



Original

COMPARACIÓN DE CONCENTRACIÓN Y EXCRECIÓN DE FLÚOR, CON Y SIN FORTIFICACIÓN DE FLÚOR EN SAL, COSTA RICA 2005

Comparison of fluoride concentration and excretion in fortified and non-fortified salt use. Costa Rica 2005

Chavarría-Roman Patricia¹, Rivera-Sanabria Carolina², Salas-Pereira Mary Tere³

- (1) Doctora en cirugía dental, Licenciatura en Odontología, INCIENSA, pchavarría@inciensa.sa.cr, Apartado 4-2250, Tres Ríos, Cartago, Costa Rica, América.
- (2) Maestría en Administración de Servicios de Salud, Licenciatura en Odontología, INCIENSA, crivera@inciensa.sa.cr
- (3) Maestría en Métodos de Investigación, Especialista en Ortodoncia y Ortopedia, Práctica Privada, maryteresalass@gmail.com

Recibido: 15 junio 2017 | Aceptado: 1º noviembre 2018

RESUMEN

Objetivo: Determinar la concentración y excreción de flúor en orina de 24 horas en 4 grupos de edad y la exposición de flúor en uñas, sin y con fluoruración de la sal, después de un periodo de interrupción de siete meses. Cartago 2004-2005.

Metodología: Muestra no probabilística y secuencial de 127 individuos distribuidos en cuatro grupos poblacionales (4-6, 10-12, 15-17 y 35-60 años de edad). El análisis de flúor en orina, agua y sal se realizó con el electrodo específico. El análisis de flúor en uñas se realizó mediante el análisis de difusión facilitada con hexametildisiloxano (HMDS). Se calculó la concentración de flúor en orina, uñas, agua y sal, así como la excreción de flúor en orina.

Resultados: En el periodo sin sal fluorurada (fase 1), 90,5% de muestras de sal tenían menos de 15,8 mgF/kg (promedio 22,7 mgF/kg) y el agua un promedio de 0,25 mgF/l; en el periodo con sal fluorurada (fase 2) el promedio de flúor en sal fue de 143,5 mgF/kg, siempre con la concentración de agua de 0,25 mgF/l. La excreción urinaria de 24 horas y la concentración de flúor con 7 meses sin sal fluorurada en ambos casos fue menor en la fase I en los cuatro grupos de edad. Con sal fluorurada (fase II) la excreción aumentó en 80% en promedio, en todos los grupos de edad. Por el contrario, la concentración de flúor en uñas, fue más elevada durante la fase I, sin diferencias significativas entre grupos ni entre fases.

Conclusión: La interrupción de la fluoruración de la sal en Costa Rica permitió medir la presencia de éste elemento en la población centinela (control), confirmando que el organismo mantiene el flúor aún por 7 meses después de dejar de ingerir flúor independiente de la edad. La medición de la concentración de flúor en uñas podría constituirse en un método de medición de éste elemento para complementar el estudio de flúor en el organismo humano.

Palabras clave

flúor, fluoruración de la sal, excreción y concentración de flúor en orina, concentración de flúor en uñas, agua y sal

ABSTRACT

Objective: To determine the concentration and excretion of fluoride in urine of 24 hours in 4 age groups and fluoride exposure in nails, without and with fluoridation of the salt, after a period of interruption of seven months. Cartago 2004-2005.

Methodology: Non-probabilistic and sequential sample of 127 individuals distributed in four population groups (4-6, 10-12, 15-17 and 35-60 years of age). The analysis of fluorine in urine, water and salt was performed with the specific electrode. Nail fluoride analysis was performed by diffusion analysis provided with hexamethyldisiloxane (HMDS). The concentration of fluoride in urine, nails, water and salt, as well as the excretion of fluoride in urine was calculated.

Results: In the period without fluoridated salt (phase 1), 90.5% of salt samples had less than 15.8 mgF / kg (average 22.7 mgF / kg) and water averaged 0.25 mgF / L; In the period with fluoridated salt (phase 2) the average fluoride in salt was 143.5 mgF / kg, always with the water concentration of 0.25 mgF / l. The 24-hour urinary excretion and fluoride concentration at 7 months without fluoridated salt in both cases was lower in phase I in all four age groups. With fluoridated salt (phase II) excretion increased by 80% on average in all age groups. In contrast, the fluoride concentration in nails was higher during phase I, without significant differences between groups or between phases.

