



Acta Odontológica Colombiana  
ISSN: 2027-7822  
actaodontologicacol@gmail.com  
Universidad Nacional de Colombia  
Colombia

Misnaza–Castrillón, Sandra Patricia; Bernal–Sotelo, Katherine; Muñoz–Guerrero, María Nathalia  
Caracterización geográfica de la exposición a fluoruros en Colombia, mediante  
uso de fuentes de información de vigilancia en salud pública, durante 2012 – 2018  
Acta Odontológica Colombiana, vol. 11, núm. 1, 2021, Enero-Junio, pp. 28-41  
Universidad Nacional de Colombia  
Bogotá, Colombia

DOI: <https://doi.org/10.15446/aoc.v11n1.91083>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=582369812003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto

## Caracterización geográfica de la exposición a fluoruros en Colombia, mediante uso de fuentes de información de vigilancia en salud pública, durante 2012 – 2018

Sandra Patricia Misnaza–Castrillón 1

Katherine Bernal–Sotelo 2

María Nathalia Muñoz–Guerrero 3

*Geographic characterization of fluorides exposure in Colombia, using public health surveillance information sources, during 2012 – 2018*

## RESUMEN

**Objetivo:** caracterizar geográficamente, en territorio colombiano, las fuentes de agua potable y los índices colectivos de fluorosis dental que indican exposición a fluoruro a nivel comunitario. **Métodos:** se realizó un estudio descriptivo a partir de dos fuentes de información: el Subsistema de Información de Vigilancia de Calidad de Agua Potable (SIVICAP) y el Sistema de Vigilancia en Salud Pública (Sivigila). Los análisis se realizaron desde 2012 hasta 2018, implementando ponderación de los riesgos por exposición a fluoruro en agua para determinar los siguientes niveles de riesgo: sin riesgo, riesgo para fluorosis dental y riesgo para fluorosis esquelética. Se calculó el índice colectivo de fluorosis (ICF) dental y se presentaron los resultados en mapas geográficos. **Resultados:** los departamentos de Nariño, Boyacá, Quindío, Valle del Cauca y Cundinamarca presentaron el mayor número de muestras de agua analizadas (60,5 %); 14 presentaron concentraciones superiores a 4 ppm y 10 municipios concentraciones entre 1,01 y 4 ppm. La vigilancia centinela de la exposición a flúor mostró que 3 municipios presentaron ICF >3, lo que significa un riesgo muy grave. En cuanto al riesgo grave se encontraron 52 municipios de 21 departamentos, principalmente en la región Andina y Caribe. Nariño fue el departamento con mayor número de municipios en riesgo grave. **Conclusiones:** se identificaron riesgos ambientales en agua, y biológicos por altos índices colectivos de fluorosis dental, que, espacialmente, se ubican en la región Andina, aunque los riesgos en agua se pueden explicar porque en esta región se realiza con mayor frecuencia vigilancia de calidad del agua.

**Palabras clave:** Flúor; intoxicación por flúor; riesgos ambientales; vigilancia en salud pública; análisis espacial; Colombia.

## ABSTRACT

**Objective:** To geographically characterize in Colombian territory, drinking water sources and the collective indices of dental fluorosis which indicate fluoride exposure at the community level. **Methods:** A descriptive study was carried out from two sources of information: the drinking water quality surveillance information subsystem (SIVICAP) and the public health surveillance system (Sivigila). The analyzes were performed from 2012 to 2018, weighting the risks for exposure to fluoride in water, to determine the following risk levels: no risk, dental fluorosis risk and risk for skeletal fluorosis. The collective dental fluorosis index (ICF) was calculated, the results were represented on geographical maps. **Results:** the departments of Nariño, Boyacá, Quindío, Valle del Cauca and Cundinamarca presented the highest number of water samples (60.5%). 14 municipalities had concentrations above 4 ppm, and 10 municipalities had concentrations between 1.01 and 4 ppm. Sentinel surveillance of fluoride exposure showed that three municipalities presented ICF > 3, meaning a very serious risk. Regarding serious risk, 52 municipalities from 21 departments were found, mainly in the Andean and Caribbean region. Nariño was the department with the highest number of municipalities at serious risk. **Conclusions:** environmental risks in water and biological risks were identified due to high collective indices of dental fluorosis, which are spatially located in the Andean region. The risks in water can be explained because in this region water quality surveillance is carried out more frequently.

**Key words:** Fluorine; Fluoride poisoning; Environmental hazards; Public Health Surveillance; Spatial analysis, Colombia.

1. Odontóloga. Magíster en Administración en Salud. Dirección de Vigilancia y Análisis del Riesgo en Salud Pública, Instituto Nacional de Salud. Bogotá, Colombia.

**Contacto:** sandramisnaza@yahoo.com  
ID <http://orcid.org/0000-0001-9446-4831>

2. Bióloga. Magíster en Biología. Dirección de Vigilancia y Análisis del Riesgo en Salud Pública, Instituto Nacional de Salud. Bogotá, Colombia.

