

CONCENTRACIÓN DE FLÚOR Y METALES PESADOS EN AGUAS EMBOTELLADAS: MEDIDAS BARRERA FRENTE A CARIES DENTAL Y FLUOROSIS

Sandra María Gallego Reyes (1), Yolanda Martínez Beneyto (2), Clara Serna-Muñoz (1), Amparo Pérez-Silva (1), Jaime Aparicio Cury (3), Antonio José Ortiz Ruiz (1)

(1) Departamento de Odontología Integrada Infantil. Facultad de Medicina-Odontología. Universidad de Murcia. Murcia. España.

(2) Departamento de Odontología Preventiva y Comunitaria. Facultad de Medicina-Odontología. Universidad de Murcia. Murcia. España.

(3) Departamento de Ciencias Fisiológicas. Facultad de Odontología. Universidad de Piracicaba. University of Campinas. Piracicaba. São Paulo. Brasil.

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

RESUMEN

Fundamentos: El consumo diario de agua fluorada es una de las medidas más beneficiosas en la prevención de la caries dental. El objetivo de este estudio fue analizar el contenido de flúor y metales pesados en el agua mineral natural embotellada disponible en los comercios de España.

Métodos: Se realizó un estudio descriptivo y transversal a lo largo de 2019, analizando 20 marcas de aguas embotelladas comercializadas en España en ese año. Se midió principalmente la concentración de flúor (partes por millón/mililitro) (ppm/ml), que fue analizada con un electrodo ion-específico (modelo Orión 96-09, Orion Research, Cambridge) acoplado a un analizador de iones (Orion EA-940). Los metales pesados se analizaron mediante ICP-MS (Agilent modelo 7900). Se realizó un estudio estadístico descriptivo de los datos.

Resultados: El valor mínimo de flúor encontrado fue de 0,05 ppm y el máximo de 0,95 ppm. El 80% de las marcas analizadas contenían menos de 0,6 ppm F. Solamente una marca superó las 0,8 ppm F. Cromo y arsénico fueron los metales pesados presentes en todas las marcas, sin superar la dosis máxima. Ninguna marca de agua embotellada indicaba los metales pesados en la etiqueta, y solo una marca indicó la concentración de flúor en la etiqueta.

Conclusiones: Existe una gran variabilidad en la composición química de las aguas embotelladas comercializadas en España. La mayoría tienen una concentración de fluoruro inferior a la recomendada para prevenir la caries dental, por lo que se necesitaría un aporte extra de flúor. En las aguas embotelladas analizadas existen metales pesados, pero no superan las dosis máximas establecidas por la legislación.

Palabras clave: Caries dental, Flúor, Agua embotellada, Metales pesados.

ABSTRACT

Fluoride and heavy metals concentration in bottled waters: barrier measures against dental caries and fluorosis

Background: The daily consumption of fluoridated water is one of the most beneficial measures in dental caries prevention. The objective of this paper was to analyze the content of fluorine and heavy metals in the bottled natural mineral water available in stores in Spain.

Methods: A descriptive and transversal study was done throughout 2019. Analysing a total of 20 bottled waters marketed in Spain during this year. Mainly, fluoride concentration (ppm/ml) was analyzed with an ion-specific electrode (Orion model 96-09, Orion Research, Cambridge, MA) coupled to an ion analyzer (Orion EA-940). The heavy metals were analyzed by ICP-MS (Agilent model 7900). A descriptive statistical study of the data was carried out.

Results: The minimum value of fluorine found was 0.05 ppm and the maximum 0.95 ppm. 80% of the brands analyzed contain less than 0.6 ppm F. Only 1 brand exceeds 0.8 ppm F. Chromium and arsenic were the heavy metals present in all brands, without exceeding the maximum dose. No brand of bottled water indicated heavy metals on the label, and only 1 mark indicated the fluoride concentration on the label.

Conclusions: There is a great variability in the chemical composition of bottled waters marketed in Spain. Most have a fluoride concentration lower than that recommended to prevent tooth decay, which would require an extra supply of fluoride. In the bottled waters analyzed there are heavy metals but they did not exceed the maximum doses established by legislation.

Key words: Dental caries, Fluoride, Bottled water, Dental fluorosis, Heavy metals.

INTRODUCCIÓN

La fluoración del agua de consumo fue introducida en el siglo pasado como una medida preventiva, efectiva, segura y barata contra la caries⁽¹⁾. Henry Trendley Dean (1893-1962) fue el primero en relacionar la concentración de flúor en el agua con la fluorosis dental y la disminución de la caries^(2,3).