Conclusion: The interruption of fluoridation of salt in Costa Rica allowed the measurement of the presence of this element in the sentinel population (control), confirming that the organism maintains the fluoride still for 7 months after stopping ingesting fluorine independent of age. The measurement of the concentration of fluoride in nails could constitute a method of measuring this element to complement the study of fluorine in the human organism.

Keywords

Fluoride, fluoridation of salt, excretion and concentration of fluorine in urine, concentration of fluoride in nails, water and salt.



INTRODUCCIÓN

La fortificación de flúor en la sal es uno de los métodos reconocidos que aportan beneficio en la prevención de la caries dental, junto con otros métodos que también contribuyen con éste objetivo; sin embargo, se deben establecer mecanismos de control de este micronutriente para medir los efectos del mismo en el organismo. Entre estos mecanismos se encuentra la medición de la concentración y de la excreción del flúor en la orina, así como la determinación de la concentración de flúor en las uñas (1).

La excreción de flúor en orina para monitorear programas de fluoruración se utiliza como indicador de consumo, esta práctica se inició en los años sesenta con estudios sobre la fluoruración de la sal en Colombia (2), Hungría (3) y Suiza (4). Posteriormente, en 1995, Marthaler y colaboradores (5), diseñaron dos métodos para medir la tasa de excreción urinaria de fluoruro. El primer método consistió en la recolección supervisada de muestras por la mañana y la tarde entre 6 y 7 horas, el segundo método incluyó además de las recolecciones del primer método una recolección no supervisada durante la noche. Los autores concluyeron que el segundo método ofrecía menos variabilidad y más confiabilidad que el primero. En 1999, la OMS estableció los parámetros para monitorear la excreción y la concentración de flúor en la orina en comunidades que fortifican la sal, en ellos se establecen los rangos los valores mínimo y máximo que se debería esperar en

comunidades o países donde se realiza éste tipo de fortificación como es el caso de Costa Rica (6).

La evidencia científica ha demostrado que el fluoruro es una de las medidas más eficaces para la prevención de caries. La historia ha confirmado el éxito del fluoruro en la salud pública por más de 60 años, según la experiencia de países como los Estados Unidos y Suiza en fluoruración del agua y la sal, respectivamente (7). En el ser humano se utilizan el agua y la sal como vehículos en la estrategia de fortificación con fluoruros. La sal tiene la ventaja de no requerir una red de abastecimiento público y es más económica que la fluoruración del agua según las experiencias en América Latina (1).

En América varios países disponen de programas de fluoruración de agua y sal; en la última década la Organización Panamericana de la Salud (OPS) ha impulsado la extensión de éstas medidas de prevención por su costo-beneficio en la disminución de la prevalencia y severidad de la caries dental (8). El efecto de esta medida en el esmalte dental se ha comprobado en diversos estudios y es abalado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), según sus áreas de acción en salud oral prioritarias (9). La razón más aceptada para explicar este descenso es el uso generalizado de flúor en todas sus modalidades, cuyos efectos beneficiosos en la prevención de la caries dental están ampliamente documentados desde



que comenzó a utilizarse hace aproximadamente sesenta años (10). Los efectos preventivos de fluoruro se observan en tres mecanismos específicos: 1. reduce la solubilidad del esmalte en ácido mediante la conversión de hidroxiapatita en una menos soluble fluorhidroxiapatita / fluorapatita 2. ejerce una influencia directa en la placa dental mediante la reducción de la capacidad de los microorganismos de la placa para producir ácido. 3. promueve la remineralización o reparación de esmalte de los dientes en áreas que han sido desmineralizadas por los ácidos (11).

