

IQEN

INFORME QUINCENAL
EPIDEMIOLÓGICO NACIONAL

Volumen 23 número 16 - Bogotá, D.C. - 31 de agosto de 2018

Evaluación de la exposición a flúor por ingesta de agua potable en la población colombiana, 2016 209

Ministro de Salud y Protección Social

Juan Pablo Uribe Restrepo

Directora General Instituto Nacional de Salud

Martha Lucía Ospina Martínez

Director de Vigilancia y Análisis del Riesgo en Salud Pública

Franklyn Edwin Prieto Alvarado

Comité Editorial

Franklyn Edwin Prieto

Oscar Eduardo Pacheco

Pilar Zambrano

Cecilia Saad

Luis Fernando Fuertes

Paola Elena León

Diseño y Diagramación

Alexander Casas Castro

Dirección de Vigilancia y Análisis del Riesgo en Salud Pública, INS

Instituto Nacional de Salud

Avenida calle 26 n.º 51-20

Bogotá, D.C., Colombia

El Informe Quincenal Epidemiológico Nacional (IQEN) es una publicación de la Dirección de Epidemiología y Demografía del Ministerio de Salud y Protección Social y de la Dirección de Vigilancia y Análisis del Riesgo en Salud Pública del Instituto Nacional de Salud.

Los datos y análisis pueden estar sujetos a cambio. Las contribuciones enviadas por los autores son de su exclusiva responsabilidad, y todas deberán ceñirse a las normas y principios éticos nacionales e internacionales.

El comité editorial del IQEN agradece el envío de sus contribuciones a la Dirección de Vigilancia y Análisis del Riesgo en Salud Pública del Instituto Nacional de Salud; mayor información en el teléfono 220 77 00, extensiones 1382, 1486.

Cualquier información contenida en el IQEN es de dominio público y puede ser citada o reproducida mencionando la fuente.

Cita sugerida:

Muñoz Lozada C. M., Cortés Molano N. P., Perdomo Ospina D. C., González Sarmiento N. F., Parra Piza S. M. Certificación de personas en salud pública, Colombia, 2017; 23 (13):164 -176 Disponible en: <http://www.ins.gov.co/buscador-eventos/IQEN/IQEN%20vol%2023%202018%20num%2013.pdf>

Evaluación de la exposición a flúor por ingesta de agua potable en la población colombiana, 2016

Andrea del Pilar Mojica Cortés¹
Jaime Alberto Guerrero Montilla¹
Claudia Jimena Álvarez Álvarez¹

Resumen

Introducción: la utilización terapéutica del flúor para reducir morbilidad oral es conocida; sin embargo, su ingesta excesiva está asociada a fluorosis dental y esquelética, razón para evaluar el riesgo en salud por ingesta de flúor vehiculizado por agua en la población colombiana.

Metodología: estudio descriptivo retrospectivo con enfoque de riesgo con información antropométrica de ENSIN - 2005, parámetros de consumo de agua de la OMS y concentraciones de flúor en agua de SIVICAP 2012-2016. Se estimó la exposición en niños (0-11 años), adolescentes (12-17 años) adultos (>18 años) en @RISK (V.5.5). El modelo matemático de probabilidades basado en la simulación de Montecarlo consideró las variables de consumo de agua (l/día), concentración del contaminante (mg/l) y peso corporal (kg). Se calculó el coeficiente de peligrosidad para contrastar las exposiciones obtenidas por cada

grupo de edad con la dosis de referencia para flúor en fluorosis dental.

Resultados: se identificó riesgo de fluorosis dental por consumo de agua en niños de diferentes departamentos: Guainía (195/1000), Meta (118/1000), Tolima (87/1000). La exposición en niños se encontró en un intervalo de 0,0025 a 0,25 mg/kg pc/día. En adolescentes y adultos el intervalo fue de 0,001 a 0,30 mg/kg pc/día.

Conclusiones: se debe monitorizar el flúor en alimentos que generen riesgo para la salud pública por medio de medidas sanitarias que regulen su consumo según estándares de exposición, evitando sobrepasar los límites máximos establecidos por la normatividad vigente. Es importante fortalecer la vigilancia centinela de la exposición a flúor en agua para consumo humano en los departamentos de Guainía, Meta y Tolima.

Palabras clave: Flúor, agua, ingesta diaria admisible, evaluación de riesgo, Colombia

¹ Grupo de Evaluación de Riesgos en Inocuidad de Alimentos (ERIA) y Plaguicidas, Subdirección de Análisis del Riesgo y Respuesta Inmediata, Dirección de Vigilancia y Análisis de Riesgo en Salud Pública, Instituto Nacional de Salud, Bogotá, Colombia.