Actualmente, la recomendación de flúor en agua, según la *American Academy of Pediatric Dentistry* (AAPD), es de 0,7 mg/L (miligramos/litro) (ppm F; partes por millón de flúor), para producir el máximo beneficio en la prevención de la caries y evitar la fluorosis⁽⁴⁾. Concentraciones menores de 0,6 ppm F o mayores de 0,8 ppm F están fuera del rango normal⁽⁵⁾.

Cuando se empezó a fluorar el agua de consumo, se pensaba que la principal acción del flúor era sistémica⁽¹⁾. Sin embargo, hoy sabemos que la acción de flúor en el agua y los suplementos es tópica y post-eruptiva^(3,6).

La fluorosis dental (leve o muy leve) se produce cuando se ingieren elevadas concentraciones de flúor durante el proceso de mineralización del esmalte, que va desde el nacimiento hasta los 8 años según los dientes^(1,2,6).

La AAPD recomienda mezclar la leche de fórmula con agua fluorada, ya que el riesgo de fluorosis, en el caso de producirse, sería leve o muy leve⁽⁴⁾. Sin embargo, la *American Dental Association* (ADA) recomienda mezclar la leche de fórmula con agua baja en flúor^(2,8).

Debemos tener en cuenta la necesidad de los suplementos de flúor para aquellos niños que beban agua con menos de 0,6 ppm F y que presenten riesgo alto de caries⁽⁴⁾ (tabla 1). Antes de prescribir suplementos de flúor, hay que analizar el consumo total de flúor de ese niño, tanto en agua (en casa y en el colegio) como en

Tabla 1
Suplementos orales de flúor según
la *American Academy of Pediatric*
***Dentistry* (AAPD)⁽⁴⁾.**

EDAD	<0,3 ppm F	0,3–0,6 ppm F	>0,6 ppm F
NACIMIENTO - 6 MESES	-	-	-
6 MESES - 3 AÑOS	0,25 mg	-	-
3 - 6 AÑOS	0,5 mg	0,25 mg	-
6 - AL MENOS 16 AÑOS	1,0 mg	0,5 mg	-

Ppm F: partes por millón de Flúor;
mg: miligramos

alimentos y otras bebidas, fórmula infantil o pasta de dientes⁽⁴⁾. En niños mayores de 6 años, los suplementos deben ser administrados idealmente como comprimidos para chupar (las gotas se emplean sólo en los menores de 6 años, ya que podrían ahogarse debido a que el principal beneficio del flúor es la acción tópica^(3,6)). Los suplementos de flúor no deben usarse durante más de 4 meses una vez iniciado el tratamiento, y deben estar asociados a tratamientos restauradores y medidas preventivas⁽⁶⁾.

En 2014, el agua de la red pública del 95% de las ciudades españolas contenía menos de 0,7 mg/L de flúor⁽⁷⁾. Décadas atrás, el agua de abastecimiento público de diferentes ciudades de España estaba fluorada, pero se acabó suspendiendo la fluoración de las aguas de abastecimiento público debido al aumento del consumo de agua embotellada⁽⁹⁾.

El abastecimiento de agua potable segura es crucial para la vida humana, y el agua potable no debe suponer un riesgo para los seres humanos.

La contaminación atmosférica, la corrosión de las tuberías y las aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas mal tratadas contienen altas concentraciones de metales, especialmente peligrosos en los primeros años de vida de una persona^(10,11).

Se sabe que unos 21 elementos minerales, entre ellos metales, son esenciales para los seres humanos, como los que afectan a la estructura de la membrana celular y los huesos (calcio, fósforo, magnesio, flúor), al balance de electrolitos (sodio, potasio, cloro), a la catálisis metabólica (zinc, cobre, selenio, magnesio, manganeso, molibdeno), al enlace de oxígeno (hierro) y a las funciones hormonales (yodo, cromo)⁽¹²⁾.

Los estudios epidemiológicos en los últimos años han indicado una fuerte asociación entre los metales pesados y la aparición de varias enfermedades en los seres humanos, particularmente enfermedades cardiovasculares, trastornos renales, trastornos neurocognitivos y diversas formas de cáncer⁽¹³⁾.

