



Original/*Valoración Nutricional*

El agua de consumo como fuente de exposición crónica a fluoruro en Tenerife; evaluación del riesgo

Nazaret González Sacramento, Carmen Rubio Armendáriz, Ángel José Gutiérrez Fernández, Gara Luis González, Arturo Hardisson de la Torre y Consuelo Revert Girones

Área de Toxicología. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de La Laguna. S/C de Tenerife. España.

Resumen

Introducción: El agua de consumo humano es la principal fuente de exposición al fluoruro para la población. De acuerdo con el Real Decreto 140/2003, el contenido en fluoruro en el agua de consumo humano no debe superar el valor paramétrico de 1,5 mg/L. Históricamente, ciertas aguas de consumo en Tenerife han superado este valor debido a sus características geológicas/volcánicas. El flúor juega un papel importante en la prevención de la caries dental. Sin embargo, la exposición crónica a concentraciones superiores a 1,5 mg/L en el agua de bebida puede provocar trastornos como la fluorosis dental.

Objetivos: Determinar la cantidad de fluoruro en el agua de consumo humano de 11 municipios del norte de la isla de Tenerife que en el momento del estudio superaba el valor paramétrico de fluoruro y estimar y evaluar toxicológicamente las ingestas diarias a partir del consumo de agua considerando las IDR (Ingestas Diarias Recomendadas) establecidas en España para distintos grupos poblacionales.

Método: 44 muestras de aguas de abastecimiento público recogidas en los 11 municipios objeto del estudio fueron analizadas usando la determinación potenciométrica de fluoruro mediante el uso de un electrodo de ión selectivo.

Resultados: 9 de los 11 municipios las aguas de abasto presentaron concentraciones de fluoruro medias que superaron el valor paramétrico fijado por la legislación española. Considerando un consumo medio diario de agua de 2 L, la ingesta diaria recomendada (IDR) para mujeres (3 mg/día) es superada en 9 de los 11 municipios y la IDR para hombres (4 mg/día) es superada en 5 de los 11 municipios. Considerando un consumo medio diario de agua de 1,5 L, la IDR establecida para los niños de 2 a 3 años (0,7 mg/día) es superada ampliamente en todos los municipios.

TAP WATER AS A DIETARY SOURCE OF EXPOSURE TO FLUORIDE IN TENERIFE; RISK ASSESSMENT

Abstract

Introduction: Drinking water is the main source of fluoride exposure for the population. According to the Spanish Law RD 140/2003, the fluoride content in drinking water should not exceed the parametric value of 1.5 mg/L. Historically, certain drinking waters in the island of Tenerife have exceeded this value due to the geological/volcanic characteristics of the Canary Islands. Fluoride (F) plays an important role in the prevention of dental caries (tooth decay). However, long exposure to concentrations above 1.5 mg/L in drinking water can cause disorders such as dental fluorosis.

Objectives: To determine the amount of fluoride in the tap waters of the 11 municipalities in the north of the island of Tenerife that, at the time of the study, exceeded the parametric value for fluoride set by the Spanish legislation and to toxicologically estimate and evaluate the fluoride daily intakes from water considering the RDI (Recommended Daily Intake) established in Spain for different population groups.

Method: 44 samples of tap water collected in the 11 municipalities in the study were analyzed using the fluoride potentiometric determination with an ion selective electrode.

Results: 9 of the 11 municipalities presented mean fluoride concentrations in their tap water that exceeded the parametric value set by the Spanish legislation (1.5 mg/L). Considering an average daily water consumption of 2 L, the recommended daily intake (RDI) for women (3mg F/day) is exceeded in 9 of the 11 municipalities and the RDI for men (4 mg F/day) is exceeded in 5 of the 11 municipalities. Considering a daily water consumption of 1.5 L, the RDI for children of 2-3 years (0.7 mg/day) is clearly exceeded in all municipalities.

Correspondencia: Carmen Rubio Armendáriz.
Área de Toxicología. Facultad de Ciencias de la Salud.
Universidad de La Laguna.
38071 La Laguna. S/C de Tenerife.
E-mail: crubiotox@gmail.com

Recibido: 17-XII-2014.
Aceptado: 20-I-2015.

Conclusiones: Los resultados obtenidos evidencian el problema de salud pública existente en la isla de Tenerife y justifican las restricciones de consumo establecidas por la Dirección General de Salud Pública del Servicio Canario de Salud, vigentes en el momento del estudio. Los niños son el grupo poblacional más expuesto a los riesgos del fluoruro debido a que su IDR es menor.

(*Nutr Hosp.* 2015;31:1787-1794)

DOI:10.3305/nh.2015.31.4.8564

Palabras clave: *Fluoruro. Agua de consumo. Fluorosis dental. Ingesta diaria recomendada. Evaluación del riesgo.*

Abreviaturas

IDR: Ingesta Diaria Recomendada.