Introducción

El flúor puede ser liberado al ambiente (atmósfera, agua, suelo) por actividades antropogénicas o por fenómenos de la naturaleza. La principal fuente natural de liberación de fluoruro de hidrógeno al ambiente son los volcanes. Estas emisiones se encuentran estimadas en un rango entre 0,6 a 6 millones de toneladas métricas al año (1). En la atmósfera, el fluoruro de hidrógeno gaseoso puede ser absorbido por el agua atmosférica (lluvia, nubes, niebla y nieve), formando un aerosol o niebla de ácido fluorhídrico. Este se remueve de la atmósfera por deposición seca. Los fluoruros que se encuentran en el material particulado son removidos de forma similar desde la atmósfera y depositados en el suelo o en la superficie del agua, por deposición seca o húmeda (2). La liberación de fluoruro a fuentes naturales de agua se produce por la esorrentía a partir del desgaste de las rocas y suelos que contienen fluoruro, y por la lixiviación de fluoruros desde el suelo a aguas subterráneas. La lixiviación de fluoruros provenientes de rocas ígneas alcalinas, dolomita, roca fosfórica y vidrios volcánicos puede producir aguas con altos niveles de fluoruro (3).

Las principales fuentes antropogénicas de flúor con emisión al ambiente ocurren a través de la industria siderúrgica y por la producción de energía eléctrica con carbón, ya que el carbón contiene naturalmente impurezas como fluoruros, que son liberados principalmente como fluoruro de hidrógeno durante la combustión (3).

Una vez el flúor llega a las aguas naturales, éste se ioniza (iones fluoruro) formando complejos con aluminio acorde al pH del agua. De tal manera que, en un pH por debajo de 5, el flúor es completamente acompañado con aluminio, y por lo tanto, la concentración del ion F^- es baja. Al incrementar el pH se produce el complejo $Al-OH$ el cual domina sobre la formación del complejo $Al-F$ y el nivel del ion F^- se incrementa (4). Cuando las concentraciones de aluminio son muy ba-

jas para formar los complejos, los fluoruros disueltos usualmente están presentes como F^- libre. Cuando el pH es bajo, estos iones se unen con grupos H^+ formando complejos HF^{-2} (5).

La mayoría de los efectos adversos en la salud que se presentan por ingestión vía oral del flúor, han sido establecidos por medio de experimentación animal, de esta manera se ha identificado que ratones B6C3F1 machos y hembras, presentaron mineralización del miocardio con exposición a fluoruro de 67-71 mg/kg/día administrado durante seis meses como fluoruro sódico en agua potable. En este mismo tipo de ratones también se encontró que las células de hígado se habían agrandado por exposiciones de 33-36 o 67-71 mg fluoruro/kg/día, administrado por seis meses como fluoruro sódico en agua potable (6). La afectación del sistema hematopoyético fue evidenciada por la disminución en el recuento de glóbulos rojos en ratones que tuvieron una exposición de 5,2 mg de fluoruro/kg de peso corporal (7). Los efectos de neuro-toxicidad en ratones se han observado por medio del decrecimiento de la actividad motora por exposición a 9 mg/fluoruro/kg/día como fluoruro de sodio por dos meses (8). En otro estudio se detectaron alteraciones del comportamiento de ratas hembras expuestas, tales como hiperactividad y déficit cognitivo, con una exposición de 7,5 mg fluoruro/kg/día a través de fluoruro de sodio administrado en el agua potable por seis semanas (9).

Otra especie animal empleada para realizar estudios de toxicidad del flúor son los conejos, en los que se han observado alteraciones histológicas en el miocardio (10), y decrecimiento del conteo de células sanguíneas, incluyendo hemoglobina, por exposición a 4,52 mg fluoruro/kg/día, durante un año (11).

Estudios en poblaciones de humanos han evidenciado la afectación del sistema musculoesquelético prin-

principalmente respecto a dos efectos adversos para la salud: fluorosis dental y fluorosis esquelética; con respecto a fluorosis dental, se cuenta con reportes a nivel internacional y nacional. Uno de los principales reportes internacionales corresponde a un meta-análisis que incluye 88 estudios realizados por McDonagh en el año 2000. Se determinó una relación de respuesta relacionada con la dosis entre los niveles de fluoruro en el agua potable y la prevalencia de fluorosis dental en una concentración de fluoruro de agua de 1 ppm. La prevalencia estimada de fluorosis dental fue del 48 % (IC 95% de 40–57 %) y la prevalencia de fluorosis de preocupación estética correspondió al 12,5 % (IC 95% de 7,0-21,5 %).