El cromo, el níquel y el arsénico fueron clasificados por la International Agency for Research on Cancer (IARC) como “*metales pesados cancerígenos para el ser humano*” (grupo 1). El cadmio fue clasificado como “*probablemente cancerígeno para el ser humano*”, así como tóxico renal y hepático (grupo 2A). El plomo fue clasificado como “7”, así como desencadenante de problemas neurológicos, enfermedades renales, cardiovasculares e infertilidad (grupo 2B). El aluminio no es cancerígeno, pero puede estar relacionado con la enfermedad de Alzheimer. El manganeso tampoco es cancerígeno, pero puede tener efectos adversos en el aprendizaje durante la infancia^(10,11).

El objetivo de nuestro estudio fue analizar la concentración de flúor (ppm) y de los metales

pesados en aguas embotelladas disponibles en los comercios de España.

MATERIAL Y MÉTODOS

Aguas embotelladas. Se seleccionaron un total de 20 aguas embotelladas, frecuentemente encontradas en los comercios de la Región de Murcia (España). Todas las aguas estaban envasadas en botellas de plástico, y permanecieron cerradas hasta el momento del análisis. Las botellas fueron almacenadas a temperatura ambiente, resguardadas de la luz del sol y de la humedad.

Determinación de la concentración de flúor. La determinación de flúor fue realizada con un electrodo ion-específico (Orion 9609 BNWP, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, EE.UU.), acoplado a un analizador de iones (Orion EA-940, Thermo Fisher Scientific Inc. Waltham, EE.UU.).

El electrodo fue previamente calibrado con soluciones estándar desde 0,125 a 2,0 ppm F, mezclando 1 ml de cada solución estándar con 1 mililitro de TISAB II (Hanna Instruments, Woonsocket, Rhode Island, EE.UU.) [*1.0 M acetate buffer pH 5.0, 1.0 M NaCl and 0.4% CDTA*]. Las muestras de agua fueron tamponadas con una solución de TISAB II al 50%. Cada marca de agua se analizó por triplicado, perteneciendo las tres muestras al mismo lote y fecha de envasado. Antes de cada una de las lecturas, las muestras fueron agitadas con una vibradora (Classic Vortex Mixer, Velp Scientifica, Italia).

Los resultados la lectura se recogieron en milivoltios (mV) y se convirtieron a mgF/L (ppm F) gracias a la curva de calibración.

Determinación del análisis de metales pesados. El análisis de metales pesados se realizó mediante espectrometría de masas con plasma

de argón inductivamente acoplado (ICP-MS, Agilent modelo 7900). Para la calibración se empleó una disolución estándar multielemental (sodio, magnesio, aluminio, fósforo, potasio, calcio, cromo, manganeso, hierro, cobalto, cobre, zinc, arsénico, cadmio, bario y plomo), y como estándar interno una disolución multielemental, conteniendo escandio, galio, germanio, rodio e iridio. Para almacenar los reactivos, disoluciones estándar y muestras se emplearon falcón y tubos de polietileno (PE).

Para la preparación de las muestras, se tomaron 100 µL de cada muestra de agua embotellada y se diluyeron hasta 1 mililitro con una disolución de ácido nítrico (HNO₃) Suprapur al 2% en agua ultra pura. Las muestras fueron llevadas al auto-muestreador del espectrómetro y fueron introducidas en su interior por el impulso de una bomba peristáltica, donde fueron atomizadas e ionizadas. Los iones generados

fueron detectados y cuantificados. La determinación se realizó por triplicado.

Análisis de los datos. Para el análisis estadístico se utilizó R v3.6.0 y RStudio v1.2.1335. Para cada una de las variables (flúor y otros elementos químicos) se determinó la media, mediana, los cuartiles 25 y 75, y los valores mínimo y máximo.

RESULTADOS

En la **tabla 2** aparecen recogidas las concentraciones de flúor en las 20 aguas embotelladas estudiadas. El valor mínimo de flúor encontrado fue de 0,05 y el máximo de 0,95 ppm F. La media de flúor encontrada en las aguas embotelladas comercializadas en España fue de 0,281 ppm F. El 80 % de las aguas presentó menos de 0,6 ppm F. Solamente 3 aguas presentaron entre 0,6 y 0,8 ppm F: Nestlé

Tabla 2a
Concentración de flúor en aguas embotelladas (mg F/L ó ppm F).