EFSA: Agencia Europea de Seguridad Alimentaria.

IDE: Ingesta Diaria Estimada.

Introducción

El flúor está presente en, prácticamente, todos los alimentos de nuestra dieta, pero es el agua la fuente principal de este elemento. El agua contiene fluoruro libre, el cual presenta una mejor absorción que el flúor combinado con proteínas¹ o el flúor presente en otros alimentos.

El fluoruro en el agua de consumo puede ser beneficioso o perjudicial dependiendo de su concentración y de la cantidad total ingerida². El intervalo óptimo de ingesta de fluoruro varía dentro de un estrecho rango³. El fluoruro tiene un efecto beneficioso previniendo la caries dental. De hecho, una de las recomendaciones para evitar la aparición de la caries dental es el uso de productos dentales fluorados⁴. La concentración mínima requerida en las aguas de abasto para conseguir una reducción de la caries dental es 1 mg/L^{5,6}. Sin embargo, se ha establecido una relación entre el consumo de agua con niveles de fluoruro superiores a 1,5 mg/L y el desarrollo de fluorosis dental, enfermedad caracterizada por los dientes “moteados”⁷. La fluorosis dental es el resultado de la hipomineralización de los dientes en desarrollo. La sensibilidad a este trastorno termina alrededor de los ocho años cuando la maduración del esmalte de los dientes permanentes se completa. Más de 200 millones de personas en el mundo sufren fluorosis dental causada principalmente por un exceso de fluoruro en el agua de consumo³. Algunas de las regiones de fluorosis endémica en el mundo se encuentran en países como China⁸, India⁹ o Turquía¹⁰. Yadav et al. (2009)⁹ relacionaron los niveles de fluoruro en el agua con la prevalencia de fluorosis dental en niños en el distrito de Jhajjar (India). En las zonas con altas concentraciones de fluoruro (1,56 - 4 mg/l) se observó una prevalencia de fluorosis dental que variaba entre el 30% y el 94,85%. Gómez et al. (2008)¹¹ evaluaron la prevalencia de fluorosis dental en niños de Canarias a través de 3 estudios epidemiológicos en los años 1991,

Conclusions: The results show the existing public health problem on the island of Tenerife and justify the tap water consumption restrictions put in force by the Public Health Authorities of the Canary Islands at the time of the study. Children are the most exposed population group to the risks of fluoride because its RDI is lower.

(*Nutr Hosp.* 2015;31:1787-1794)

DOI:10.3305/nh.2015.31.4.8564

Key words: *Fluoride. Water supplies. Dental fluorosis. Recommended daily intake. Risk assessment.*

1998 y 2006. En niños de 12 años el porcentaje libre de fluorosis disminuyó del 73% al 61,3% del primer al segundo estudio y subió al 78,5% en 2006. Por ello, el control de la calidad del agua de abasto es fundamental en la prevención de la fluorosis¹⁰.

Cuando las concentraciones de fluoruro son muy altas y la exposición es prolongada puede resultar afectado el tejido óseo, desarrollándose fluorosis esquelética (rigidez de las articulaciones, deformidades esqueléticas y espondilitis) que se conoce como un estado avanzado de una intoxicación crónica por flúor. Esta alteración la han manifestado personas de edad avanzada y sólo es frecuente en trabajadores de minas de extracción de minerales ricos en flúor y en zonas con aguas de consumo público con niveles de concentración de fluoruro de más de 20 mg/L. Los efectos tóxicos crónicos del fluoruro en el sistema óseo han sido descritos para algunas regiones geográficas alrededor del mundo como India donde las aguas de consumo contienen estos altos niveles de fluoruro¹².

La IDR (Ingesta Diaria Recomendada) es la ingesta diaria promedio que cumple con los requerimientos nutricionales. Los valores de IDR de este ión fluoruro se presentan en diferentes categorías en función de la edad, el sexo y la situación fisiológica. La ingesta segura y adecuada de fluoruro para los hombres es de 4 mg/p/día y para las mujeres de 3 mg/p/día. Para los niños durante el primer año de vida el intervalo seguro está comprendido entre 0,01- 0,5 mg/p/día. Para los niños de dos y tres años se considera la IDR de 0,7 mg/p/día y para los adolescentes las IDR presentan un intervalo recomendado de 2-3 mg/p/día¹³.

Se deben tener en cuenta las fuentes adicionales de flúor como pueden ser las pastas dentales o colutorios fluorados que pueden contribuir a la ingesta sobre todo cuando no se utilizan de forma adecuada, lo cual es común en los niños que no realizan un cepillado correcto y pueden llegar a ingerir un porcentaje importante de estos productos. De hecho, se ha observado un incremento en la prevalencia de fluorosis dental leve en algunos países que se ha atribuido al uso inadecuado de productos para el cuidado dental¹⁴.