En Costa Rica ésta estrategia preventiva ha contribuido en el descenso de la prevalencia y severidad de la caries dental. La fortificación de la sal con fluoruro se implementó desde el año 1987 mediante el Programa Nacional de Fluoruración de la Sal (PNFS), que ha realizado diversos estudios de medición del impacto de esta medida en la población con el fin de monitorear, controlar y vigilar esta estrategia. El estudio que justificó el establecimiento del PNFS fue el de línea basal en el año 1985, que se realizó en escolares de 7 a 12 años de edad en el ámbito nacional, los resultados mostraron una concentración de flúor de 0,34 mg/l en orina y de 0,21 mg/l en agua (12).

Desde la implementación en Costa Rica, de la fortificación de flúor en la sal de consumo humano, se han manejado diferentes métodos para medir el nivel de este elemento en el organismo; la medición de la tasa de

excreción urinaria, es el parámetro por excelencia para realizar el monitoreo biológico del flúor.

La determinación de la exposición subcrónica, mediante la determinación de flúor en uñas, se ha constituido en un biomarcador utilizado en los últimos años, debido a su fácil manipulación para determinar la acumulación del elemento en un rango de tiempo; en diversos estudios se ha observado que después de 84 días ocurre un aumento aparente en las concentraciones de flúor en uñas (13). También se ha sugerido que la determinación de la concentración de flúor en uñas podría constituirse en un mejor indicador a nivel individual (14).

En el año 2005 se suspendió la fortificación de flúor en la sal y se aprovechó este periodo para realizar un estudio que reflejara los cambios ocurridos con la ausencia del flúor y posteriormente con el reinicio de la fortificación. El objetivo de este estudio es determinar la concentración y la excreción de flúor en orina de 24 horas y la exposición subcrónica de flúor mediante la determinación de la concentración de flúor en uñas, en cuatro grupos poblacionales (4-6, 10-12, 15-17 y 35-60 años), antes de reestablecer la fluoruración de la sal por parte de las empresas salineras y a los 9 meses de haberse restablecido esta medida.

El estudio es de tipo descriptivo transversal, donde se seleccionaron muestras representativas de los cuatro grupos de edad, de hombres y mujeres del cantón de La Unión de Cartago Costa Rica; esta localidad se ha sido seleccionada anteriormente,

como cantón “Centinela”, para el monitoreo de la fluoruración de la sal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue de tipo descriptivo, los objetivos fueron determinar la concentración de flúor en orina y la excreción de flúor en orina en cuatro períodos del día con extrapolación a 24 horas, así como la exposición subcrónica de flúor mediante la determinación de la concentración de flúor en uñas, en cuatro grupos poblacionales y en dos momentos distintos: siete meses después de suspendida la fortificación y ocho meses después de la reanudación de la fortificación.

Los sujetos de estudio se dividieron en grupos de población según edad. Primer grupo: 33 preescolares de tres a cinco años, segundo grupo: 30 escolares de 10 a 12 años, tercer grupo: 29 colegiales de 15 a 18 años y cuarto grupo: 35 adultos de 32 a 62 años de edad. El estudio se realizó en la comunidad de La Unión de Cartago.

Los menores de edad contaron con la autorización de los padres y/o encargados mediante el consentimiento informado para participar en el estudio.

Los indicadores utilizados en la investigación fueron la concentración de flúor en sal (mg/kg), en agua (mg/l), en uñas (mg/g) y la concentración (mg/l) y excreción de flúor en orina de 24 horas ($\mu\text{g/h}$). A cada individuo se le solicitó llevar a su centro educativo o de trabajo una muestra de la sal y agua que utilizan en sus casas con el fin de medir el aporte en el consumo de flúor, en

ambos casos se suministró una bolsa y una botella plásticas rotuladas respectivamente.

Para determinar la excreción y concentración flúor en orina, cada individuo entregó muestras en cuatro períodos del día. Se tomó una muestra en la mañana y en la tarde (supervisadas por el personal responsable de muestras y datos). Además, debieron entregar dos muestras recolectadas en su hogar, una por la noche y otra en la mañana del día siguiente (no supervisadas), para este fin se proporcionaron recipientes plásticos identificados. El personal a cargo recolectó estas muestras al día siguiente de iniciado el muestreo y fueron trasladadas en hieleras hasta el laboratorio, en donde se agregó la cantidad correspondiente de ácido etilendiaminotetracético (EDTA) según el volumen como preservante. El método de análisis empleado fue el electrodo de ión específico, según el procedimiento descrito por el National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) 15.