**Contacto:** jkatherinebs@gmail.com  
ID <http://orcid.org/0000-0002-5611-1848>

3. Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Especialista en Epidemiología. Magíster en Salud Pública. Dirección de Vigilancia y Análisis del Riesgo en Salud Pública, Instituto Nacional de Salud. Bogotá, Colombia

**Contacto:** natamunozg@gmail.com  
ID <http://orcid.org/0000-0003-3998-859X>

## CITACIÓN SUGERIDA

Misnaza–Castrillón SP, Bernal–Sotelo K, Muñoz–Guerrero MN. Caracterización geográfica de la exposición a fluoruros en Colombia, mediante uso de fuentes de información de vigilancia en salud pública, durante 2012 – 2018. *Acta Odontol. Col.* 2021; 11(1): 28–41. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actaodontocol/article/view/91083>

 <https://doi.org/10.15446/aoc.v11n1.91083>

Recibido	Aprobado
16/10/2020	11/12/2020
Publicado	
15/01/2021	



## Introducción

El fluoruro es un elemento químico abundante, altamente electronegativo y que se encuentra en el suelo, en las rocas volcánicas y en el agua de mar (1-3). Particularmente, los volcanes también emiten de forma natural fluoruros al aire, que son transportados por el viento y la lluvia, depositándose, finalmente, en el suelo, el agua y las fuentes alimenticias. Otro mecanismo mediante el cual el fluoruro llega a diferentes fuentes hídricas es mediante la erosión que el agua ejerce sobre el suelo; según la velocidad con la que se disuelva en el agua, su concentración puede variar (4). La intoxicación crónica por fluoruros resulta de la exposición prolongada (2) a dosis mínimas que pueden provenir, principalmente, del consumo de agua, sal y dentífricos fluorados (4).

No obstante, y acorde con lo señalado por la doctora Marilia Alonso Rabelo Buzalaf en 2016, "(...) cuando se usa apropiadamente, el fluoruro es el mejor aliado para el control de la caries, sin embargo, un consumo excesivo, tanto de manera aguda como crónica, puede ser tóxico; los efectos tóxicos más comunes de la ingesta excesiva de fluoruro de forma crónica son la fluorosis dental y esquelética" (5). Así, la clave del desarrollo de fluorosis dental está en la exposición a fluoruro durante los primeros siete años de vida, que es cuando los dientes se están formando y hasta el momento se considera que ingestas de fluoruro de 0,07 mg / kg hasta 0,1 mg / kg de peso corporal por día genera fluorosis dental (5). Aun así, recomendar una ingesta óptima de fluoruro no es sencillo porque la medición precisa depende de características que varían según la población (6).

Es importante recalcar que en Colombia el agua no es fluorurada como medida de salud pública. Empero, y dado que puede contener fluoruro de forma natural, dentro de los procesos básicos de la vigilancia de la calidad de agua para consumo humano, las autoridades sanitarias tienen estandarizadas las frecuencias mínimas, número mínimo de muestras y población servida para el análisis de fluoruros (7). Vale la pena aclarar que la sal de consumo humano si es fluorada y contiene entre 180 y 220 ppm de fluoruro (8).

De acuerdo con estudios realizados en Colombia (9-13) y con las últimas Encuestas Nacionales de Salud Bucal (ENSAB), realizadas en 1998 y 2014, la prevalencia de fluorosis ha aumentado, pasando de 11,5 % en 1998 en personas de 6, 7, 12 y 19 años (14), a 8,43 %, 62,15 % y 56,05 % en edades de 5, 12 y 15 años, respectivamente (15). En la última encuesta del 2014, también, se evidenció que la prevalencia es mayor en zonas rurales dispersas (64,87%) y en la región Pacífica (78%) (15).

Es evidente, entonces, que la prevalencia de fluorosis dental en Colombia varía a nivel regional y local. Así lo sugieren Gómez et al. (16), probablemente, debido a que cada población en cada región presenta diferentes características ambientales, sociales y económicas que influyen en que las personas estén más o menos expuestas a fluoruros. Por ello, el objetivo de este estudio fue caracterizar geográficamente las fuentes de agua potable y los índices colectivos de fluorosis dental municipales que dan cuenta de la exposición a fluoruro a nivel comunitario. Con esta información se espera que los tomadores de decisiones puedan orientar las acciones necesarias para el adecuado suministro de fluoruro, el control de la caries y la fluorosis dental.

## Métodos

Se realizó un estudio descriptivo a partir de dos fuentes de información secundaria: el Subsistema de Información de Vigilancia de Calidad de Agua Potable (SIVICAP) y el Sistema de Vigilancia en Salud Pública (Sivigila). La información se analizó desde 2012 (inicio de la vigilancia centinela de la exposición a flúor) hasta 2018 (último año consolidado disponible). Las dos fuentes de información fueron suministradas por el Instituto Nacional de Salud en el marco de la vigilancia de la exposición a flúor. La base de datos del SIVICAP presentó completitud en los datos referentes a muestras de agua con análisis del parámetro de fluoruro. Por su parte, la base de datos depurada del Sivigila, mediante la eliminación de reportes repetidos y variables de índice de Dean, fue revisada con respecto a la calificación de los dientes evaluados. Esta acción permitió construir el Índice Colectivo de Fluorosis Dental (ICF).

A nivel municipal, se realizó el análisis ponderado de los riesgos por exposición a fluoruro en agua, usando las 18.621 muestras de agua reportadas entre 2012 y 2018 por el SIVICAP, las cuales incluían los resultados de análisis del parámetro fluoruro en 716 municipios. De acuerdo con el contenido de fluoruro en agua se determinaron los siguientes niveles de riesgo: 0 y 1 ppm de fluoruro = sin riesgo; 1,01 y 4,00 = riesgo para fluorosis dental, y 4,00 o más = riesgo para fluorosis esquelética (1, 5, 17, 18). Dado que un municipio podía presentar más de una muestra al año, se promediaron las muestras del mismo riesgo y al encontrarse dos riesgos diferentes se asumió el riesgo más alto, de tal forma que a cada municipio se le asignó un solo riesgo.