De acuerdo con el Real Decreto 140/2003¹⁵ por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, el contenido en fluoruro

no debe superar el valor paramétrico de 1,5 mg/L. Éste es, además, el valor de referencia establecido por la Organización Mundial de la Salud¹⁶.

En el agua subterránea, la concentración natural de fluoruro depende de las características geológicas, químicas y físicas del acuífero, la porosidad y la acidez del suelo y las rocas, la temperatura, la acción de otros compuestos químicos, y la profundidad². En las regiones donde hay actividad geotérmica o volcánica se pueden encontrar elevados niveles de fluoruro de forma natural¹⁷. El vínculo entre la geoquímica del fluoruro del agua en un área y la incidencia de fluorosis dental y esquelética es una relación geoquímica bien establecida³.

Históricamente el agua de consumo en Canarias ha superado el nivel paramétrico debido a sus características geológicas. El suelo volcánico de carácter poroso y permeable en Canarias hace que una considerable fracción del agua procedente de la lluvia se infiltre en el subsuelo, siendo este tipo de suelos volcánicos donde se encuentran los mayores niveles de flúor. De ahí que las galerías de ciertas zonas de Tenerife, como la galería del Barranco de Vergara, la más caudalosa de Tenerife, proporcionen agua con concentraciones de fluoruro elevadas. Se trata por tanto de una contaminación natural de las aguas. De hecho, ya en 1967, Fernández Caldas y Pérez García indicaban en un estudio que en la región comprendida entre San Juan de la Rambla e Icod de los Vinos se llegaron a detectar niveles máximos de fluoruro de 6,4 mg/L en el agua de consumo¹⁸. El uso del agua de los manantiales de estas zonas han producido una epidemia de fluorosis dental muy acusada¹⁹.

En este tipo de regiones se deben establecer medidas que permitan la defluoración de las aguas. Actualmente en Tenerife, el tratamiento empleado para la eliminación de fluoruro es la Electrodialisis Reversible (EDR). Esta tecnología es empleada para la desalinización de aguas subterráneas, obteniéndose parcialmente el objetivo de disminuir la concentración de fluoruro.

Existen varias plantas de este tipo en la isla de Tenerife. Entre ellas cabe destacar la existente en el municipio de Icod de los Vinos (Planta desalinizadora Altos de Icod) que suministra agua a Icod y parte de los municipios de El Tanque y Garachico. La planta desalinizadora de Cruz de Tarife ubicada en el municipio de La Guancha ha contribuido a solucionar, por el momento, la situación de restricción de consumo de agua de abastecimiento que históricamente ha sufrido este municipio. Existen otras tres plantas desalinizadoras situadas en Buenavista del Norte, Arona y Adeje pero el agua que producen es, según tenemos conocimiento, destinada exclusivamente a uso agrícola.

Existen estudios recientes que proponen métodos alternativos para la disminución de las concentraciones de fluoruro en las aguas basados en propiedades adsorbentes de distintos materiales como la hidroxipatita²⁰, nanopartículas de circonio²¹ o materiales de aluminio modificado²².

Objetivos

En el siguiente estudio se establecen dos objetivos. Por una parte, determinar la concentración de fluoruro en el agua de consumo humano de los 11 municipios (San Cristóbal de La Laguna, El Sauzal, La Matanza de Acentejo, La Victoria de Acentejo, Santa Úrsula, San Juan de la Rambla, Icod de los Vinos, Garachico, El Tanque, Los Silos y Buenavista del Norte) del norte de Tenerife sometidos a restricción de consumo durante este estudio (marzo 2014 – julio 2014) debido a que superaban el valor paramétrico de 1,5 mg/L establecido por la legislación. Y por otra, estimar las ingestas dietéticas de fluoruro a partir del agua de abastecimiento público en estos 11 municipios para los distintos grupos poblacionales y evaluarlas respecto a las IDR.

Método

Muestras

Se analizaron 44 muestras recogidas en distintos puntos de 11 municipios del norte de la isla de Tenerife. El muestreo se desarrolló durante el mes de marzo de 2014 en distintos establecimientos públicos (cafeterías, restaurantes, gasolineras, entre otros) conectados al suministro de agua de consumo de los distintos ayuntamientos. Las muestras fueron tomadas en recipientes plásticos y refrigeradas hasta el momento de su análisis.

Los 11 municipios dónde se recogieron las muestras fueron: San Cristóbal de La Laguna, El Sauzal, La Matanza de Acentejo, La Victoria de Acentejo, Santa Úrsula, San Juan de la Rambla, Icod de los Vinos, Garachico, El Tanque, Los Silos y Buenavista del Norte (Fig. 1). En cada uno de ellos se tomaron 4 muestras.