En un estudio con 116 personas que vivían en un área con promedio de consumo de 8 ppm de fluoruro en el agua potable, con exposición por lo menos durante 15 años, se estimó una incidencia del 10 al 15 % de cambios óseos relacionados con el elevado consumo de fluoruro (12). En 1993 se encontró que la fluorosis esquelética ocurría 10 años después del inicio del aumento del consumo de fluoruro, para este estudio, la concentración promedio en agua fue de 9,2 ppm de fluoruro y el consumo diario de agua fue de 4,6 l/día (42 mg de fluoruro/día). Después de 20 años de exposición, la prevalencia de fluorosis esquelética fue del 100 % (13). Cuatro años más tarde en India, se examinó la prevalencia de fluorosis esquelética en los residentes de 15 aldeas (14). Se encontró que con 1,4 ppm de fluoruro en el agua potable, la prevalencia de fluorosis esquelética fue de 4,4 % y con 6 ppm la prevalencia fue del 63 %.

En Colombia se han realizado estudios en varios departamentos del país para establecer la prevalencia de fluorosis dental en diferentes poblaciones escolares. Ramírez en el 2010, estimó la prevalencia de fluorosis dental en 752 niños escolares entre los seis y los 13 años pertenecientes a 20 colegios de Medellín. La prevalencia encontrada fue de 79,1 % (TFI>1), el 50,8 % presentaba grados leves y 5,1 % grados severos

(TFI>5). También se encontró que el 17 % de los niños cursaba con TFI>1 hasta en el 50 % de sus dientes (15).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) reporta fluorosis esquelética principalmente en África, India y China, con un impacto socioeconómico y de salud pública. Esta condición está asociada a la ingesta superior a los niveles máximos permitidos de fluoruro junto con la malnutrición (16). El consumo elevado de té y el aumento del consumo de agua con altos niveles de fluoruro natural son los principales mecanismos de ingesta elevada de fluoruro (14).

Por su parte, Sánchez reportó la prevalencia de fluorosis dental para escolares del departamento de Caldas. La población examinada fue de 1.061 escolares. Se encontró que el 63,3 % (n= 671) de los escolares presentaba fluorosis dental en algún grado (IC 95 %: 60,0 - 66,1). El 56,3 % se encontró en las categorías “muy leve” y “leve” (IC95%: 52 a 59). El 7 % fueron diagnosticados en “moderada” y “grave” (IC 95 %: 2 a 16). El análisis bivariado demostró asociación estadísticamente significativa entre la variable “región” y la fluorosis dental. La región Oriente evidenció menor prevalencia (47,9 %) que las áreas Norte, Centro- Sur y Occidente con prevalencias superiores al 68 % (17).

En el 2014 Gómez et al., reportó la prevalencia de fluorosis dental en infantes de 8 a 12 años pertenecientes a colegios públicos de Villavicencio en el año 2013, en una población de 459 infantes. Se encontraron prevalencias de fluorosis (TFI >1), de 65,8 %. El 31,4 % de los niños presentaron TFI=2 y el 23 % un TFI=1. Estas prevalencias son consideradas con una severidad leve y moderada, por lo que los autores recomiendan intervención por parte de los organismos de control (18).

Otro estudio del mismo año, reportó la prevalencia de fluorosis dental en niños de 12 a 15 años de edad en población (n=400) que asistieron a consulta odontológica en el 2014 en el hospital San Rafael del municipio

Andes (Antioquia). En esta población la prevalencia fue de 48 % (n=192). Las formas muy leves y leves fueron las más frecuentes con un 30 %, mientras que la fluorosis moderada se encontró en el 16 % y la severa en el 2 %. De acuerdo con estos hallazgos, los autores proponen realizar vigilancia para la fluorosis dental en el país (19).

En Colombia, la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de la Protección Social y Ministerio de ambiente Vivienda y desarrollo territorial señala las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Se considera que un valor máximo aceptable de flúor corresponde a 1,0 ppm. Para establecer si el agua consumida por la población colombiana cumple con la mencionada legislación, se

cuenta con el Subsistema de Información para Vigilancia de Calidad del Agua para Consumo Humano (SIVICAP); el cual permite recopilar la información de la calidad del agua de todos los prestadores del servicio público de acueducto del país.

El flúor es un peligro químico cuando su consumo supera ciertos niveles de exposición. Existe evidencia científica sobre los efectos adversos para la salud, como la fluorosis dental que se ha evidenciado en la población colombiana. Por esto, el grupo de Evaluación de Riesgos en Inocuidad de Alimentos (ERIA) y plaguicidas del Instituto Nacional de Salud, estableció dentro de sus líneas de trabajo la elaboración de una evaluación de riesgos por ingesta de flúor presente en agua potable, a partir de los datos recopilados por SIVICAP durante los años 2012 a 2016.

Materiales y métodos

Tipo de estudio: Se realizó un estudio descriptivo retrospectivo con enfoque de riesgo.

Población en estudio: La población en estudio fueron 33.429 personas registradas en la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia (ENSIN) 2005 que abarca una población entre 0 y 64 años. Adicionalmente se tuvieron en cuenta 12.205 registros de la concentración de flúor en agua potable, reportados por las entidades territoriales al SIVICAP, durante los años 2012 a 2016.