Con la información del Sivigila se realizó el cálculo del ICF (15) de 440 municipios pertenecientes a 31 departamentos y distritos, tomando como base la relación del número de personas notificadas entre 2012 y 2018 con la ponderación de los grados de severidad de fluorosis dental del índice de Dean (Dudosa= 0,5; Muy leve= 1; Leve= 2; Moderada= 3; Severa= 4), sobre el total de casos reportados como expuestos a fluoruro. Las ponderaciones de riesgo del ICF fueron las usadas en la ENSAB IV (15), considerándose las medidas entre 0 y 0,59 sin riesgo para la salud pública; entre 0,6 y 1,00 con riesgo leve; de 1,01 a 2,00 con riesgo medio; entre 2,01 y 3,00 con riesgo grave, y mayor a 3,01 con riesgo muy grave.

Los resultados individuales y consolidados fueron representados en forma de mapas geográficos hasta un nivel municipal, a través del uso del programa QGis 10 Desktop 3.10.8.

### Consideraciones éticas

De acuerdo con lo establecido por la normatividad de Colombia, este análisis se considera sin riesgo (19). Este estudio fue diseñado bajo los principios bioéticos de beneficencia y no maleficencia. Por ende, los resultados buscan aportar a la generación de políticas públicas para el suministro del fluoruro y el control de la fluorosis dental a nivel nacional, en el marco de vigilancia centinela de la exposición a flúor del Instituto Nacional de Salud. Las bases de datos analizadas estaban anonimizadas, por lo que la confidencialidad de los datos es segura.

## Resultados

La vigilancia de calidad del agua a través del SIVICAP indicó que, en los departamentos de Nariño, Boyacá, Quindío, Valle del Cauca y Cundinamarca se procesó el mayor número de muestras en el periodo de estudio, por lo cual, estos territorios concentraron el 60,5 % de los análisis. De todas las muestras procesadas, el 45,6 % fueron analizadas mediante método potenciométrico, seguido de la espectrofotometría (22,9 %) y cromatografía iónica (20%). El 11,6% fue analizado por las siguientes técnicas: método electrométrico, argentométrico, colorimétrico, comodín de migración y kit.

En cuanto a los resultados de fluoruro en agua, 14 municipios (Tangua, El Tablón de Gómez, Arboleda, Samaniego y Córdoba, en el departamento de Nariño; Duitama, Betéitiva, Sogamoso, Chinavita, Ventaquemada y Paz de Río en Boyacá; Inírida en Guainía, Guamo en Tolima y Turbo en Antioquia) presentaron concentraciones superiores a 4 ppm.

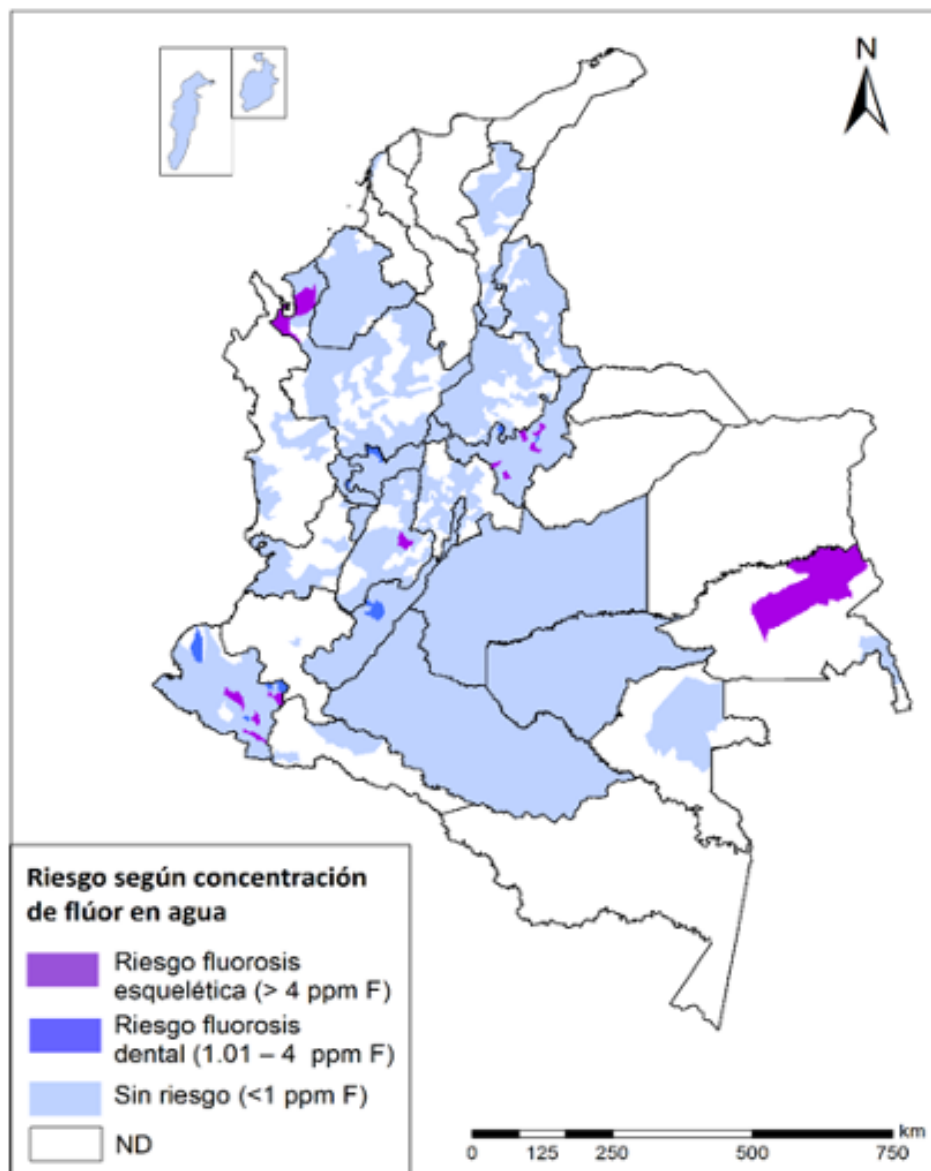
Los otros 10 municipios (La Cruz, La Unión, Olaya Herrera, Imués y San Pablo en el departamento Nariño; Aguadas y Viterbo en Caldas; Corrales y Chitaraque en Boyacá y Palermo en Huila) presentaron concentraciones de fluoruro entre 1,01 y 4 ppm (Figura 1).