Asimismo, se determinó la concentración de flúor en uñas (mg/g), para medir la exposición subcrónica de flúor, para ello se recortó las uñas de manos y pies de cada individuo; las mismas fueron colocadas en un frasco plástico con tapa de rosca de 10 ml de capacidad identificado con los datos correspondientes, las muestras fueron lavadas con agua destilada en la USO y en el laboratorio del Centro Nacional de Referencia de Bromatología (CNRB), posteriormente se dejaron secar sobre papel absorbente y fueron enviadas a



la Universidad de São Paulo, Brasil para su análisis.

Los análisis de laboratorio de fluoruro en sal, agua y orina fueron realizados en el CNRB del Inciensa, mediante la técnica del electrodo de ión específico y el análisis de la concentración de fluoruro en uñas, en el departamento de Ciencias Biológicas de la Escuela Dental Bauru de la Universidad de São Paulo, Brasil. Los datos fueron analizados estadísticamente mediante los paquetes SAS y Excel.

RESULTADOS

En el estudio participaron 127 personas, distribuidos de la siguiente manera: 27,3% preescolares, 24,2% escolares, 22,0% colegiales y 26,5% adultos. En ambas fases, el resultado de la concentración del contenido de flúor en agua, no influyó en el aumento o descenso de los resultados de las fluorurias, ni en los datos obtenidos en la concentración de flúor en uñas, dado que 81,4% de las muestras en ambas fases tenían menos de 0,3 mg/l de flúor.

En la primera fase del análisis de flúor en la sal, se encontró que 90,1% de las muestras analizadas tenían menos de 15,8 mg/kg de flúor, es decir, la mayoría de las muestras contenían una cantidad de flúor inherente a la muestra, lo cual confirma que la población estudiada no disponía de sal fortificada. Por el contrario, en la segunda fase se encontró que 50,0% tenían más de 175 mg/kg de flúor, esto significa que en la fase II los hogares de los sujetos de estudio disponían de sal fortificada aun cuando no se cumplía la normativa vigente 16. (Gráfico 1)

La excreción urinaria de flúor de 24 horas es un indicador para medir la cantidad de flúor excretado por un individuo y determinar el consumo; en este estudio se presentaron dos tipos de comportamiento diferente y definido en ambas; de tal manera, que durante la fase II, los niveles de flúor en la orina aumentaron en los cuatro grupos de edad, donde los preescolares presentaron el valor más elevado de excreción con 21,95 mg/h, diferencia significativa respecto a la fase I; en los colegiales y los adultos también se apreciaron diferencias significativas entre los resultados de la fase I y II; este aumento de la excreción en la fase II, obedece a que las muestras fueron recolectadas cuando la fortificación de la sal tenía siete meses de reiniciada. Por otro lado, el grupo con excreción mayor fue el de los preescolares y el grupo de los colegiales aumentó más puntos porcentuales entre las fases. (Gráfico 2)

En cuanto a la concentración de flúor en orina, los resultados indicaron también una mayor concentración durante la Fase II, sin embargo, éstos no presentaron ningún patrón establecido respecto al grupo de edad y sin diferencias significativas. (Gráfico 3)

Al comparar los valores de ambas fases contra los parámetros internacionales establecidos, se observó que los valores en el grupo de preescolares se encuentran ligeramente elevados del rango superior (Cuadro 1).