Variables analizadas: Las variables en estudio fueron entidad territorial, medida a nivel nominal; concentración de flúor (mg/l), consumo de agua (l/día), peso corporal (kg), edad, medidas a nivel de razón.

Plan de recolección de datos:

Se consolidó la información de ENSIN 2005 y SIVICAP 2012-2016 en una hoja de cálculo del programa Microsoft Excel 2007 con las variables anteriormente descritas.

Plan de análisis: Los datos obtenidos se organizaron en distribuciones de frecuencias que se presentan en tablas y gráficas. A las variables cuantitativas se les calculó medidas de tendencia central y de dispersión. Para comparar los resultados se utilizaron percentiles (P95 y P99). Los resultados principales se midieron como exposición y coeficiente de peligrosidad.

La evaluación de la exposición se llevó a cabo usando el programa @RISK (V.5.5), un complemento para

Microsoft Excel® desarrollado por Palisade Corporation, con el cual es posible desarrollar modelos para estimar la exposición vía alimentaria, basada en la simulación de Monte Carlo. El modelo matemático empleado para evaluar la exposición considera las variables de consumo de agua (l/día), concentración del contaminante (mg/l agua) y peso corporal (kg); el cual se encuentra representado por la ecuación N.1.

Ecuación N.1

$$\text{Exposición} = \frac{\text{Consumo} * \text{Concentracion} * \text{Fabs} * \text{Fexp}}{\text{Peso corporal}}$$

Finalmente, en la segunda ecuación se establece la relación existente entre la exposición estimada y los niveles de ingesta adecuados de flúor propuestos por The Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine (IOM) en 1997 y por la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades / Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). La evaluación de la exposición se ejecutó por medio del programa @RISK (V.5.5).

Ecuación N. 2

$$\text{Coeficiente de peligrosidad} = \frac{\text{Exposición}}{\text{DdR}}$$

Se consideraron las dosis establecidas por ATSDR de los Centros de Control y Prevención de Enfermedades / Centers for Disease Control and Prevention (CDC), relacionadas con el riesgo de desarrollar fluorosis den-

tal para niños y adultos. Estos niveles de exposición máximos permitidos que establecen la dosis toxicológica que incrementa el riesgo del efecto adverso, se determinan teniendo en cuenta la ingesta de fluoruros provenientes de agua potable; de tal manera que el promedio de ingesta de fluoruros oscila entre 1,4 y 3,4 mg/día (0,02-0,048 mg/kg pc/día) para adultos que viven en áreas con fluoruros de 1,0 mg/l en el agua. En las zonas con contenidos menores a 0,3 mg/l de fluoruros en agua, la ingesta dietética para adultos oscila entre 0,3 y 1,0 mg/día (0,004-0,014 mg/kg pc/día). En niños, la ingesta dietética varía de 0,03 a 0,06 mg/kg pc/día en áreas con agua fluorizada y de 0,01 a 0,04 mg/kg pc/día en áreas con agua sin fluorizar.

Para estimar la exposición en los datos de consumo de agua se estimaron los siguientes consumos diarios: adultos 2,0 litros, adolescentes 1,5 litros y niños 1,0 litro de acuerdo a las recomendaciones de la OMS. El peso de la población colombiana fue obtenido a partir de las bases de datos de la ENSIN 2005 correspondientes a la población de interés perteneciente a cada una de las entidades territoriales. Se realizaron las estimaciones probabilísticas para establecer la proporción de la población que podría presentar fluorosis dental.

Consideraciones éticas: En el diseño del estudio se tuvieron en cuenta los principios metodológicos para salvaguardar el interés de la ciencia y el respeto a los derechos de las personas. No hubo ninguna intervención en los sujetos, no se violó el derecho a la privacidad. Los resultados se presentan de manera agrupada en cumplimiento de la Resolución 8430 de 1993. Este estudio se considera sin riesgo.

Resultados

Peso para niños, adolescentes y adultos

Según la información suministrada por ENSIN 2005, el 42,69 % (14.272 / 33.429) se clasificaron como niños, 33,83 % (11309 / 33429) como adultos y 23,47 % (7.848 / 33.429) como adolescentes. Los siguientes