Se escogieron estos municipios porque en el momento del muestreo, distintas entidades de población de estos municipios se encontraban en situación de restricción de uso del agua por superar el valor paramétrico establecido para el fluoruro (1,5 mg/L) y fue en dichas zonas donde se tomaron las muestras. En la tabla I, correspondiente al apartado de resultados, se especifican las entidades de población salvo en el caso de La Matanza de Acentejo. Todo este municipio presentaba restricción de consumo y por eso el muestreo no se realizó por zonas aunque las muestras fueron tomadas en distintos puntos del municipio. En el caso del municipio de Los Silos, solo presentaba restricción de consumo la entidad de población de Erjos donde se tomó una de las muestras. Por la imposibilidad de recoger más muestras en este barrio, las tres restantes se tomaron en distintos puntos del Casco de Los Silos. Del resto de muestras, sólo tres muestras se recogieron en zonas sin restricción de consumo y son las correspondientes a Santa Úrsula Casco, La Victoria de Acentejo y a Finca España en San Cristóbal de La Laguna.

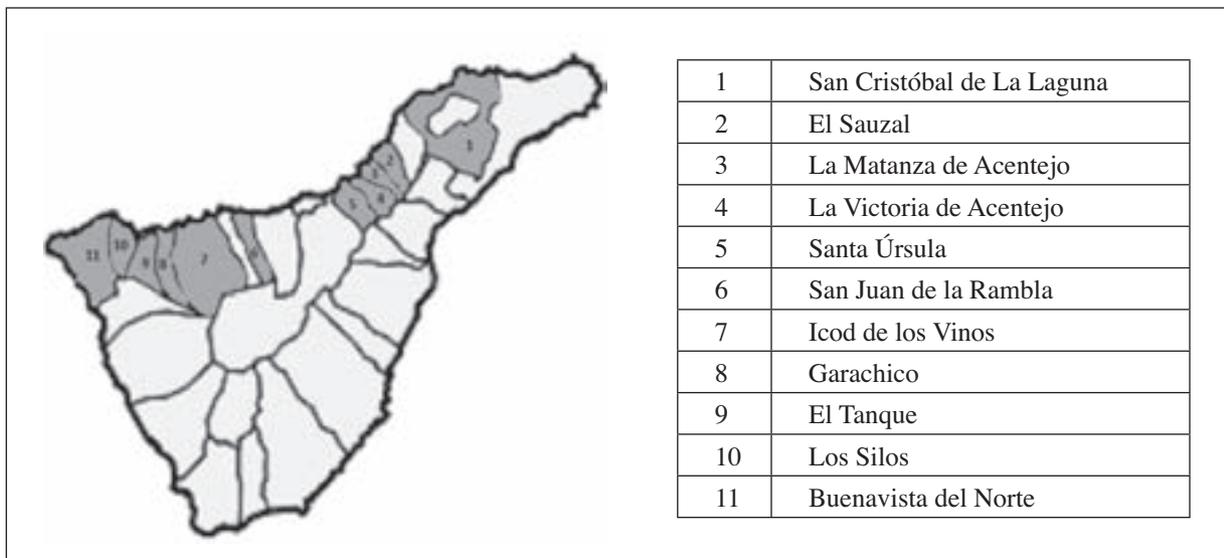


Fig. 1.—Municipios de recogida de muestras.

En el momento de redacción de este artículo (noviembre de 2014) los municipios de Garachico y Los Silos ya no presentan restricciones de consumo del agua de abastecimiento público.

Método de análisis

El método analítico utilizado fue el método oficial español para el análisis de fluoruro en aguas de consumo público. Éste se basa en la determinación potenciométrica de fluoruro mediante el uso de un electrodo de ión selectivo. Se utilizó un potenciómetro de la marca CRISON. El electrodo indicador es un electrodo selectivo de membrana cristalina basada en cristales de LaF_3 y el electrodo de referencia es un electrodo de Ag/AgCl .

Se obtiene la concentración de fluoruro al introducir la diferencia de potencial medida en la curva de calibrado obtenida previamente. El intervalo de trabajo fue entre 10^{-5} y 10^{-2} mol/L de fluoruro.

Para ajustar la fuerza iónica y eliminar posibles interferencias se empleó una disolución TISAB-CDTA. Estas interferencias pueden deberse a: la presencia de iones OH^- que tienen el mismo tamaño que los F^- y pueden difundirse por la membrana; a que el ión F^- no esté libre, ya que el H^+ lo convierte en HF ; a iones como Si^{+4} , Al^{+3} y Fe^{+2} que forman complejos fluorados o a la presencia de iones que reaccionan con la membrana del electrodo. Por todo ello, no se usa material de vidrio durante la determinación del F^- . La relación volumen de muestra (mL): volumen TISAB-CDTA (mL) utilizada fue 10:10. La medida se realiza a 25°C con ayuda de un termostato y utilizando agitación magnética.