Sobre la concentración de flúor en las uñas en los cuatro grupos de edad, su comportamiento fue inverso respecto

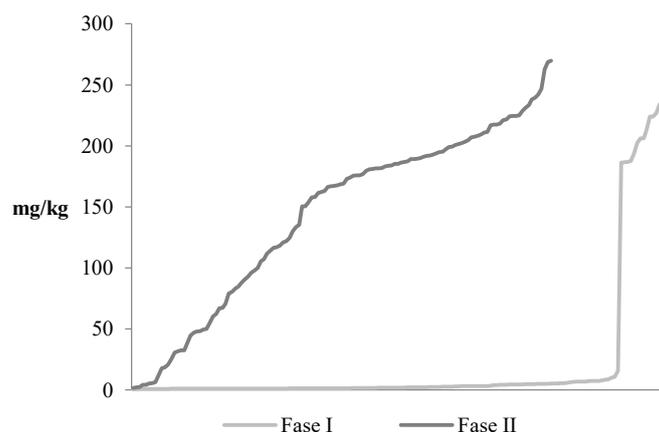
a los resultados de flúor en orina (excreción y concentración), es decir, fue más elevado durante la Fase I del estudio, sin diferencias significativas. (Gráfico 4).

DISCUSIÓN

Según los objetivos de éste estudio, la medición de la excreción de flúor en orina de 24 horas, se constituye en el método idóneo para medir el consumo de dicho elemento en el organismo humano; sin embargo debido a la dificultad que conlleva la toma de este tipo de muestra, la determinación de flúor con otro vehículo como las uñas, se presenta como una alternativa viable para la vigilancia y monitoreo de este micronutriente. En éste sentido, el efecto de la suspensión de la fortificación de flúor en la sal, se evidencia de manera más tardía (tres o cuatro meses después) en el caso de la concentración de flúor en las uñas, a diferencia de la determinación en orina, que es inmediata. De tal manera, que los resultados de éste análisis sugieren que tres o cuatro meses antes de dicha fase, si se estaba fortificando la sal; por el contrario en la fase II disminuye dicha concentración debido a que se podría estimar también que tres o cuatro meses antes de esta fase no había flúor en la sal, es decir que en este caso se da un comportamiento inverso en cuanto a los análisis de flúor en orina. Lo anterior coincide

con los estudios publicados, donde la medición de la concentración de flúor en las uñas, ayuda a estimar un parámetro tardío de la medición de fluoruro, en este caso tampoco se presentaron diferencias significativas. El estudio aportó elementos para aumentar el conocimiento sobre la fortificación de sal con fluoruro. Los resultados sugieren que la medición de la concentración de flúor en uñas podría ser una alternativa económica y viable para determinar los niveles de excreción del ion flúor en el ser humano, sin embargo este indicador solo se puede utilizar para realizar estimaciones aproximadas de lo que podría estar sucediendo en el organismo humano y cuando los estudios sean demasiado grandes como encuestas nacionales y demás, en donde no se pueda disponer de mucho tiempo para la recolección de muestras de orina. A su vez se debe considerar que dicho indicador se convierte en una estimación tardía de momento dado en el proceso de fortificación.

El período durante el cual la población se encontró sin fortificación de flúor en la sal no significó que la población se encontrara desprotegida por la ausencia de este micronutriente, dado que el flúor es un elemento que establece su función en el cuerpo humano en el transcurso de varios años, como indicador tardío.



COMPARACIÓN DE CONCENTRACIÓN Y EXCRECIÓN DE FLÚOR, CON Y SIN FORTIFICACIÓN DE FLÚOR EN SAL, COSTA RICA 2005

Gráfico 1. Concentración de flúor en sal fase I y II. La Unión, Cartago. 2004-2005. *Fuente: elaboración propia.*

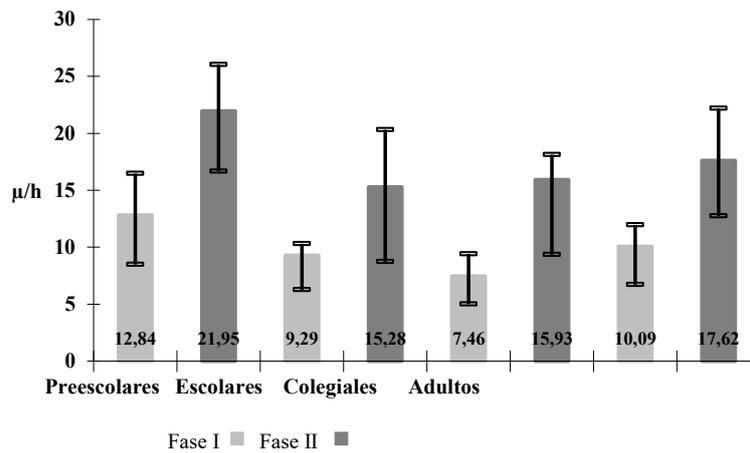


Gráfico 2. Excreción de flúor en orina por grupo de edad fase I y II. La Unión, Cartago. 2004-2005. *Fuente: elaboración propia.*

