



Concentración de flúor natural en fuentes hídricas cercanas a zonas volcánicas, que abastecen los acueductos de los municipios de Popayán, Coconúco y Puracé

Inés Amparo Revelo Mejía

Odontóloga, Magister en Administración de Salud.

Profesor asistente Facultad de Odontología, Universidad Antonio Nariño, sede Popayán.

email: inrevelo@uan.edu.co

Robinson Gutiérrez Idrobo

Odontólogo egresado Facultad de Odontología, Universidad Antonio Nariño, sede Popayán.

Vilma Adriana López Fernández

Odontóloga egresada Facultad de Odontología, Universidad Antonio Nariño, sede Popayán.

Alejandra López RosalesF

Odontóloga egresad. Facultad de Odontología, Universidad Antonio Nariño, sede Popayán.

Francy Catherine Astaiza Montenegro

Odontóloga egresada Facultad de Odontología, Universidad Antonio Nariño, sede Popayán.

Leomary Garcés Rengifo

Odontóloga egresada Facultad de Odontología, Universidad Antonio Nariño, sede Popayán.

Paola Andrea López Ordoñez

Odontóloga egresada Facultad de Odontología, Universidad Antonio Nariño, sede Popayán.

Resumen

Antecedentes: El contenido de fluoruros en agua de consumo humano es útil para prevenir la caries dental en concentraciones cercanas a 0.5 ppm, pero si supera 1.0 ppm se constituye en riesgo de fluorosis dental debido a que el agua es la principal fuente de exposición al fluoruro. En un inventario realizado en Colombia se evidenció que el contenido natural de flúor en el agua de los acueductos no es perjudicial excepto en el municipio de Rivera (Huila) donde se encontró la concentración más alta del país (1.01 ppm). Este estudio establece también que en el departamento del Cauca las concentraciones de flúor son inferiores a 0,5 ppm. **Objetivo:** Identificar la concentración de fluoruro en agua de fuentes que abastecen los acueductos de los municipios de Popayán, Coconúco y Puracé. **Metodología:** El estudio es descriptivo exploratorio. El número de muestras de agua es de 66 subdivididas en 45 tomas en Popayán, 12 en Coconúco y 9 en Puracé. La variable de análisis es la concentración de flúor; determinada por el método (ISE) electrodo de ion selectivo con lectura en laboratorio comercial certificado y el análisis estadístico, es univariado. **Resultados:** Las concentraciones de fluoruro reportadas por el laboratorio para Popayán en las cuatro subcuencas del río Cauca son inferiores a 0.5 ppm., y en la cuenca

principal río Cauca es de 0.8 ppm. En el análisis de las muestras tomadas en Coconúco y Puracé, las concentraciones del fluoruro son inferiores a 0.5 ppm. **Conclusiones:** Las muestras tomadas, tienen concentraciones inferiores a 0.5 ppm., y no son suficientes para prevenir la caries dental excepto la del río Cauca que presentó una concentración más alta, sin embargo no representa riesgo para desencadenar fluorosis dental o/y ósea.

Palabras clave: Fluoruros, Intoxicación por flúor, Agua potable, Fluorosis dental.

Introducción

El inventario sobre contenido natural de flúor en aguas de acueductos urbanos realizado en 1988 a nivel nacional en los municipios de Colombia, reportó que en el departamento del Cauca las concentraciones de flúor son inferiores a 0,5 ppm, valores que no representan riesgos para la salud de los habitantes. (1) Sin embargo en algunas poblaciones urbanas y rurales de este departamento la evidencia clínica, muestra presencia de manchas dentales asociadas a fluorosis, posiblemente resultante de una ingesta alta de flúor, mayor a 1ppm., proveniente principalmente del agua. El sistema



integrado de información de la secretaria departamental de salud del Cauca, a través de los registros individuales de prestación de servicios (RIPS), reportó en el año 2009 un total de 237 casos de fluorosis dental; en 2010, 462 casos, para el primer semestre de 2011, 178 casos; sin tener en cuenta los de Popayán que sobrepasan los 700 casos por año (2). Estas manifestaciones se presentan de manera similar en otros municipios como Coconúco, y Puracé que durante el levantamiento del índice COP-d y valoración de fluorosis en niños de 12 años como parte del PIC (Plan de Intervenciones Colectivas) se observó la presencia preocupante de frecuentes manchas en el esmalte dental, que corresponden a fluorosis dental presuntiva. (3).