Para obtener la concentración de fluoruro en las muestras se empleó el método de adición de un patrón. Tras la primera lectura, se le adicionó una alícuota de 1 mL de $\text{F}^- 10^{-3}\text{M}$ (disolución patrón), y se volvió a pedir

otra segunda lectura. La concentración de ión fluoruro en la muestra original se puede calcular mediante la fórmula:

$$C_p = \frac{C_s \times \left(\frac{V_s}{V_p + V_s} \right)}{10^{\left(\frac{E_{p2} - E_p}{S} \right)} - \left(\frac{V_p + V_s}{V_p} \right)}$$

- C_p = Concentración de ión fluoruro en la muestra.
- C_s = Concentración de ión fluoruro en la disolución patrón.
- V_p = Volumen de la muestra (mL).
- V_s = Volumen de la disolución patrón añadida (mL).
- E_p = Potencial medido en la muestra (mV).
- E_s = Potencial medido en la muestra enriquecida (mV).
- S = pendiente de la curva de calibrado.

Resultados

Niveles de fluoruro en las aguas de consumo humano

Las concentraciones medias, mínimas y máximas de fluoruro correspondientes a las muestras de cada uno de los municipios estudiados se recogen en la tabla I.

Todos los municipios estudiados, excepto los municipios de Santa Úrsula y San Juan de La Rambla, presentan concentraciones de fluoruro media por encima del valor paramétrico establecido por el Real Decreto 140/2003 (1,5 mg/L). La Matanza de Acentejo es el municipio que presenta una mayor concentración media (3,23 mg/L), las cuatro muestras recogidas en este municipio superan el valor paramétrico. En el caso de Santa Úrsula, todas las muestras presentan valores inferiores al valor paramétrico. No ocurre lo mismo en San Juan de La Rambla donde una de las muestras, la recogida en el barrio La Vera, presenta una concentración superior (3,01 mg/L).

Icod de los Vinos presenta una concentración media de 2,80 mg/L. Resulta conveniente comentar la situación de este municipio ya que en él se encuentra la planta desalinizadora de aguas salobres de Altos de Icod. Con los resultados obtenidos en este estudio, se pone de manifiesto que a pesar de la existencia de esta planta, los valores de fluoruro en el agua de abasto en Icod se mantienen por encima del valor paramétrico establecido para el fluoruro. Posiblemente, la necesidad de abastecer a esta gran población, 23.726 personas en 2012²³ conlleva la mezcla del agua generada en la planta desalinizadora con agua de galería con mayores niveles de fluoruro y esto deriva en que la concentración de fluoruro en el agua de abasto sea elevada (2,80 mg/L).

En la tabla II se presenta una comparativa con los datos históricos de fluoruro en el agua de estos municipios²⁴. La tabla muestra la evolución de las concentraciones medias máximas de flúor y el valor obtenido en el presente estudio. Se observa como en la mayoría de los municipios la concentración de fluoruro se encuentra siempre por encima del valor paramétrico (1,5 mg/L). Además, comparando los últimos datos de que se dispone, los correspondientes al año 2007, con los de este estudio se observa que la situación no ha sufrido grandes variaciones en los últimos años. Incluso, según el presente estudio, se observan valores algo superiores en los municipios de La Matanza de Acentejo, Los Silos y Buenavista del Norte.

Tabla I
Concentraciones de fluoruro en los distintos municipios

<i>Municipio</i>	<i>Población</i>	<i>Conc. F-(mg/L)</i>	<i>Media</i>	<i>DS</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
El Sauzal	El Sauzal (casco)	3,02	2,67	1,58	0,67	4,5
	La Costa	0,67				
	La Baranda	2,47				
	El Montillo	4,50				
La Matanza de Acentejo	-	3,21	3,23	0,23	2,95	3,51
	-	3,51				
	-	2,95				
	-	3,25				
La Victoria de Acentejo	La Victoria de Acentejo	1,75	1,87	1,27	0,33	3,42
	Carril	0,33				
	La Vera	3,42				
	La Resbala	1,96				
Santa Úrsula	Casco	0,77	1,11	0,24	0,77	1,28
	La Corujera	1,25				
	Tamaide	1,16				
	Cuesta La Villa	1,28				
San Juan de la Rambla	San Juan de la Rambla (casco)	0,82	1,45	1,04	0,82	3,01
	El Rosario	1,03				
	Los Quevedos	0,95				
	La Vera	3,01				
Icod de los Vinos	Cueva del viento	3,08	2,8	0,51	2,05	3,12
	El Amparo	2,94				
	El Pedregal	3,12				
	Casco	2,05				
Garachico	El Guincho	1,33	2,56	0,82	1,33	3,05
	San Juan del Reparó	2,98				
	Genovés	3,05				
	Genovés	2,87				