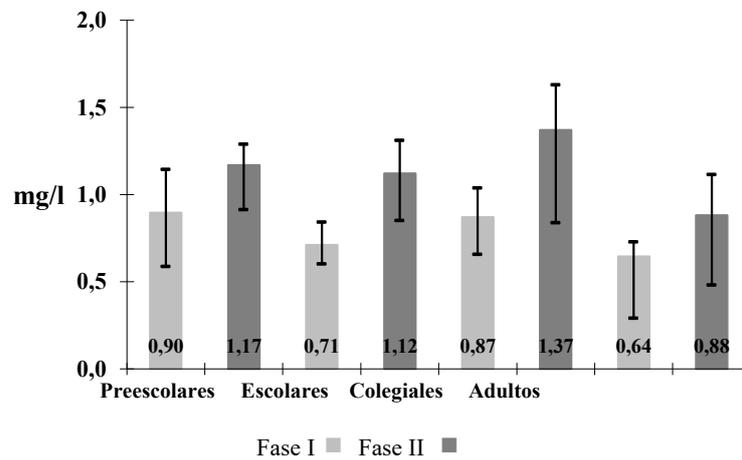


Gráfico 3. Concentración de flúor en orina por grupo de edad fase I y II. La Unión, Cartago. 2004-2005. *Fuente: elaboración propia.*

Cuadro 1. Comparación de la excreción y concentración de fluoruro en orina con los parámetros internacionales

Análisis	Excreción de F- por hora (µg/h)		Concentración de F- (mg/L)	
	Fase 1 (sin fort.)	Fase 2 (con fort.)	Fase 1 (sin fort.)	Fase 2 (con fort.)
Preescolares	12.84 (7-12)*	21.95 (15-20)*	0.9 (0.2-0.5)*	1.17 (0.9-1.2)*
Escolares	9.29 (9-14)*	15.28 (25-34)*	0.71 (0.2-0.5)*	1.12 (0.9-1.2)*
Colegiales**	7.46	15.93	0.87	1.37
Adultos**	10.09	17.62	0.64	0.88

*Entre paréntesis, valores estándar con y sin fortificación. Fuente: WHO 1999

**No existen valores de referencia para estos grupos de edad

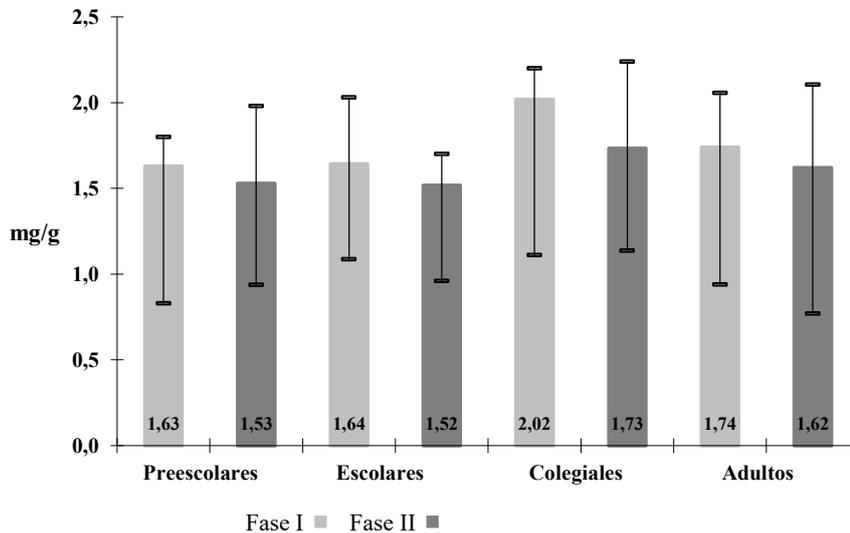


Gráfico 4. Concentración de flúor en uñas por grupo de edad fase I y II. La Unión, Cartago. 2004-2005. Fuente: elaboración propia.