El análisis acumulado, sucedido entre 2012 y 2018, en la vigilancia centinela de la exposición a flúor mostró que en Ginebra (Valle del Cauca), Tocancipá (Cundinamarca) y Ariguaní (Magdalena) se presentaron ICF >3, lo que implica un riesgo muy grave. Sobre el riesgo grave se encontraron 52 municipios de 21 departamentos ubicados, principalmente, en la región Andina y Caribe (Figura 2).

Nariño fue el departamento con mayor número de municipios en riesgo grave (Iles, Ricaurte, San Pedro de Cartago, Taminango, Potosí, Sandoná y Olaya Herrera), seguido de Tolima (Prado, Saldaña, San Antonio, Chaparral, Fresno y Lérída), Boyacá (Jenesano, Monguí, Pauna, Santa Rosa de Viterbo y Tunja) y Valle del Cauca (Bugá, Pradera, Vijes, Yotoco y Yumbo).

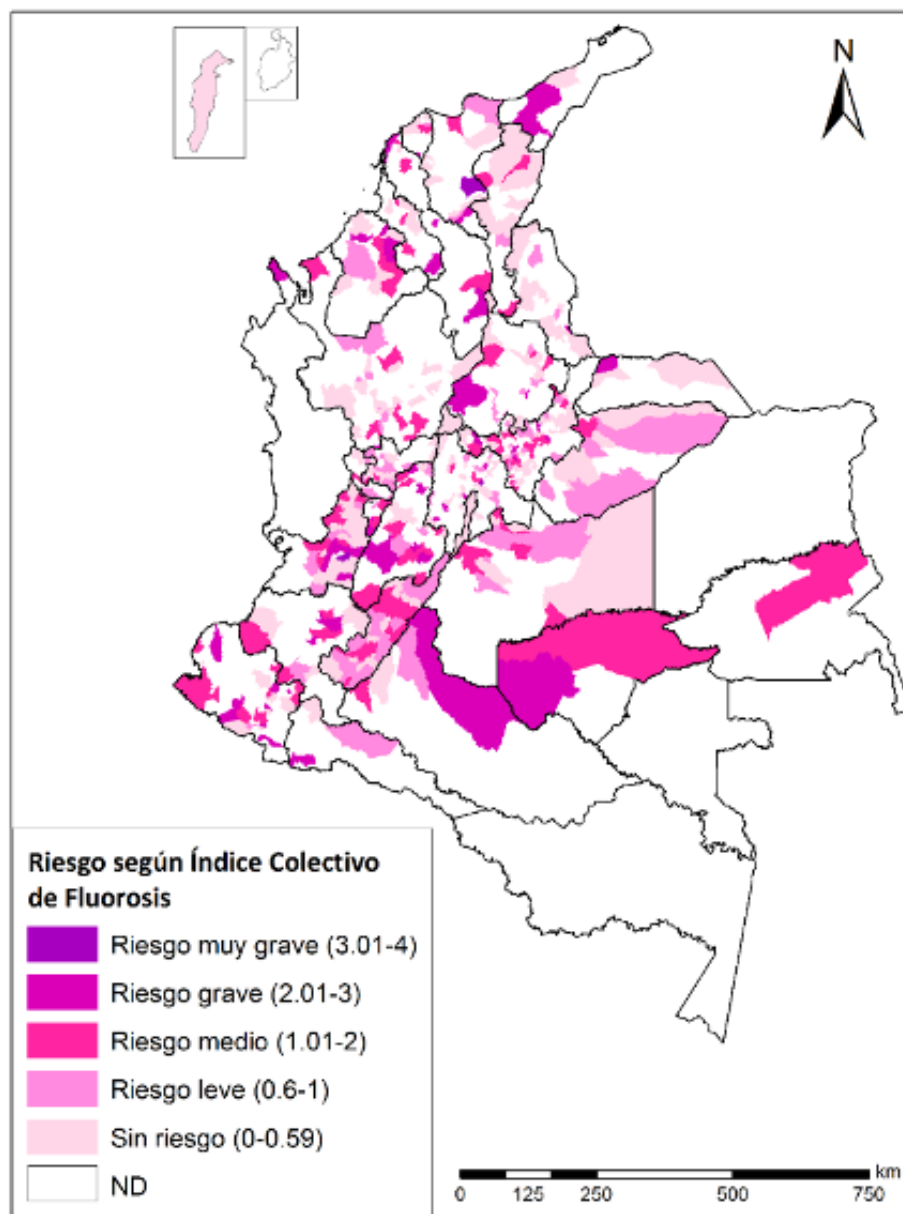
En relación a las gráficas y análisis es posible evidenciar que los resultados de los dos análisis en 23 municipios coincidieron; la mayoría sin excesos de fluoruro en agua y con riesgo medio por ICF (Tabla 1).