Tabla I (cont.)
Concentraciones de fluoruro en los distintos municipios

Municipio	Población	Conc. F-(mg/L)	Media	DS	Mínimo	Máximo
Los Silos	Casco	0,96	1,68	0,93	0,96	3,05
	Erjos	3,05				
	Casco	1,39				
	Casco	1,32				
Buenavista del Norte	Casco	1,17	2,59	2,75	1	6,7
	El Palmar	1,50				
	Las Portelas	6,70				
	Las Canteras	1,00				
El Tanque	El Tanque	1,68	1,53	1,1	0,34	2,95
	Erjos	0,34				
	Ruigomez	2,95				
	El Tanque	1,15				
San Cristóbal de La Laguna	Geneto	0,71	1,86	1,2	0,96	3,06
	Casco	2,71				
	Gracia	3,06				
	Finca España	0,96				

Tabla II
Evolución de las concentraciones medias máximas de flúor (mg/L) en los municipios de la isla de Tenerife en el período 1984-2009. Informe Tecnoagua, 2011

Municipio	1984	1998-2000	2006	2007	Este estudio
El Sauzal	1,5	1,5-2,7	1,5-4	2,34-2,76	2,67
La Matanza	1,5	1,5-2,7	1,5-4	2,41-3,03	3,23
La Victoria	1,5	1,5-2,7	1,5-4	0,36-2,87	1,87
Santa Úrsula	1,5	1,5-2,7	1,5-4	0,22-1,21	1,11
San Juan de La Rambla	1,5-2,7	>2,7	1,5-4	0,95-2,45	1,45
Icod de los Vinos	>2,7	>2,7	1,5-4	2,22-3,94	2,80
Garachico	>2,7	>2,7	>4	0,35-4,38	2,56
Los Silos	<0,7	>2,7	1,5-4	1,05	1,68
Buenavista del Norte	>2,7	>2,7	>4	1,10-1,15	2,59
El Tanque	>2,7	>2,7	>4	0,35-4,38	1,53
San Cristóbal de La Laguna	1,5	1,5	<1,5	1,82-2,14	1,86

Un estudio sobre la salud bucodental en Canarias del año 1996 muestra los datos de concentración de fluoruro en las aguas de abastecimiento público en el resto de las islas canarias. Los niveles de fluoruro recogidos en dicho estudio son los siguientes: La Palma (<0,30 mg/L), La Gomera (0,11-0,20 mg/L), El Hierro (0,53-1,40 mg/L) y Fuerteventura (<0,7 mg/L). En la isla de Gran Canaria al igual que ocurre en Tenerife existen importantes variaciones en las distintas en-

tidades de población de cada municipio. Los únicos municipios con poblaciones abastecidas con agua con contenidos en flúor superiores a 2,7 mg/L son Agaete, Arucas y San Nicolás de Tolentino. El municipio de Telde posee aguas con contenidos de flúor que superan los 1,5 mg/L mientras que el resto de municipios presentan, en su mayoría, niveles de flúor por debajo de los 0,7 mg/L en las aguas de los sistemas de abastecimiento público²⁵.

Ante el incumplimiento del valor paramétrico establecido en el agua de consumo humano, el Programa de Vigilancia Sanitaria del agua de consumo humano en la Comunidad Autónoma de Canarias contempla las medidas de restricción de consumo y las recomendaciones sanitarias para proteger la salud de la población²⁶. Se dan dos situaciones de restricción de consumo:

- a. Cuando la concentración de fluoruro se encuentra entre 1,5 y 4 mg/L la restricción sólo afectará a la población de hasta ocho años de edad, para la que el agua no podrá ser utilizada para beber, cocinar o preparar alimentos. Según los resultados obtenidos, se encontrarían en esta situación los municipios de El Sauzal, La Matanza de Acentejo, La Victoria de Acentejo, Icod de los Vinos, Garachico, Los Silos, Buenavista del Norte, El Tanque y San Cristóbal de La Laguna.
- b. En el caso de que la concentración supere los 4 mg/L, la restricción afectará a toda la población y del mismo modo, el agua no podrá ser utilizada para beber, cocinar o preparar alimentos. Ninguno de los municipios presenta una concentración superior a los 4 mg/L por lo que esta situación no sería la de ninguno de ellos.

En base a estos resultados se pueden derivar una serie de recomendaciones adicionales para los grupos de mayor riesgo (niños de hasta ocho años de edad). Entre estas recomendaciones podrían citarse la adquisición de agua envasada con bajos niveles en fluoruro y cuyo contenido de fluoruro figure en el etiquetado; no consumir sal de mesa fluorada; evitar la utilización de pastas dentales y colutorios con flúor y no consumir suplementos dietéticos que contengan flúor entre otras.

Estimación y evaluación de las ingestas diarias

Para comprobar cómo afectan éstas concentraciones de fluoruro en el agua, se debe conocer cuál es su contribución a las IDR de flúor.