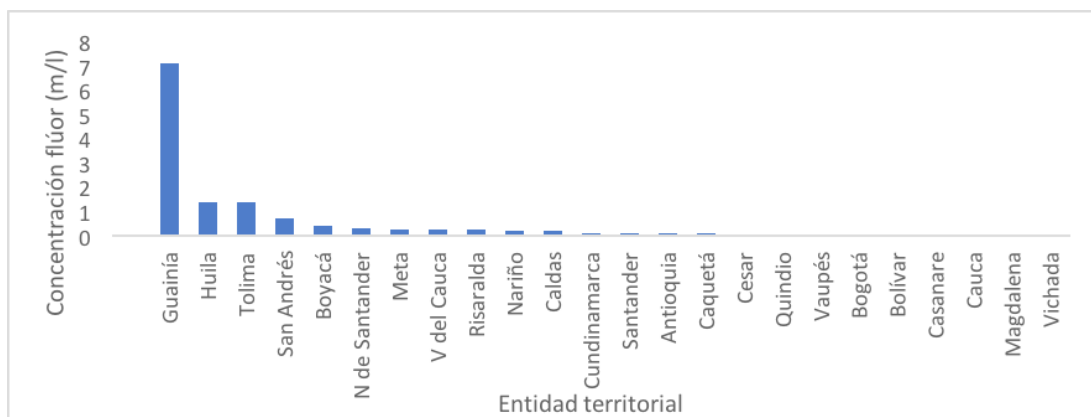
fueron los promedios de peso para los grupos poblacionales de niños: 22,61 kg; adolescentes: 49,01 kg y adultos: 63,15 kg.

Concentraciones de flúor para agua potable

Acorde a los datos reportados por SIVICAP para flúor, las siguientes entidades territoriales superan el límite establecido de consumo de flúor de acuerdo a la Resolución 2115 de 2007: Casanare: 33,33 % (1 / 3), Guainía: 21,65 (76 / 351), Tolima: 13,95 % (6 / 43), Huila: 4,70 % (8 / 170), Nariño: 0,78 % (13 / 1.662), Boyacá: 0,55 % (7 / 1255), Valle del Cauca: 0,53 % (9 /

1697), Cesar: 0,40 % (1 / 249), Antioquia: 0,33 % (3 / 883), Caldas: 0,33 (4 / 1.190), Meta: 0,18 % (1 / 527) y Santander: 0,10 % (1/956). Sin embargo, al evaluar estas concentraciones al percentil 95 (P95), Guainía, Huila y Tolima presentaron valores por encima de lo establecido en dicha resolución. En la gráfica 1 se presenta el percentil 95 (P95) de las concentraciones obtenidas para flúor en agua potable de cada una de las entidades territoriales en estudio.

Gráfica 1. Concentración de flúor a percentil 95 (P95) por entidad territorial, Colombia, 2012 - 2016



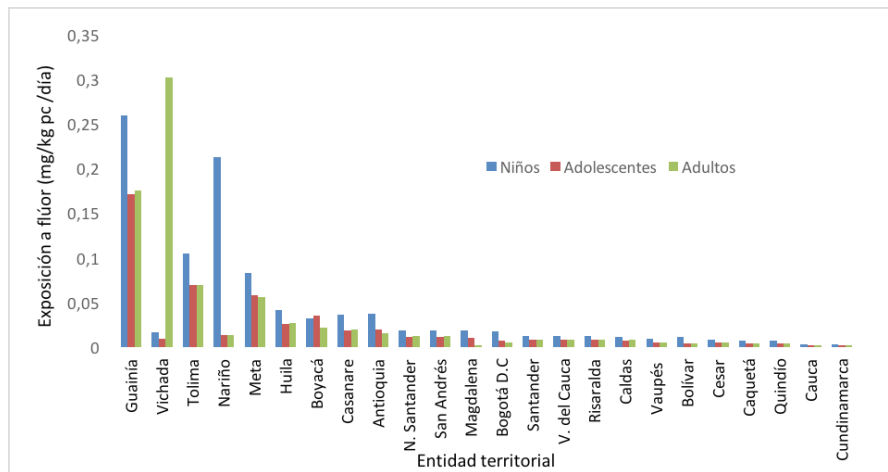
Fuente: SIVICAP 2012-2016

Acorde con los datos de monitoreo de flúor en agua potable, se encuentra que la concentración promedio de flúor, por lo general no sobrepasa el límite permitido por la legislación (1 mg/l) en las entidades territoriales, exceptuando a Guainía, cuyo valor promedio de concentración se encontró en 1,24 mg/l. Los valores de concentración más altos para flúor fueron presentados por las entidades territoriales de Boyacá (16 mg/l), Guainía (12,4 mg/l) y Santander (15,7 mg/l). Por su parte, las entidades territoriales de Casanare, Huila, Tolima y Valle del Cauca presentaron las concentraciones más altas de flúor en agua, en un rango de 1,2 mg/l a 2,90 mg/l. En las entidades territoriales de Meta, Nariño, Caldas y Antioquia las concentraciones de flúor más altas se encontraron en un rango de entre 5,3 mg/l a 7,5 mg/l.

Estimación de exposición a flúor por consumo de agua

En la gráfica 2, se presenta la estimación probabilística de la exposición a flúor (P_{95}) por consumo de agua potable para las diferentes entidades territoriales del país. Se evidencia que la mayor exposición se presenta para la población que habita en Guainía, seguida de Meta y Tolima. La tendencia para los tres grupos poblacionales es la misma en estas entidades territoriales, evidenciándose que la población de niños es la que presenta mayores valores de exposición, mientras que las poblaciones de adolescentes y adultos presentan valores similares.