**Figura 1.** Distribución municipal de los contenidos de fluoruro en agua, Colombia, 2012 – 2018



Fuente: elaboración propia a partir de datos del SIVICAP – INS  
\*ND= Sin datos disponibles.

**Figura 2.** Distribución municipal del Índice Colectivo de Fluorosis Dental, Colombia, 2012 – 2018



Fuente: elaboración propia a partir de datos del INS, Sivigila, 2012 – 2018.

\*ND= Sin datos disponibles.

**Tabla 1.** Identificación de riesgos comunes para fluorosis dental, Colombia, 2012 – 2018

Departamento	Municipio	Riesgo en agua	ICF
Boyacá	Chinavita	Riesgo para fluorosis esquelética	Sin riesgo
Boyacá	Sogamoso	Riesgo para fluorosis esquelética	Riesgo medio
Boyacá	Ventaquemada	Riesgo para fluorosis esquelética	Sin riesgo
Boyacá	Chitaraque	Riesgo para fluorosis dental	Sin riesgo
Nariño	La Cruz	Riesgo para fluorosis dental	Riesgo medio
Huila	Palermo	Riesgo para fluorosis dental	Riesgo medio
Nariño	San Pablo	Riesgo para fluorosis dental	Riesgo medio
Caldas	Viterbo	Riesgo para fluorosis dental	Riesgo leve
Cauca	Argelia	Sin riesgo	Riesgo medio
Valle	Argelia	Sin riesgo	Riesgo medio
Cauca	Bolívar	Sin riesgo	Riesgo leve
Valle	Bolívar	Sin riesgo	Riesgo medio
Boyacá	Buenavista	Sin riesgo	Riesgo medio
Quindío	Buenavista	Sin riesgo	Riesgo grave
Córdoba	Buenavista	Sin riesgo	Riesgo medio
Huila	Palestina	Sin riesgo	Riesgo medio
Huila	Palestina	Sin riesgo	Riesgo medio
Valle	Restrepo	Sin riesgo	Sin riesgo
Meta	Restrepo	Sin riesgo	Riesgo medio
Cundinamarca	Ricaurte	Sin riesgo	Sin riesgo
Nariño	Ricaurte	Sin riesgo	Riesgo grave
Valle	San Pedro	Sin riesgo	Riesgo medio
Sucre	San Pedro	Sin riesgo	Sin riesgo

Fuente: elaboración propia a partir de datos del INS, SIVICAP y Sivigila, 2012 – 2018.

## Discusión

Respecto a los resultados obtenidos, no se observó un patrón geográfico que mostrara riesgos coincidentes para los mayores riesgos en agua y por ICF, pero, si se observó que en Nariño, Boyacá, Tolima y Antioquia existen municipios con valores de fluoruro en agua considerados de riesgo para fluorosis esquelética, es decir, con niveles de fluoruro superiores a 4 ppm. Al realizar la búsqueda de información para contrastar estos resultados, no se encontraron publicaciones que evidenciara casos de fluorosis esquelética en ningún departamento del territorio nacional. Sin embargo, estos valores de fluoruro en agua no deben pasar por alto para las autoridades ambientales y de salud, en tanto ameritan toma de contramuestras y seguimiento en el tiempo, no solo de la fuente de agua, sino, también, de las condiciones clínicas de la población que de dichas fuentes se abastece. Esto debido a que se ha documentado que la fluorosis esquelética está asociada a altos niveles de fluoruro en agua en países como Irán, India, Túnez, China, entre otros (20-24), y se han descrito otros efectos adversos como osteosarcoma, hipotiroidismo, neurotoxicidad y efectos en la fertilidad (25).



Asimismo, se ha documentado que el fluoruro puede llegar a fuentes de agua a través de las fábricas de cerámica y las ladrilleras, donde la cocción de las materias primas, provenientes de arcillas y rocas, emiten diferentes contaminantes, dentro de los que se incluye el fluoruro (26-27). Igualmente, de la industria del aluminio, que usa fluoruro cálcico, fluoruro de aluminio y fluoruro de sodio para descomponer electrolíticamente la alúmina (28), se podría explicar la presencia de fluoruros en agua, sobre todo en la región Caribe.

A su vez, el fluoruro está presente en el suelo y factores como el contenido de arcilla, la materia orgánica y el nivel de degradación del suelo pueden influir directamente en la cantidad de fluoruro que llegue a las aguas subterráneas (29). Por lo anterior, no es de extrañar que este elemento se encuentre en lugares no cercanos a volcanes o con suelos de origen volcánico (1). Particularmente, en Boyacá, se localiza en Paipa un volcán que lleva el mismo nombre del municipio y que tiene relativa cercanía a Sogamoso (20 km aprox.) Esta cercanía podría incidir en que los fluoruros liberados al aire por el volcán fueran transportados por el viento y la lluvia a los suelos y aguas circundantes (30), lo que podría explicar el porqué de la concentración de fluoruro en agua para consumo humano está por encima de 4 ppm en Sogamoso Chinavita, Ventaquemada y Paz de Río.