La tabla III muestra las concentraciones medias de fluoruro en los distintos municipios y las ingestas diarias estimadas (IDE) por consumo de agua. Además, se recogen los porcentajes de las IDR que aportan los consumos de distintas cantidades de agua (2L en adultos y 1,5 L en niños <3 años) en los distintos grupos poblacionales.

La ingesta estimada de fluoruro a partir del agua de consumo humano (2 L/día) para hombres y mujeres supera en la mayoría de los municipios las Ingestas Diarias Recomendadas (IDR), 4 mg/p/día y 3 mg/p/día, respectivamente. En el caso de los hombres, se supera la IDR en los municipios de El Sauzal, La Matanza de Acentejo, Icod de los Vinos, Garachico y Buenavista del norte. No se supera la IDR en La Victoria de Acentejo, Santa Úrsula, San Juan de la Rambla, El Tanque, Los Silos y San Cristóbal de La Laguna, aunque para todos ellos las ingestas estimadas suponen más del 50% de la IDR fijada. El mayor porcentaje se alcanza en La Matanza de Acentejo (161,60%) por ser el municipio con una mayor concentración media de fluoruro en el agua (3,23 mg/L). En el caso de las mujeres, se supera la IDR en los municipios de El Sauzal, La Matanza de Acentejo, La Victoria de Acentejo, Icod de los Vinos, Garachico, Los Silos, Buenavista del Norte, El Tanque y San Cristóbal de La Laguna. No se supera la IDR en los municipios de Santa Úrsula (74,20%) y San Juan de la Rambla (96,80%) ya que son los que presentan menores concentraciones de fluoruro en el agua de abastecimiento. El mayor

Tabla III
Ingestas diarias y %IDR

Municipio	Conc. media F-(mg/L)	IDE de F-(mg/día) (2L agua/día)	IDE de F-(mg/día) (1,5L agua/día)	% de la IDR		
				Hombres	Mujeres	Niños
El Sauzal	2,67	5,33	4,00	133,25	177,67	571,07
La Matanza de Acentejo	3,23	6,46	4,85	161,60	215,47	692,57
La Victoria de Acentejo	1,87	3,73	2,80	93,30	124,40	399,86
Santa Úrsula	1,11	2,23	1,67	55,65	74,20	238,50
San Juan de La Rambla	1,45	2,90	2,18	72,60	96,80	311,14
Icod de los Vinos	2,80	5,60	4,20	139,90	186,53	599,57
Garachico	2,56	5,11	3,84	127,85	170,47	547,93
Los Silos	1,68	3,36	2,52	84,00	112,00	360,00
Buenavista del Norte	2,59	5,18	3,89	129,60	172,80	555,43
El Tanque	1,53	3,05	2,29	76,35	101,80	327,21
San Cristóbal de La Laguna	1,86	3,72	2,79	93,05	124,07	398,79

IDR: hombres (4mg/día), mujeres (3mg/día), niños (0,7mg/día)

porcentaje de contribución a la IDR se alcanza en La Matanza de Acentejo donde el consumo de 2 L de agua de abastecimiento público supone para las mujeres la ingesta del 215,47 % de la IDR establecida para ellas. De este estudio se deriva que, en todos aquellos municipios en los que se superan las IDR existe un riesgo toxicológico para la salud de la población que justifica la restricción del consumo de agua de abastecimiento público y la implementación de medidas de educación sanitaria y nutricional adicional que minimice los riesgos a largo plazo.

El riesgo es grave para los niños de 2 a 3 años. Los niños tienen recomendada una menor IDR (0,7 mg/p/día) y ésta es ampliamente superada por las ingestas estimadas en todos los municipios estudiados para un consumo de 1,5 L/día de agua. De los resultados se desprende que existe un riesgo toxicológico evidente para la salud de los niños de 2 a 3 años en los 11 municipios estudiados.

Conclusiones

Las restricciones de consumo de agua de abastecimiento público en distintos municipios de la isla de Tenerife están justificadas y deberán mantenerse mientras los niveles de fluoruro en la red de abastecimiento público superen el valor paramétrico fijado por el RD 140/2003. La población deberá ser constantemente informada por parte de la Dirección General de Salud Pública respecto a la evolución de estos niveles de fluoruro. Asimismo, las autoridades sanitarias y los colectivos y asociaciones de profesionales sanitarios deberán promover programas de educación sanitaria que incluyan la recomendación de consumir aquellas aguas embotelladas que declaren un bajo contenido de fluoruro en su etiquetado y que desaconsejen el uso de colutorios o pastas dentales fluoradas especialmente en la población infantil ya que además de presentar una menor IDR son más susceptibles al daño dental debido a que sufren el recambio dental en esta etapa de su vida. Por último, en la isla de Tenerife con el fin de combatir de forma eficiente este problema de salud pública detectado desde hace más de 40 años, se debería invertir en la construcción de plantas de tratamiento de las aguas que permitan abastecer a la población con agua de consumo con concentraciones óptimas de fluoruro.