La malla hidrográfica de la zona central del departamento del Cauca donde se ubican los municipios de Popayán, Coconúco y Puracé es muy diversificada, gracias a la heterogeneidad del relieve y configuración del sistema montañoso, cuyas ramificaciones, depresiones y valles determinan que los drenajes se desplacen en sentido distributivo por las grandes diferencias de altura que presentan. Los ríos generalmente corren a través de cañones profundos, debido a las formas escarpadas del relieve. Los suelos de la región varían moderadamente de medio a profundo y en su mayoría son de texturas arcillosas. (4) La ubicación geográfica de Popayán, corresponde a la Cordillera Central de los Andes, se encuentra relacionada con el Macizo Colombiano, con la zona volcánica del Puracé y con la presencia cercana de aguas termales, estas características permiten sospechar que los contenidos de minerales en estas fuentes son altos. El municipio de Coconúco y Puracé políticamente es uno solo pero geográficamente tiene dos cabeceras y ofrece gran riqueza hídrica, porque en su territorio se originan importantes ríos y quebradas que pertenecen a la gran cuenca Cauca-Magdalena (5). Este municipio dista 26 km de Popayán, la mayor parte del territorio es montañoso y la Cadena Volcánica de los Coconucos es el rasgo geológico más importante; con actividad post-glaciación del volcán Puracé.

El subsuelo está constituido por rocas metamórficas de la era Paleozoica, rocas ígneas del Triásico-Jurásico, rocas sedimentarias de la edad Cretácea y en mayor cantidad rocas volcánicas Terciarias-Cuaternarias (6). En el agua de los ríos están presentes minerales que provienen del lecho por donde pasan, por lo que pueden contener fenoles, arsénico, plomo, selenio y hierro generalmente procedentes de residuos industriales; además de

cobre, zinc, magnesio, cloruros, sulfatos, calcio, yodo, nitratos y también se puede encontrar fluoruros aunque más escasos, originados de cenizas y de las rocas de formación ígnea (7). El agua puede tener flúor en concentraciones variables; los recursos hídricos localizados en zonas montañosas o en áreas con depósitos geológicos de origen marino tienen mayor concentración; el agua de mar contiene flúor entre 0,8 y 1,4 mg/l., y las aguas dulces presentan grandes oscilaciones, generalmente en forma de fluoruros alcalinos (8).

El flúor ocupa el trigésimo lugar como elemento químico de mayor abundancia en la corteza terrestre, es el más reactivo de todos los elementos y no es posible encontrarlo en estado libre, sino combinado como sales de fluoruros, siendo las más importantes: el fluoruro de calcio o fluorita (CaF_2), el fluoraluminio de sodio o criolita (Na_3AlF_6) y el fluorfosfato de calcio o flúorhidroxiapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$). Es por eso que su denominación normal es la de fluoruro y no de flúor (9). El flúor es un bioacumulador persistente y está presente en grandes cantidades en cadenas de producción de alimentos, bebidas embotelladas, pasta dental y enjuagues bucales. (10) El flúor en concentraciones bajas (0.5 ppm) es un elemento esencial en la prevención de la caries dental; provoca una disminución en la solubilidad del esmalte haciéndolo más resistente al ataque de los ácidos que resultan del metabolismo de la biopelícula oral, reduce la caries en 60%, si es absorbido por vía sistémica y en 30% si es por vía tópica (11).