Otro caso similar se encuentra en Tablón de Gómez, en Nariño, donde los altos niveles de fluoruro en agua podrían deberse a su ubicación cercana al volcán Doña Juana. Sin embargo, esta hipótesis y la del volcán de Paipa merecen estudios puntuales donde se establezca un monitoreo rutinario de todas las fuentes aledañas a estos volcanes.

Con base en lo anterior, se resalta la necesidad de estudios continuos en estas zonas, ya que el monitoreo que se lleva a cabo en el marco de la vigilancia de la calidad del agua se realiza únicamente en acueducto y una vez al año (7). Por esta razón, además del monitoreo, se debe garantizar la eficacia de los sistemas de potabilización, así como desarrollar nuevos sistemas de tratamiento de agua para el consumo humano de poblaciones en riesgo por exceso de fluoruro y poblaciones aledañas a zonas volcánicas (30).

Por demás, tal como lo sugirió la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2014, para la planeación adecuada de programas de prevención de enfermedades de interés en salud pública como la fluorosis dental, deben tenerse en cuenta las diversas fuentes de fluoruros, incluyendo además de las naturales, las asociadas a actividades industriales, agrícolas, mineras, siderúrgicas y las de alimentos. También, la OMS ha enfatizado en que es de interés, para la salud pública, conocer la información de mujeres embarazadas y niños menores de cuatro años, tomando en cuenta que el fluoruro puede atravesar la barrera placentaria (31).

Ahora bien, es importante resaltar que el origen de las altas concentraciones de fluoruro en estos cuerpos de agua es incierto. No obstante, no hay que olvidar que las actividades industriales y mineras, así como el uso de fertilizantes fosfatados, son una fuente importante (32). Boyacá, por ejemplo, es un departamento cuya actividad económica se fundamenta en la agricultura, pero, también en la agroindustria y la minería (33).

Como una consideración de este trabajo, es fundamental decir que, en el contexto colombiano debe incluirse la información del fluoruro en sal como parte de los análisis de riesgos para fluorosis dental (8). La información, si bien, es administrada por el INVIMA, no hizo parte de este estudio. Al mismo tiempo, es posible agregar que esta informa-

ción se puede complementar a partir del registro de otras fuentes de fluoruro de uso tópico, como las cremas dentales (34,35), cuyo uso inadecuado puede generar fluorosis y la excreción de fluoruro en orina, la cual está relacionada con la dosis ingerida, el peso y la edad del individuo (36-39).

Con respecto a los resultados de ICF, se observaron riesgos muy graves y graves en municipios de la región Andina y Atlántica, principalmente. Estos resultados no guardan relación con los de la ENSAB IV, donde no se identificaron riesgos graves y muy graves; los de mayor severidad (medio) se ubicaron geográficamente en municipios de la región Pacífica (15).

Entre las limitaciones de este estudio se reconoce la imposibilidad para establecer los riesgos presentes en el agua de todos los departamentos, ya que no todos cuentan con capacidad instalada o voluntad política para realizar vigilancia regular y continua; por lo cual no es posible comparar este riesgo entre todos los departamentos del país. Al respecto, es importante resaltar que Nariño y Boyacá realizaron un mayor número de análisis de fluoruro en agua en el periodo de estudio, lo cual puede deberse no solo a la voluntad política y el compromiso con la vigilancia, sino, también, a que tienen un número elevado de municipios en sus departamentos, en comparación, por ejemplo, con Caldas.

Es así que se deben mantener las acciones de vigilancia y control sanitario, ya sea para identificar si esta proviene o no de sistemas de potabilización o que carecen de tratamientos previos. Adicionalmente, esta acción aporta, de cara al futuro, al cumplimiento de los *Objetivos de Desarrollo Sostenible* que se han propuesto para el 2030 y que buscan garantizar el acceso de agua segura de toda la población mundial (40). Es por esto, y en el marco de estas metas globales, que este trabajo analizó los resultados de esa vigilancia ambiental poniendo en manifiesto la necesidad y la importancia de reevaluar dicho proceso de vigilancia con acciones más regulares, en beneficio de una salud ambiental colectiva.

Otra de las limitantes evidenciadas refiere el uso de diferentes técnicas de análisis de fluoruro en agua, aun cuando el método recomendado desde vigilancia en salud pública es el potenciométrico (41). Y es que por estar en el protocolo de vigilancia, este método debería estar implementado en los departamentos que sí realizan vigilancia rutinaria.

Las implicaciones de los hallazgos antes descritos y de las limitaciones del análisis indican que tanto las autoridades ambientales como las de salud pública deben fortalecer la vigilancia de fuentes de fluoruro en las áreas de mayor riesgo. Ello requiere de la implementación de esta vigilancia en los departamentos donde aún no se realiza, propender por estandarizar un método de identificación de fluoruros, como lo establece el protocolo de vigilancia en salud pública, y definir acciones desde salud pública para la prevención, control y tratamiento de la fluorosis dental en las regiones identificadas con riesgos muy graves y graves por ICF.

Se concluye que fueron identificados riesgos combinados ambientales (agua) y biológicos (ICF) para intoxicación crónica por fluoruro en Colombia, y que espacialmente se ubican, principalmente, en la región Andina, dado que es donde se realiza con mayor frecuencia vigilancia de calidad del agua. No fue posible identificar riesgos por exceso de fluoruro en agua en varios departamentos de la Amazonia y de la Orinoquía, debido a la falta de

información en dichas regiones. Los municipios con ICF muy graves y graves para fluorosis dental no presentaron altos niveles de fluoruro en agua durante los años analizados, por lo que deben profundizarse los análisis en cuanto a exposición a otras fuentes de fluoruro en estos territorios.

## Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Salud por el acceso a las bases de datos de vigilancia de exposición a flúor y del sistema de vigilancia de calidad del agua, y a todos los referentes de las entidades territoriales que realizan rutinariamente vigilancia centinela de la exposición a flúor.

## Contribución de los autores

Sandra Patricia Misnaza Castrillón: diseño del estudio, análisis de la información, escritura del artículo. Johanna Katherine Bernal Sotelo: diseño del estudio, análisis de la información, escritura del artículo. María Nathalia Muñoz Guerrero: diseño del estudio, escritura del artículo.

## Conflictos de interés

Las autoras declaran no tener conflicto de intereses con la preparación y publicación de esta investigación.

## Referencias

1. Ryczel ME. Flúor y Agua de Consumo - Su relación con la salud - Controversias sobre la necesidad de fluorar el agua de consumo. Boletín del Asociación Toxicológica Argentina. 2006; 20(72): 21–26. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd63/fluor.pdf?ua=1>
2. Gómez S. Fluorterapia en odontología para el niño y el adulto. Tercera edición. Santiago de Chile: Colgate; 2001. pp. 20–42 .
3. Ministerio de Salud de Costa Rica. Remoción de flúor. 2013. Disponible en: <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/investigacion-y-tecnologia-en-salud/inventarios/inventario-tecn-de-agua-de-consumo-humano/tratamiento-y-desinfeccion-del-agua-para-consumo-h/documento-tecnico-8/2012-remocion-de-fluor-enohsa/file>
4. Sánchez H. El uso fluoruros como medida de salud pública. En: Foro sobre efectos sistémicos de Flúor en Colombia. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana; 1997. p. 17.

5. **Ministerio de Salud y Protección Social.** Foro de evaluación y perspectiva del uso de flúor en programas de salud pública, para el control de caries dental y el control de intoxicación crónica, como insumo para la formulación de política pública en Colombia. 2016. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ENT/relatoria-foro-fluor.pdf>
6. **Warren J, Levy S, Broffitt B, Cavanaugh J, Kanellis M, Weber-Gasparoni K.** Considerations on Optimal Fluoride Intake Using Dental Fluorosis and Dental Caries Outcomes – A Longitudinal Study. *Journal of Public Health Dentistry*. 2009; 69(2): 111–115. <https://doi.org/10.1111/j.1752-7325.2008.00108.x>
7. **República de Colombia – Ministerio de la Protección Social – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.** Resolución 2115 de 2007. Colombia junio 22 de 2007.
8. **República de Colombia – Ministerio de Salud.** Decreto 547 de 1996. Por el cual se reglamenta el Título V de la Ley 09 de 1979, en cuanto a la expedición del registro Sanitario y a las condiciones sanitarias de producción, empaque y comercialización, al control de la sal para consumo humano y se dictan otras disposiciones sobre la materia. Bogotá: Diario Oficial No. 42.748, del 20 de marzo de 1996.
9. **Martignon Biermann S, Granados–Cepeda OL.** Prevalencia de fluorosis dental y análisis de asociación a factores de riesgo en escolares de Bogotá. *Rev. Cient.* 2002; 8(1): 19–27.
10. **Sánchez H, Parra JH, Cardona D.** Fluorosis dental en escolares del departamento de Caldas, Colombia. *Biomédica*. 2005; 25(1): 46–54. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v25i1.1326>
11. **Ramírez–Puerta BS, Franco–Cortés AM, Ochoa–Acosta EM.** Fluorosis Dental en Escolares de 6 a 13 Años de Instituciones Educativas Públicas de Medellín, Colombia. 2006. *Revista de salud pública*. 2009; 11(4): 631–640.
12. **Ramírez–Puerta BS, Franco–Cortés AM, Gómez–Restrepo AM, Corrales–Mesa DI.** Fluorosis dental en escolares de instituciones educativas privadas. Medellín, Colombia, 2007. *Revista Facultad de odontología Universidad de Antioquia*. 2010; 21(2): 170–176.
13. **Ramírez–Puerta BS, Molina–Ochoa HM, Morales–Flórez JL.** Fluorosis dental en niños de 12 y 15 años del municipio de Andes. *Revista CES odontología*. 2016; 29(1): 33–43. <https://doi.org/10.21615/3927>
14. **República de Colombia – Ministerio de Salud.** Encuesta Nacional de Salud Bucal, ENSAB III. Colombia, 1998.
15. **República de Colombia – Ministerio de Salud y Protección Social.** Encuesta Nacional de Salud Bucal, ENSAB IV. Colombia, 2013 – 2014. pp. 52–197.