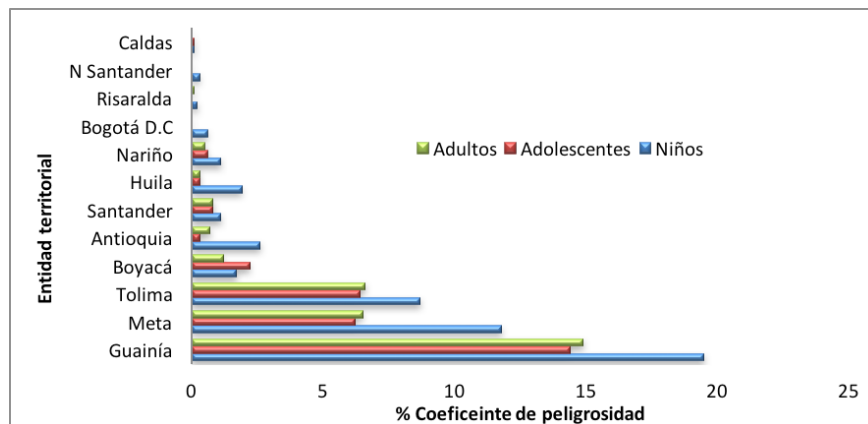
Gráfica 2. Exposición a flúor (P_{95}) en agua potable por grupo de edad para las diferentes Entidades Territoriales.



Los valores de exposición a flúor para la población de niños se encontraron en un rango de 0,0025 mg/kg/día a 0,25 mg/kg/día, mientras que para la población de adolescentes y adultos se encontraron en un rango de 0,001 mg/kg/día a 0,30 mg/kg/día.

Caracterización del riesgo: Se emplearon las concentraciones de flúor en agua que se encuentran en la base de datos SIVICAP, para cada entidad territorial. Los resultados de las estimaciones realizadas se presentan en la gráfica 3.

Gráfica 3. Estimación probabilística de la proporción de la población que está en riesgo de presentar fluorosis dental por entidad territorial.



Se encontró que las entidades territoriales que tienen mayor porcentaje de población en riesgo de presentar fluorosis dental corresponden a Guainía, Meta y Tolima, siendo la población de niños la que presenta mayor incidencia con 195 niños de 1.000 en Guai-

nia, 118 niños de 1.000 en Meta y 87 niños de 1.000 en Tolima. Por su parte las entidades con más bajas prevalencias fueron 1 de 1.000 niños en Caldas; 2 de 1.000 niños en Risaralda; 3 de 1.000 niños en Norte de Santander y 6 de 1.000 niños en Bogotá.

Discusión

Acorde con los datos de monitoreo para flúor, tomados de la base de datos SIVICAP, se encontraron concentraciones para flúor entre 1 mg/l y 8,6 mg/l. Para este rango de concentraciones de flúor se ha reportado evidencia de presencia de fluorosis dental y esquelética en diferentes poblaciones. Dentro de los estudios más relevantes se encuentran los siguientes: prevalencia de fluorosis esquelética del 4,4 % (con 1,4 mg/l flúor en agua) en 15 aldeas de la India; la cual aumentó al 63% cuando la población estuvo expuesta a una concentración de 6,0 mg/l de flúor en el agua de consumo (14). También se ha observado aumento significativo en los niveles séricos de tiroxina en residentes del norte de Gujarat (India), con niveles de fluoruro en el agua potable en un rango de 1,0 mg/l a 6,53 mg/l, con una media de 2,70 mg/l (20).

En el último quinquenio del siglo XX, Heifetz y Selwitz, publicaron estudios independientes en los que se encontraron puntuaciones más altas de fluorosis severas en niños que viven en comunidades que tienen un consumo habitual de 4 ppm de fluoruro en agua potable, en comparación con niños que viven en comunidades donde la concentración el agua potable es de 1 ppm de fluoruro (21) (22).

En China se seleccionaron 136 pacientes que presentaban fluorosis esquelética, con edades entre 39 y 56 años. Esta población residía en un área endémica para fluorosis donde el contenido de flúor en el agua potable se encontraba entre 4,1 y 8,6 mg/l. Los electrocardiogramas de estos pacientes fueron comparados con los de un grupo de control de 40 personas saludables de 36 a 52 años, quienes residían en una zona no endémica para fluorosis con un contenido de flúor en agua potable de 0,1 a 0,6 mg/l. A partir de esta comparación, se evidenció que los electrocardiogramas diferían en los dos grupos. Los pacientes con fluorosis esquelética presentaban signos de daño al miocardio, y por lo tanto incremento del riesgo para la función cardíaca (23).