Marca comercial	Nombre del manantial	Lugar de explotación	Tipo de botella	[F] etiqueta	ppm F	Min - max
Agua del Rosal	Manantial Agua del Rosal	Calera y Chozas (Toledo)	Plástico 330 ml	-	0,50 ± 0,06	0,46-0,57
Aqua Bona	Manantial Peña Umbría	San Antonio de Requena (Valencia)	Plástico 500 ml	-	0,15 ± 0,02	0,14-0,17
Aqua Deus	Manantial Fuente Arquillo	Masegoso (Albacete)	Plástico 500 ml	-	0,13 ± 0,02	0,12-0,15
Bezoya	Manantial Bezoya	Trecasas (Segovia)	Plástico 500 ml	-	0,06 ± 0,01	0,05-0,07
Cabreiroa	Manantial Cabreiroa	Ourense (Galicia)	Plástico 330 ml	-	0,95 ± 0,21	0,74-1,15
Cautiva	Manantial Cautiva, Céltigos	Sarria (Lugo)	Plástico 1.500 ml	-	0,79 ± 0,18	0,60-0,95
Cortés	Manantial Penyagolosa	Cortés de Arenoso (Castellón)	Plástico 1.500 ml	F<0,1 mg/L	0,1 ± 0,02	0,08-0,11
Font Vella Sacalm	Manantial Font Vella Sacalm	San Hilari Sacalm, (Girona)	Plástico 330 ml	-	0,21 ± 0,03	0,18-0,24

mg F/L: miligramos de flúor/litro; ppm F: partes por millón de flúor; min-max: mínimo-máximo; [F]: concentración de flúor.

Tabla 2b
Concentración de flúor en aguas embotelladas (mg F/L ó ppm F).

Marca comercial	Nombre del manantial	Lugar de explotación	Tipo de botella	[F] etiqueta	ppm F	Min - max
Fontecelta	Manantial Fontecelta, Céltigos	Sarria (Lugo)	Plástico 330 ml	-	0,76 ± 0,018	0,55-0,90
Fuenciscla Naturis	Manantial Fuencisla	San Antonio de Requena (Valencia)	Plástico 500 ml	-	0,14 ± 0,04	0,10-0,17
Fuente Primavera, Eroski	Manantial Fuente Primavera	San Antonio de Requena (Valencia)	Plástico 500 ml	-	0,14 ± 0,04	0,10-0,17
Fuente Primavera, San Benedetto	Manantial Fuente Primavera	San Antonio de Requena (Valencia)	Plástico 330 ml	-	0,14 ± 0,04	0,10-0,17
La Serreta	Manantial La Serreta	La Font de la Figuera (Valencia)	Plástico 330 ml	-	0,26 ± 0,06	0,19-0,31
Lanjarón	Manantial Salud	Lanjarón (Granada)	Plástico 330 ml	-	0,16 ± 0,04	0,12-0,19
Nestlé Aquarel	Manantial Avets	Arbúcies (Girona)	Plástico 330 ml	-	0,66 ± 0,05	0,62-0,71
Neval	Manantial Neval	Moratalla (Murcia)	Plástico 500 ml	-	0,16 ± 0,05	0,11-0,20
Sierra Cazorla	Manantial Sierra Cazorla	Villanueva del Arzobispo (Jaén)	Plástico 330 ml	-	0,11 ± 0,03	0,08-0,14
Solán de Cabras	Manantial Solán de Cabras	Beteta (Cuenca)	Plástico 330 ml	-	0,10 ± 0,01	0,09-0,11
Veri	Manantial San Martín de Veri	Huesca	Plástico 330 ml	-	0,05 ± 0,01	0,04-0,05
Vilas del Turbón	Manantial Vilas	Torrelarribera (Huesca)	Plástico 500 ml	-	0,05 ± 0,01	0,06-0,06

mg F/L: miligramos de flúor/litro; ppm F: partes por millón de flúor; min-max: mínimo-máximo; [F]: concentración de flúor.

Aquarel® (0,66 ppm F), Fontecelta® (0,76 ppm F) y Cautiva® (0,79 ppm F). Una marca de agua tuvo más de 0,8 ppm F: Cabreiroá® (0,95 ppm F).

Todas las aguas minerales naturales explotadas en Galicia que fueron estudiadas (Fontecelta®, Cautiva® y Cabreiroá®) presentaron grandes cantidades de flúor. Solo 1 marca, de las 20 analizadas, indicaba en la etiqueta el contenido de flúor.