16. Gómez-Scarpetta RÁ, Olaya-Pardo M, Barbosa-Rivera A, Durán-Arismendy L, Vergara-Bobadilla H, Rodas-Avellaneda 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): 25–38.
17. Zaror C, Vallejos C, Corsini G, de la Puente C, Velásquez M, Tessada-Sepúlveda R *et al* . Revisión Sistemática sobre los Efectos Adversos de la Fluoración del Agua. *Int. J. Odontostomat*. 2015; 9(1): 165–171. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-381X2015000100025>
18. Hidalgo-Gato Fuentes L, Duque de Estrada Riverón J, Mayor-Hernández Félix, Zamora-Díaz JD. Fluorosis dental: no solo un problema estético. *Rev Cubana Estomatol*. 2007; 44(4).
19. República de Colombia – Ministerio de Salud. Resolución 8430 de 1993, Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. 1993. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>
20. Mohammadi AA, Yousefi M, Yaseri M, Jalilzadeh M Mahvi AH. Skeletal fluorosis in relation to drinking water in rural areas of West Azerbaijan, Iran. *Sci Rep*. 2017; 7: 17300. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17328-8>
21. Jolly SS, Singh BM, Mathur OC, Malhotra KC. Epidemiological, Clinical, and Biochemical Study of Endemic Dental and Skeletal Fluorosis in Punjab. *Br Med J*. 1968; 4: 427. <https://doi.org/10.1136/bmj.4.5628.427>
22. Teotia SPS, Teotia M, Singh RK. Hydro-Geochemical Aspects of Endemic Skeletal Fluorosis in India- an Epidemiologic Study. 1981. Disponible en: [https://www.fluorideresearch.org/142/files/FJ1981\\_v14\\_n2\\_p049-097.pdf#page=25](https://www.fluorideresearch.org/142/files/FJ1981_v14_n2_p049-097.pdf#page=25)
23. Guissouma W, Hakami O, Al-Rajab AJ, Tarhouni J. Risk assesment of fluoride expusure in drinking water of Tunisia. *Chemosfere*. 2017; 177: 102–108. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.03.011>
24. Wang C, Gao Y, Wang W, *et al* A national cross-sectional study on effects of fluoride-safe water supply on the prevalence of fluorosis in China. *BMJ Open*. 2012; 2(5): e001564. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2012-001564>
25. Environmental Protection Agency. Fluoride: dose – response analysis for non cancer effects. 2015. Disponible en: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/fluoride-study-summaries.pdf>
26. González I, Galán E, Fabbri B. Problemática de las emisiones de flúor, cloro y azufre durante la cocción de materiales de la industria ladrillera. *Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidrio*. 1998; 37(4): 307–313.

27. **Peiró GP.** Emisión de compuestos de flúor durante la cocción de baldosas cerámicas [Tesis doctoral]: Universitat Jaume I. Departament d'Enginyeria Química; 2016. p. 308.
28. **Méndez, E.** La industria del Aluminio y sus refractarios. *Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidrio.* 1980; 19 (6): 395–400.
29. **Limbozzi F.** Elementos traza en el agua subterránea. Rol de la zona no saturada como fuente de aporte de flúor. [Tesis doctoral en Química]: Universidad Nacional del Sur. p. 214.
30. **Gobierno Vasco.** Sistema de información de aguas de consumo de la CAPV. Disponible en: <http://www.osakidetza.euskadi.net/r85-cksalu10/es/j15aWar/j15aindex.jsp>
31. **World Health Organization.** Basic Methods for Assessment of Renal Fluoride Excretion in community prevention programmes for oral health. France: World Health Organization. 2014. Disponible en: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/112662/9789241548700\\_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/112662/9789241548700_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
32. **World Health Organization.** Preventing disease through healthy environments. Inadequate or Excess Fluoride: a Major Public Health Concern. Geneva: World Health Organization. 2010. Disponible en: <https://www.who.int/ipcs/features/fluoride.pdf?ua=1>
33. **Arias HY, Antosová G.** Perfil espacial de la economía boyacense. *Apuntes Del CENES.* 2015; 34(59): 93–124.
34. **Beltrán-Valladares PR, Cocom-Tun H, Casanova-Rosado JF, Vallejos-Sánchez AA, Medina-Solís CE, Maupomé G.** Prevalencia de fluorosis dental y fuentes adicionales de exposición a fluoruro como factores de riesgo a fluorosis dental en escolares de Campeche, México. *Rev. invest. Clín.* 2005; 57(4): 532–539.
35. **Wong MCM, Glenney AM, Tsang BWK, Lo ECM, Worthington HV, Marinho VCC.** Topical fluoride as a cause of dental fluorosis in children. *Cochrane Database of Systematic Reviews.* 2010; 1: CD007693. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD007693.pub2>
36. **Marthaler TM, Schulte AG.** Monitoring salt fluoridation programs through urinary excretion studies. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2005; 115(8): 679–684.
37. **Collins EM, Segreto VA.** Urinary fluoride levels of children residing in communities with naturally occurring fluorides in the drinking water. *ASDC J Dent Child.* 1984; 51(5): 352–355.
38. **Villa AE.** Critical evaluation of previously published data on the fractional urinary fluoride excretion in young children. *Community Dent Health.* 2004; 21(2): 155–160.

39. Juárez-López M, Hernández-Guerrero JC, Jiménez-Farfán D, Frechero-Molina N, Murrieta-Pruneda F, López-Jiménez G. Excreción urinaria de flúor por preescolares en la ciudad de México. *Revista de investigación clínica*. 2008; 60(3): 241–247.
40. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Objetivos de desarrollo sostenible. Disponible en: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
41. República de Colombia – Instituto Nacional de Salud. Anexo 4. Análisis de fluoruro en muestras de agua mediante la técnica de Electrodo Selectivo de Iones. Disponible en: <http://www.ins.gov.co/Direcciones/Vigilancia/Lineamientosydocumentos/Anexo%203%20FLUOR%20Análisis%20de%20fluor%20en%20agua.pdf>