Referencias

- J. Román Martínez Álvarez (2002). El problema del flúor en Bélgica: ¿una nueva alarma alimentaria en Europa? *Nutr. Hosp.* XVII(6) 259-261.
- Jagtap S, Kumar M, Labhsetwar N, Rayalu S (2012). Fluoride in Drinking Water and Defluoridation of Water *Chem Rev* 112: 2454-2466.
- Chandrajith R, Abeyapala U, Dissanayake C, Tobschall H (2007). Fluoride in Ceylon tea and its implications to dental health. *Environ Geochem Health* 29:429-434.
- Ángel Miguel González Sanz, Blanca Aurora González Nieto, Esther González Nieto (2013). Salud dental: relación entre la caries dental y el consumo de alimentos. *Nutr Hosp*; 28 (Supl. 4):64-71.
- Hardisson A, Reyes J.P. (1986). Estudio de los contenidos en ión fluoruro en dos zonas endémicas de fluorosis dental en las Islas Canarias. *Alimentaria*, Noviembre: 43-48.
- Martín M.M, Álvarez R, Hardisson A (1990a). La fluoración comunal de las aguas. *Procesos y sistemas. Tecnología del agua*: 74:55-61.
- Hardisson A, Rodríguez M.I, Burgos A, Díaz Flores L, Gutiérrez R, Várela H. (2001). Fluoride Levels in Publicly Supplied and Bottled Drinking Water in the Island of Tenerife, Spain. *Bull Environ Contam Toxicol* 67:163-170.
- Zhu C, Guanglu B, Xiaoli L, Yue L (2006). Screening high-fluoride and high-arsenic drinking waters and surveying endemic fluorosis and arsenism in Shaanxi province in western China. *Water Res* 40:3015-3022.
- Yadav J.P., Suman L, Sudhir K, Sunil K (2009). Fluoride distribution in groundwater and survey of dental fluorosis among school children in the villages of the Jhajjar District of Haryana, India. *Environ Geochem Health* 31:431-438.
- Baba A, Tayfur G (2011). Groundwater contamination and its effect on health in Turkey. *Environ Monit Assess* 183:77-94.
- Gómez Santos G, González-Sierra MA, Vazquez-García-Machiñena J (2008). Evolution of caries and fluorosis in schoolchildren of the Canary Islands (Spain): 1991, 1998, 2006. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 1:13(9): E599-608.
- Oruc N (2008). Occurrence and problems of high fluoride waters in Turkey: an overview. *Environ Geochem Health* 30:315-323.
- IMO (2004). Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. Dietary reference intakes (DRIs): Recommended Intakes for Individuals, Elements. Washington, DC: National Academy Press.
- EFSA (2005). Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to the Tolerable Upper Intake Level of Fluoride. *The EFSA J* 192: 1-65.
- Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
- OMS (2006). Guías para la calidad del agua potable. Tercera edición, Volumen I.
- Camargo J (2003). Fluoride toxicity to aquatic organisms: a review. *Chemosphere* 50: 251-264.
- Fernández Caldas E y Pérez García V (1967). Las aguas subterráneas de Tenerife. *Anales de edafología y agrobiología*. Tomo XXVI, Núms 1-4.
- Fernández Caldas E y Pérez García V (1974). Características químicas de las aguas subterráneas de las islas canarias occidentales. Centro de edafología y biología aplicada de Tenerife. Consejo superior de investigaciones científicas.
- Kanno CM, Sanders RL, Flynn SM, Lessard G, Myneni SC (2014). Novel apatite-based sorbent for defluoridation: synthesis and sorption characteristics of nano-micro-crystalline hydroxyapatite-coated-limestone. *Environ Sci Technol* 48(10):5798-807.
- He J, Chen JP (2014). A zirconium-based nanoparticle: Essential factors for sustainable application in treatment of fluoride containing water. *J Colloid Interface Sci* 416:227-34.
- Teutli-Sequeira A, Solache-Ríos M, Martínez-Miranda V, Linares-Hernández I (2014). Comparison of aluminum modified natural materials in the removal of fluoride ions. *J Colloid Interface Sci* 418:254-60.
- Instituto Nacional de Estadística. Datos de población, 2012.
- Proyecto tecnoagua, Informe final 2011. Evaluación de tecnologías potenciales de reducción de la contaminación de las aguas de Canarias.
- Gómez Santos G, Matute Cruz P, Martín Delgado MM, Fernández González CF. La Salud Bucodental en Canarias. Servicio Canario de Salud. Consejería de Sanidad y Consumo del Gobierno de Canarias, 1996.
- Servicio Canario de la Salud. Dirección General de Salud Pública. Informe situación fluoruro ACH. Información para profesionales sanitarios, junio 2010.