation installation*. In: Shaw, J. H., ed., *Fluoridation as a public health measure*, Washington, D.C., p. 193 (Publicación de la American Association for the Advancement of Science)
37. Neuman, W. F. et al. (1950) The surface chemistry of bone. II. Fluoride deposition. *J. biol. Chem.*, **187**, 655
38. Ockerse, T. (1944) *Endemic fluorosis in South Africa*, Pretoria (Tesis, Universidad del Witwatersrand). Resumen en *Bull. Hyg. (Lond.)*, 1945, **20**, 20
39. Ockerse, T. (1944) *Report on the incidence of dental caries among school children in South Africa*, Pretoria (Union of South Africa, Department of Public Health). Resumen en *Bull. Hyg. (Lond.)*, 1945, **20**, 21
40. Perkinson, J. D., jr, et al. (1955) Metabolism of fluorine 18 in domestic animals. *Amer. J. Physiol.*, **182**, 383
41. Pindborg, J. J. (1957) The effect of 0.05 per cent dietary sodium fluoride on the rat kidney. *Acta pharmacol. (Kbh.)*, **13**, 36
42. Roholm, K. (1937) *Fluorine intoxication: a clinical-hygienic study, with a review of the literature and some experimental investigations*, London
43. Russell, A. L. & Elvove, E. (1951) Domestic water and dental caries. VII. A study of the fluoride-dental caries relationship in an adult population. *Publ. Hlth Rep. (Wash.)*, **66**, 1389
44. Savchuck, W. B. & Armstrong, W. D. (1951) Metabolic turnover of fluoride by the skeleton of the rat. *J. biol. Chem.*, **193**, 575
45. Schlesinger, E. R. et al. (1956) Newburgh-Kingston caries-fluorine study. XIII. Pediatric findings after ten years. *J. Amer. dent. Ass.*, **52**, 296
46. Sebrell, W. H. et al. (1933) Changes in the teeth of white rats given water from a mottled enamel area compared with those produced by water containing sodium fluoride. *Publ. Hlth Rep. (Wash.)*, **48**, 437
47. Smith, F. A., Gardner, D. E. & Hodge, H. C. (1950) Investigations on the metabolism of fluoride. II. Fluoride content of blood and urine as a function of the fluorine in drinking water. *J. dent. Res.*, **29**, 596
48. Smith, F. A., Gardner, D. E. & Hodge, H. C. (1953) Age increase in fluoride content in human bone. *Fed. Proc.*, **12**, 368
49. Smith, M. C., Lantz, E. M. & Smith, H. V. (1931) The cause of mottled enamel, a defect of human teeth. *Science*, **74**, 244
50. Steinberg, C. L. et al. (1955) Comparison of rheumatoid (ankylosing) spondylitis and crippling fluorosis. *Ann. rheum. Dis.*, **14**, 378

51. Syrrist, A. (1951) Kariesforholdene i Valle Herrod, Setesdalen (En reundersøkelse). *Odont. Fören. T.*, **58**, 523
 52. Taylor, F. B., sr (1954) Engineering aspects of water fluoridation. *Publ. Hlth News (Trenton, N.J.)*, **35**, 24
 53. United States Public Health Service, Division of Dental Public Health (1957) Status of controlled fluoridation in the United States, 1945-56. *Publ. Hlth Rep. (Wash.)*, **72**, 464
 54. Van Burkalow, A. (1946) Fluorine in United States water supplies. *Geogr. Rev.*, **36**, 177
 55. Venable, F. S. (19—) *An investigation of the health hazard associated with the handling of sodium fluoride at a Texas municipal water plant*, Austin, Tex. (Texas State Department of Health, Bureau of Sanitary Engineering)
 56. Wallace-Durbin, P. (1954) The metabolism of fluorine in the rat using F¹⁸ as a tracer. *J. dent. Res.*, **33**, 789
 57. Weaver, R. (1944) Fluorine and dental caries: further investigations on Tyneside and in Sunderland. *Brit. dent. J.*, **77**, 185
 58. Wespi, H. (1956) *Fluor-Vollsalz zur Kropf- und Cariesbekämpfung*, Basel
 59. Ziegler, E. (1956) Über die Milchfluorierung. *Bull. schweiz. Akad. med. Wiss.*, **12**, 466
 60. Zimmermann, E. R. (1954) Fluoride and nonfluoride enamel opacities. *Publ. Hlth Rep. (Wash.)*, **69**, 1115
 61. Zufelt, J. C. (1950) Fluorides in air of water plant feeding sodium fluoride. *Wat. Sewage Wks*, **97**, 335
-

Anexo**LISTA DE LOS DOCUMENTOS DISTRIBUIDOS ***

WHO/DH/2	Premiers résultats de la fluoruration des eaux au Brésil, por P. da Silva Freire
WHO/DH/3	Répartition géographique des fluorures naturellement présents dans l'eau, por H. Trendley Dean
WHO/DH/4	Innocuité de la fluoruration de l'eau, por H. C. Hodge
WHO/DH/5	Problèmes techniques concernant les installations de fluoruration, por F. J. Maier
WHO/DH/6 Rev. 1	Projets de fluoruration de l'eau au Royaume-Uni, por J. R. Forrest
WHO/DH/7	Le fluor et la protection des dents : bref historique de la question, por F. A. Arnold
WHO/DH/8	La lenteur du public et des milieux professionnels à accepter la fluoruration de l'eau : une tentative d'explication, por C. A. Metzner
WHO/DH/9	Métabolisme des composés inorganiques du fluor, por A. J. Held
WHO/DH/10	Données récentes sur les effets physiologiques de petites doses de fluor, por Y. Ericsson
WHO/DH/11	Effets de la fluoruration sur les dents, por J. W. Knutson
WHO/DH/12	Références bibliographiques relatives à la fluoruration, por H. C. Hodge
WHO/DH/13	La fluoruration des eaux au Brésil et dans d'autres pays de l'Amérique latine, por P. da Silva Freire
WHO/DH/14	Recherches effectuées dans l'Inde sur les eaux renfermant des fluorures, por K. L. Shourie
WHO/DH/15	Effets physiologiques de faibles doses de fluor, por Y. Ericsson

* Pueden obtenerse ejemplares de estos documentos, que existen también en inglés, pidiéndolos a la OMS.