La principal vía de incorporación del flúor al organismo humano es la digestiva; se fija en los huesos y dientes en el periodo álgido de la calcificación; se absorbe rápidamente por difusión en la mucosa del estómago y del intestino delgado. Una vez ingerido, en minutos se detecta niveles elevados en plasma sanguíneo y una hora después se presenta el pico máximo de absorción. La mayor cantidad de flúor absorbido, se incorpora en los tejidos mineralizados del cuerpo humano (99%) y se elimina por riñón, pero este filtrado puede continuar durante años después de terminada la exposición crónica a altas concentraciones. Otras vías de eliminación son la leche materna, placenta, saliva y materia fecal (12). Múltiples estudios afirman que la dieta natural de fluoruros no evita la caries y por lo tanto no representa riesgo de fluorosis dental, esto se ha demostrado en más de sesenta años, con más de 10.000 investigaciones realizadas en todo el mundo, Los estudios epidemiológicos clásicos lo han comprobado, de lo

contrario no sería necesaria la adición de fluoruros al agua de acueductos y por lo tanto no es sumatorio con otro tipo de ingesta (13).

El flúor contenido en el agua potable se absorbe casi totalmente (95-97%) y en mínima proporción el unido a los alimentos. En el caso de las leches fluoradas de fórmula para bebés, la absorción no supera el 60% y en aplicaciones tópicas se fija al esmalte del diente en su pared de desmineralización exterior por intercambio iónico con el medio salival (14). La falta de control en la ingesta de flúor puede llevar a niveles de toxicidad, causando daño a la salud dental y general. La toxicidad aguda se produce por consumo accidental de una dosis igual o mayor a 2,5 gramos de sales de flúor, que puede llevar a la muerte. La toxicidad crónica para el caso de la sal de cocina o cloruro de sodio se produce como resultado de la ingesta acumulada, en niveles superiores a 220 ppm, por un periodo de 5 a 7 años, y para el agua cuando se ingiere diariamente más de 1,0 ppm., dando como resultado la aparición de signos clínicos en el esmalte o fluorosis dental, caracterizada por presencia de manchas que van desde el color blanco, pasando por amarillo o café hasta llegar a pardo oscuro y en casos extremos se produce la fractura del diente (15). Según la OMS, cuando la concentración de flúor supera el valor paramétrico de 1.0 mg/l y la exposición es prolongada puede resultar afectado el tejido óseo, desarrollándose fluorosis esquelética que consiste en rigidez de las articulaciones, deformidades esqueléticas y espondilitis; estado que se conoce como intoxicación crónica avanzada por flúor. (16)

Este estudio es necesario para poder identificar la fuente de intoxicación que permita correlacionar los casos con los diagnósticos de fluorosis; por lo tanto el Objetivo planteado fue: Identificar la concentración de fluoruro en agua de fuentes que abastecen los acueductos de los municipios de Popayán, Coconúco y Puracé.

Materiales y métodos

El tipo de estudio es descriptivo exploratorio con una muestra intencional conformada por 66 tomas de agua, procedente de las microcuencas que nutren los principales acueductos urbanos y rurales de las cuales 45 pertenecen a Popayán, 12 a Coconúco y 9 a Puracé (Cuadro 1).

La recolección y lectura de las muestras de agua se realizó entre enero y mayo de 2013. La variable analizada corresponde a la concentración de

fluoruro, medida en ppm., (mg/L); determinada directamente por la concentración de flúor como ion fluoruro en agua, por medio del método (ISE) Electrodo de Ion Selectivo. Esta técnica electroquímica utiliza un electrodo de media celda en estado sólido, cuyo componente principal es un cristal revestido tipo láser, con una membrana de fluoruro de lantano (LaF3) enlazada a un cuerpo epoxi. Cuando el electrodo se sumerge en una muestra de agua que contiene iones fluoruro, se genera una corriente eléctrica entre la muestra y la solución interna del electrodo, creando un potencial de celda electrolítica, a través del cual, sólo pueden pasar los iones fluoruro (F⁻), que se registran en forma de actividad o concentración iónica (17).