Referencias

1. Piovano S, Bordoni N. Informe sobre fluoruración de la sal. Revista de la Facultad de Odontología. Univ. de Buenos Aires. 2011; 26 (61): 35-41.
2. Mejía R, Espinal F, Vélez H, Aguirre M. Estudio sobre la fluoruración de la sal. VIII. Resultados obtenidos de 1964 a 1972. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana 1976, 80: 205-19
3. Tóth K. Caries prevention by domestic salt fluoridation. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1984) y Suiza (De Crousaz P, Marthaler TM, Wiesner V, Bandi A, Steiner M, Robert A, Meyer R. Caries prevalence in children after 12 years of salt fluoridation in a canton of Switzerland. Helvetia Odontologica Acta 1985; 29:21-31.
4. De Crousaz P, Marthaler TM, Wiesner V, Bandi A, Steiner M, Robert A, Meyer R. Caries prevalence in children after 12 years of salt fluoridation in a canton of Switzerland. Helvetia Odontologica Acta 1985; 29:21-31.



COMPARACIÓN DE CONCENTRACIÓN Y EXCRECIÓN DE FLÚOR, CON Y SIN FORTIFICACIÓN
DE FLÚOR EN SAL, COSTA RICA 2005

5. Marthaler TM, Steiner M, Menghini G, De Crousaz P. Urinary fluoride excretion in children with low fluoride intake or consuming fluoridated salt. *Caries Research* 1995; 29: 26-34
6. World Health Organization. Monitoring of renal fluoride excretion in community preventive programmes of oral health, Edited by: T.M. Marthaler. Oral Health Programme, Geneva. 1999.
7. Phantumvanit P. How to use fluoride effectively for dental caries prevention?. *Indian Journal of Dental Research*. 2014. 25 (1): 1-2.
8. Estupiñán-Day S. Promoción de la Salud Bucodental. El Uso de la Fluoruración de la Sal para prevenir la caries dental. 1º ed. Organización Panamericana de la Salud. Washington, D.C. 2006.
9. Salud de las Américas, Edición 2012. Panorama Regional perfiles de país. Organización Panamericana de la Salud. Cap. 4: Condiciones de salud y sus tendencias. Pp 186
10. Vineet D, Maheep B. Physiology and toxicity of fluoride. *Indian Journal of dental research*. 2009. 20 (3): 350-355.
11. García JM, García F, Varela M, González A. Absorción sistémica de flúor en niños secundaria al cepillado con dentífrico fluorado. *Revista Española de Salud Pública* 2009; 83: 415-425
12. Ministerio de Salud, INCIENSA, CCSS, INEC, ICD. Encuesta Nacional de Nutrición 2008-2009: Fascículo 2: Micronutrientes. Ministerio de Salud, Costa Rica. 2012. p. 8.
13. Buzalaf M, Pessan JP, Alves KM. Influence of growth rate and length on fluoride detection in human nails. *Caries Research*. 2006; 40(3):231-8.
14. Buzalaf MA1, Rodrigues MH, Pessan JP, Leite AL, Arana A, Villena RS, Forte FD, Sampaio FC. Biomarkers of fluoride in children exposed to different sources of systemic fluoride. *J Dent Res*. 2011 Feb;90(2):215-9.
15. NIOSH Manual of Analytical Methods, 3 ed Washington DC. US Government Printing Office; Department on Health. Services Centers for Disease Control National Institute for Occupational Safety and Health, 1987, (Method No. 8308)
16. Decreto Ejecutivo N°. 30032-S. Modificación a los apartados 3.2.1 y 3.2.2 del artículo 1º del decreto N° 18959-MEIC-S de la norma oficial de la sal de calidad alimentaria. *Diario oficial La Gaceta* N° 247; 2-3. (2001).