Otra serie de estudios compararon la prevalencia y severidad de la fluorosis dental en niños de 8-10 y 13-15 años que vivían en comunidades con niveles de 1 a 4 ppm de fluoruro en agua potable durante 1980 a 1985 (21) y 1990 (22). Aunque no hubo cambios significativos en los niveles de fluorosis en niños de 8 a 10 años, tanto la prevalencia como la gravedad aumentaron en los niños del grupo de 13 a 15 años.

Según los reportes mencionados, puede que en la población colombiana se presenten los mismos efectos adversos para la salud por la exposición crónica al flúor en el agua potable de acuerdo a las concentraciones reportadas en SIVICAP.

De acuerdo con el cuarto Estudio Nacional de Salud Bucal realizado en 2012 (ENSAB IV) la prevalencia de fluorosis dental en niños de 5 años se presenta en el 8,43 %, a los 12 años alcanza el 62,15 %, y a los 15 años pasa a 56,05 %. Según el índice comunitario para fluorosis de Dean, Bogotá es la región que presenta mayor prevalencia en niños de 5 años (5,68 %), seguida por la región Oriental (5,57 %) y Central (4,50%). Para las edades de 12 y 15 años, la región Pacífica presentó la mayor prevalencia con 78,01 %. Las demás regiones presentan una situación similar oscilando entre 56,69 % en la región Atlántica y 53,86 % en la región central, donde se presenta la prevalencia más baja. Estos hallazgos concuerdan con los valores de riesgo más altos de exposición reportados en las entidades territoriales de Guainía, Meta, Tolima, Boyacá, Antioquia, Santander, Huila, Nariño y Bogotá que indicarían la probabilidad de un efecto adverso en la salud principalmente en los grupos de edad mencionados.

Agudelo-Suárez *et al.*, en 2013 reportaron que Antioquia y Nariño eran los departamentos con más prevalencia de fluorosis dental (24), al igual que Gómez Scarpetta *et al.*, en el estudio realizado el mismo año en escolares de la ciudad de Villavicencio (25), donde se presentó una prevalencia de fluorosis (TFI \geq 1) de 65,8 % (n = 302) (IC 95 % = 61,5- 68,5 %).

Limitaciones

Una de las variables empleadas en el modelo matemático para el cálculo de exposición es el peso (Kg), información antropométrica que es obtenida de la ENSIN 2005. Esta información puede estar desactualizada. Es pertinente mencionar que los resultados de la última encuesta demográfica (ENSIN 2015) no han sido publicados.

Otra variable utilizada es la concentración de flúor, información suministrada por el SIVICAP en los años 2012 a 2016; sin embargo, en los años evaluados, el 69 % de las entidades territoriales realizaron repor-

tes al SIVICAP. Si se presentaran datos actualizados del 31 % de entidades territoriales restantes, puede cambiar el orden de aquellas entidades territoriales en riesgo de presentar fluorosis dental.

La ENSIN-2005 describe el consumo de alimentos pero no discrimina la ingesta de agua, tampoco se han realizado otros estudios en Colombia donde se estime esta variable. Por esta razón, esta medida se consideró a partir de las recomendaciones diarias de ingesta de agua de la OMS.

Conclusiones

En las entidades territoriales de Guainía, Meta y Tolima se evidenciaron los más altos niveles de exposición a flúor, principalmente en niños, que corresponden a la población afectada significativamente por la fluorosis dental, siendo el periodo del ciclo vital en el que desarrollan los dientes.

Diferentes entidades territoriales de Colombia presentaron valores elevados de exposición crónica al flúor, existiendo la probabilidad de que existan efectos patológicos en la población como: la fluorosis esquelética, anomalías cardíacas o niveles altos de tiroxina, tal como se ha demostrado en la literatura científica.

Recomendaciones

Para el Ministerio de Salud y Protección Nacional se recomienda la aplicación de medidas sanitarias pertinentes cuando se superen los límites máximos establecidos por la normatividad legal vigente en agua para consumo humano y el fortalecimiento de la capacidad técnica de los laboratorios de salud pública para el análisis fisicoquímico en agua para consumo humano.

Se recomienda a la Academia desarrollar estudios epidemiológicos en aquellas entidades territoriales

donde se determinó exposición de riesgo, con el fin de evidenciar la asociación entre fluorosis dental y fuentes de origen hídrico.

Para el Instituto Nacional de Salud se recomienda fortalecer la vigilancia centinela de la exposición a flúor en Guainía, Meta y Tolima y apoyar la vigilancia de flúor en agua en las entidades territoriales donde aún no se realiza.