El agua se envasó en recipientes de poliuretano con las respectivas normas de bioseguridad debidamente rotulados y refrigerados hasta el momento del análisis en el laboratorio comercial certificado de la ciudad de Cali. La lectura del fluoruro se realizó teniendo en cuenta el valor admisible vigente. (Cuadro 2)

Resultados

Las concentraciones de fluoruro en agua tomadas en las bocatomas de los acueductos de Popayán reportadas por el laboratorio para las cuatro subcuencas son inferiores a 0.5 ppm. El laboratorio, no reportó los valores inferiores exactos debido a la estandarización del equipo (potenciometro o voltímetro) que indica la diferencia de tensión del sistema de electrodos en unidades de concentración. Respecto a la medición del fluoruro en la cueca principal que es el río Cauca se encontró una concentración de 0.83 ppm (Tabla 1).

En las muestras de agua tomadas en el municipio de Coconúco se encontró valores menores de 0,5 ppm (Tabla 2).

Y en el análisis de las muestras de agua de los ríos de Puracé también los valores encontrados fueron inferiores a 0.5 ppm (Tabla 3).

Discusión

En el agua de las cuatro subcuencas que abastecen los acueductos urbanos y rurales del Municipio de Popayán, Piedras, Molino, Palacé y Pisojé, no se encontró concentraciones suficientes para prevenir la caries dental es decir de 0.5 ppm, Estos hallazgos son similares a los encontrados en el estudio realizado en las microcuencas de agua del Municipio de Pasto en 2009, porque no se encontró



concentraciones importantes de flúor (18). En la cuenca del río Cauca se contabilizó concentraciones de 0.8 ppm de fluoruro que no superan el parámetro de 1.0 ppm de fluoruro, para considerar que estas fuentes constituyen un riesgo para la salud de las personas que la consumen en especial el riesgo de padecer fluorosis dental y según la literatura no alcanzan a interferir en el proceso de amelogenesis. Esto coincide con las tomas realizadas en las microcuencas que circundan al Volcán Galeras específicamente del Río Azufral y Río Cariaco localizadas en el municipio de Conscá, Nariño (18).

Este hallazgo verifica la teoría de la presencia de fluoruros en aguas cercanas a zonas volcánicas, donde el contenido del flúor en el agua depende de la presencia de minerales fluorados en las fuentes naturales y de la existencia de contaminantes atmosféricos producto de la emanación de gases de los volcanes; en el caso de Pasto por el Volcán Galeras y en el caso de Popayán por la cercanía con el volcán Puracé. Con base en el Decreto Nacional 1575 de 2007 del Ministerio de Protección Social, en lo referente a las concentraciones del flúor, se puede evidenciar que el análisis fisicoquímico de los nacimientos de agua pertenecientes al municipio de Coconuco y Puracé, arrojaron un resultado de acuerdo a los valores referenciales y dentro del rango sin riesgo para el consumo humano porque todos los valores encontrados eran inferiores a 0.5 ppm.

Las muestras tomadas de los siete sitios, establecieron que las concentraciones encontradas son inferiores a 0.5 ppm, por lo tanto no son útiles para prevenir la caries dental y tampoco representan riesgo para contraer fluorosis dental ni ósea. Sin embargo estos hallazgos no eximen completamente del riesgo de contraer este tipo de patologías y por lo tanto no se debe bajar la guardia. Si bien el laboratorio utilizado está debidamente certificado, la probabilidad de error tecnológico existe. También es necesario tener en cuenta que hay diversas fuentes de abastecimiento de agua, como pozos, sobre todo en áreas rurales que pueden ser sumatorias entre ellas. Los contenidos en minerales de estas fuentes son altos teniendo en cuenta que la mayor o menor cantidad de fluoruros depende de la profundidad, porosidad de las rocas; de los suelos; temperatura y de la concentración de iones hidrogeno y calcio presentes en el agua. Además es sabido que en las

aguas alcalinas y en las que tienen una temperatura elevada hay más probabilidades de mayores concentraciones del fluoruro (13).

Existen estudios que comprueban la existencia de una asociación directa entre la concentración natural de fluoruros en aguas de consumo y la presencia de fluorosis dental; además de una asociación inversa entre la concentración de flúor en las aguas y la prevalencia de caries dental; es decir, que a medida que la concentración de flúor en el agua aumenta sobre 1,0 mg/L disminuye el número de lesiones cariosas en la dentición permanente y se incrementa la prevalencia de fluorosis dental (19).

Aunque el presente estudio no reportó una alarma para la salud general y dental, esto no significa que se deba descuidar y no realizar un seguimiento continuo, tanto a las fuentes de agua como a la población que se nutre de ellas; porque si bien no hay reporte de un número alto de casos con fluorosis dental si hay muchos casos con diagnósticos presuntivos de esta patología, reportados en la clínica odontológica universitaria de Popayán.

Además en el análisis de la prevalencia de fluorosis dental según regiones, realizado por IV ENSAB, se encontró que en los niños de 5 años en dentición temporal, la región Central ocupa el cuarto puesto con (4.50%). después de Bogotá que presenta la mayor prevalencia (5.68%), seguida de la región Oriental (5.57%). En las edades de 12 y 15 años, la mayor prevalencia se ubica en la región Pacífica con 78.01%, en tanto las demás regiones presentan una situación similar oscilando entre la región Atlántica con un 56.69% y la Central con 53.86% con la prevalencia más baja (20).

Conclusiones

Las concentraciones de fluoruro natural encontradas en el agua de las cuatro subcuencas que abastecen los acueductos urbanos y rurales del municipio de Popayán y de los nacimientos de agua que nutren los acueductos de Coconuco y Puracé se encuentran muy por debajo de 0,5 ppm., por lo tanto no constituyen valores protectores contra la caries dental de la población infantil.

Respecto a la concentración de fluoruro encontrada en la cuenca del río Cauca, de 0.8 ppm, siendo más alta, si es útil para prevenir la caries dental pero no sobrepasa el valor límite permisible en el



agua para Colombia que va desde 1.0 mg/L., por lo tanto no se considera con riesgo para producir fluorosis dental a la comunidad que la consume.

Agradecimientos

Los autores agradecemos al grupo de investigación en Salud Oral, Línea de profundización en promoción y prevención. De igual forma se extiende la invitación a estudiantes y docentes que tengan interés en el área de fluoruros dentales y que quieran realizar trabajos de investigación