Referencias

1. Symonds R, Rose W, Reed M. Contribution of Cl- and F-bearing gases to the atmosphere by volcanoes. *Nature*. 1988; 334,415–418.
2. Carpenter R. Factors controlling the marine geochemistry of fluorine. *Geochim Cosmochim. Acta*. 1969; 33:1153-1167.
3. EPA. 1. Bituminous and subbituminous coal combustion. AP-42 Section 1.1. [Online].; 1998 [cited 2018 abril 13.] Available from: <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch01/final/c01s01.pdf>.
4. Skjelkvale BL. Factors influencing fluoride concentrations in Norwegian Lakes. *Water Air Soil Pollut*. 1994 septiembre; 77: p. 151-167.
5. Bell M, Largent J, Ludwig G. The supply of fluorine to man. *World Health Organization Monograph Series*. [Online].; 1970. 59:17-74. [cited 2018 febrero 17]. Available from: [http://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aa-dkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=803682](http://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aa-dkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=803682).
6. NTP. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. the toxicology and carcinogenesis studies of sodium fluoride. [Online]; 1990 [cited 2018 marzo 27] Available from: https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/lt_rpts/tr393.pdf.
7. Pillai KS, Mathai AT, Deshmukh PB. Effect of subacute dosage of fluoride on male mice. *Toxicol Lett*. 1988 noviembre; 44(1,2): p. 21-30.
8. Paul V, Ekambaram P, Jayakumar A. Effects of sodium fluoride on locomotor behavior and a few biochemical parameters in rats. *Environ Toxicol Pharmacol*. 1998 noviembre; 6(3): p. 187-191.
9. Mullenix PJ, Denbesten PK, Shunior A, Kernan WJ. Neurotoxicity of sodium fluoride in rats. *Neurotoxicol Teratol*. 1995a. 17(2):169-177. *Neurotoxicol Teratol*. 1995 marzo, abril; 17(2): p. 77.
10. Okushi I. Experimental studies on the effects of sodium fluoride upon the heart muscle of rabbits. *Fluoride*. 1971; 4(4): p. 199-203.
11. Susheela A, Jain S. Fluoride-induced hematological changes in rabbits. *Bull Environ Contam Toxicol*. 1983; 30: p. 388-393.
12. Leone NC, et al. Medical aspects of excessive fluoride in a water supply. *Public Health Report*. 1954 octubre; 69(10): p. 925-936.
13. Saralakumari D, Ramakrishna P. Endemic fluorosis in the village Ralla Anantapuram in Andhra Pradesh: An epidemiological study. 1993; 26(3): p. 177-180.
14. Choubisa SL, et al. Fluorosis in some tribal villages of Dungarpur District of Rajasthan, India. *Fluorosis in some tribal villages of Dungarpur District of Rajasthan*. *Fluoride*. 1998 octubre; 19(4).
15. Ramírez B, Franco A, Gómez A, Corrales D. Fluorosis dental en escolares de instituciones educativas privadas. *Rev Fac Odontol Univ Antioq*. 2010; 21(2): p. 170-176.
16. WHO. FLUORIDES. *Environmental Health Criteria Monographs*. 2002;(227).
17. Sánchez H, Parra J, Cardona D. Fluorosis dental en escolares del departamento de Caldas, Colombia. *Biomédica*. 2005 marzo; 25(1).
18. Gómez RA, et al. Prevalencia de fluorosis dental en infantes de 8 a 12 años de colegios públicos, Villavicencio 2013. *Hacia promoc. salud*. 2014; 19(1): p. 25-38.

19. Ramírez B, Molina H, Morales J. Fluorosis dental en niños de 12 y 15 años del municipio de Andes. Rev. CES Odont. 2016; 29(1).
20. Michael M, Barot V, Chinoy N.. Investigations of soft tissue functions in fluorotic individuals of north Gujarat. Fluoride. 1996; 29((2): p. 63-71.
21. Heifetz SB, Driscoll WS, Horowitz, Kingman A. Prevalence of dental caries and dental fluorosis in areas with optimal and above-optimal water-fluoride concentrations: A five-year follow-up survey. J Am Dent Assoc. 1988 abril; 116(4): p. 490-495.
22. Selwitz RH, Nowjack RE, Kingman A, Driscoll WS. Prevalence of Dental Caries and Dental Fluorosis in Areas with Optimal and Above-optimal Water Fluoride Concentrations: a 10-Year Follow-up Survey. J Public Health Dent. 1995; 55(2).
23. Xu RY, Xu RQ. Electrocardiogram analysis of patients with skeletal fluorosis. Fluoride. 1997; 30(1): p. 16-18.
24. Agudelo-Suárez AA, Martínez-Flórez LM, Madrid-Gutiérrez LM, Vivares-Builes AM, Rocha-Buelvas A. Panorama de la fluorosis dental en Colombia: una revisión exploratoria de la literatura. Universitas Odontológica. 2013 enero-junio,; 32(68): p. 133-145.
25. Gómez RA, Olaya M, Barbosa A, Durán L, Vergara H, Rodas CP, et al. Prevalencia de fluorosis dental en infantes de 8 a 12 años de colegios públicos, Villavicencio 2013. Hacia promoció salud. 2014; 19(1): p. 25-38.