Bibliografía

1. Moncada, O.; Jiménez, G. "Inventario del contenido natural de flúor en las aguas para consumo público, Colombia 1988". Instituto Nacional de Salud, Bogotá. Revista de salud pública. Informe Técnico N° 1, 1995.
2. Secretaria Departamental de Salud del Cauca. [Internet]. Información RIPS. Popayán. 2013. Disponible en: [www.saludcauca.gov.co] revisado en: 2 marzo 2013.
3. Secretaría de Planeación departamental del Cauca [Internet]. Contraloría departamental del Cauca. Metodología para la elaboración del informe. "Diagnóstico de Condiciones Sociales y Económicas". Línea Base de Indicadores Socio-económicos. Disponible en: [http://sotara-cauca.gov.co/apc-aa-files/35623431306137346239356236623738/metodologia_linea_base.pdf]. Revisado en: febrero de 2012.
4. Corporación Autónoma Regional del Cauca. CRC [Internet]. Plan de Acción. 2012-2015. Disponible en: [crc.gov.co/files/PASegundaversión/Doc_Plan_Acción_2012_2015_Oct_26_2012.pdf].
5. Corporación Autónoma Regional del Cauca. CRC [Internet] Estudios de factibilidad para las diferentes subcuencas y microcuencas del Departamento del Cauca, 1995-1996. Disponible en: [popayan-cauca.gov.co/apc./Microsoft_Word_FINAL_AMBIENTAL_1_1_.pdf]. Revisado en febrero de 2013.
6. Esquema de Ordenamiento Territorial, EOT. Municipio de Coconúco - Puracé. [Internet] 2007. "Diagnostico Territorial. Componente Rural 2007-2012". Disponible en: [http://www.cdim.esap.edu.co/.../eot%20-%20purace%20-%20esquema%20de%20ordenamiento] Revisado en marzo de 2014.
7. Martínez, L. "Justificación actual de la fluoración del agua. Presente y futuro en España". [Internet]. Federación de Odontólogos de la Universidad de Barcelona. 1999. Disponible en: [http://www.odontologiapreventiva.com/fluor/agua.htm]. Revisado en febrero de 2013.
8. Concha, I. Ventajas y desventajas del uso tópico de flúor para la prevención de caries dental de 6 años. Universidad de Guayaquil. Facultad Piloto de Odontología. Junio de 2012.
9. Yoder, K.M.; Mabelya, L.; Robison, V.A.; Dunipace, A.J.; Brizendine, E.J.; Stookey, G.K. "Severe dental fluorosis in a Tanzanian population consuming water with negligible fluoride concentration". Community Dentistry and Oral Epidemiology. 1998; 26 (6), pp. 382-393.
10. Chirino, S L. "El Peligro Latente del Flúor". Enfoque Sott.net España. 2011; 07: 29 UTC.
11. Cárdenas, D. Fundamentos de odontología. Corporación para Investigaciones Biológicas. Medellín Colombia. 1996.
12. Sosa, R.M. "Evolución de la fluoruración como medida para prevenir la caries dental". Revista Cubana de Salud Pública. July-Sept., 2003; 29 (3).
13. Herazo, B. Fluoruros. Ediciones Monserrate Ltda. Bogotá Colombia 1988.
14. Ramesh, N.; Vuayaraghavan, A.S.; Desai, B.S.; Natarajan, M.; Murthy, P.B.; Pillai, K.S. "Low levels of p53 mutations in Indian patients with osteosarcoma and the correlation with fluoride levels in bone". J. Environ Pathol Toxicol Oncol; 2001. 20 (3), pp. 237-243.
15. Oliveira, S.; Teixeira, M.; Sá Lopes, L.; Prates, A.; De Andrade, A.; De Amorim, L. "Fluorose dentaria em escolares de 12 e 15 anos de idade. Salvador, Bahía, Brasil, nos anos 2001 e 2004". Cad. Saúde Pública, Río de Janeiro; 2006. 22 (6), pp. 1201-1206.
16. World Oral Health. OMS. World Oral Health Report. Continuous Improvement Of Oral Health In The 21st Century. The Approach Of The WHO Global Oral Health Programme. Ginebra. 2003.



17. Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Decreto Nacional 1575 de 2007. Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. 2007.
18. Guerrero, H.; Revelo, I.A. "Contenido de flúor natural en microcuencas de agua ubicadas en los corregimientos y otros municipios cercanos a San Juan de Pasto". Revista Memorias; 2008. 3 (10): pp. 1-8.
19. Beltrán, E.D.; Barker, L.; Dye, B.A. "Prevalence And Severity Of Dental Fluorosis In The United States, 1999-2004". NCHS Data Brief; 2010, (53), pp. 1-8.
20. Ministerio de Salud de Colombia. IV Estudio Nacional de Salud Bucal – ENSAB IV. Situación de salud bucal. ISSN 978-958-8838-87-8. Impresión Buenos y creativos. 2015.