Todas las aguas embotelladas analizadas contenían metales pesados (tabla 3). El 100% de las aguas embotelladas presentaron cromo y arsénico. Las marcas en las que más metales pesados se detectaron fueron Fontecelta® y Lanjarón®. Ambas contenían cadmio, cromo, níquel, arsénico y manganeso. En el resto de las aguas solo se detectaron entre 2 y 3 metales pesados. Ninguna contenía plomo ni aluminio. Ninguna de las aguas embotelladas analizadas recogía la cantidad de metales pesados en su etiqueta.

Tabla 3a
Resultados de ICP-MS para elementos químicos en agua embotellada, y dosis máximas de metales pesados recomendados por la OMS y la legislación española y europea.

Marca comercial	Na [ppm]	Mg [ppm]	Al [ppb]	P [ppm]	K [ppm]	Ca [ppm]	Cr [ppb]	Mn [ppb]	Fe [ppb]	Co [ppb]
Agua del Rosal	47,85 ± 2,00	14,31 ± 2,42	<0,0001	<0,0001	1,52 ± 1,91	58,43 ± 2,22	0,07 ± 18,47	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Aqua Bona	6,25 ± 4,07	28,72 ± 2,65	<0,0001	<0,0001	0,50 ± 2,39	54,86 ± 1,76	0,11 ± 12,6	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Aqua Deus	3,04 ± 1,84	27,85 ± 2,44	<0,0001	<0,0001	0,94 ± 2,22	67,65 ± 1,62	0,06 ± 14,39	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Bezoya	1,27 ± 2,80	0,90 ± 2,93	<0,0001	<0,0001	0,34 ± 3,65	5,72 ± 3,22	0,10 ± 29,53	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Cabreiroa	56,49 ± 1,50	2,98 ± 1,81	<0,0001	<0,0001	3,21 ± 1,72	4,77 ± 0,29	0,10 ± 2,58	0,20 ± 9,74	<0,0001	<0,0001
Cautiva	85,01 ± 1,54	1,43 ± 0,12	<0,0001	<0,0001	3,38 ± 0,66	18,07 ± 0,24	0,05 ± 33,85	0,66 ± 5,34	<0,0001	<0,0001
Cortés	7,42 ± 1,50	7,66 ± 2,61	<0,0001	<0,0001	1,15 ± 2,35	82,51 ± 2,00	0,10 ± 13,86	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Font Vella Sacalm	12,02 ± 3,14	8,80 ± 3,97	<0,0001	<0,0001	1,00 ± 3,11	37,16 ± 3,89	0,09 ± 20,35	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Fontcelta	90,46 ± 2,08	1,46 ± 1,29	<0,0001	<0,0001	3,47 ± 2,57	18,86 ± 2,9	0,16 ± 5,55	0,43 ± 12,62	<0,0001	0,05 ± 29,29
Fuenciscla Naturis	22,47 ± 2,49	22,79 ± 1,45	<0,0001	<0,0001	1,21 ± 2,66	85,86 ± 1,03	0,18 ± 9,8	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Fuente Primavera, Eroski	22,52 ± 2,47	22,83 ± 2,91	<0,0001	<0,0001	1,18 ± 2,61	85,78 ± 2,67	0,17 ± 11,29	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Fuente Primavera, San Benedetto	22,18 ± 2,78	23,19 ± 2,29	<0,0001	<0,0001	1,20 ± 1,32	86,69 ± 1,21	0,16 ± 13,06	<0,0001	<0,0001	<0,0001
La Serreta	19,43 ± 4,66	29,98 ± 1,11	<0,0001	<0,0001	1,08 ± 2,52	60,28 ± 2,56	0,12 ± 7,98	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Lanjarón	5,67 ± 4,29	8,97 ± 1,43	<0,0001	<0,0001	1,11 ± 2,61	24,67 ± 1,64	0,26 ± 7,37	0,47 ± 11,69	<0,0001	0,09 ± 15,11
Nestlé Aquarel	8,86 ± 1,24	6,32 ± 0,82	<0,0001	<0,0001	1,45 ± 1,24	32,74 ± 0,84	0,19 ± 14,56	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Neval	83,75 ± 2,08	40,97 ± 0,44	<0,0001	<0,0001	2,68 ± 0,77	54,80 ± 1,06	0,33 ± 5,58	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Sierra Cazorla	1,49 ± 3,29	38,85 ± 1,13	<0,0001	<0,0001	0,46 ± 1,67	74,93 ± 1,03	0,16 ± 5,86	<0,0001	<0,0001	0,04 ± 25,77
Solan de Cabras	4,34 ± 1,93	24,26 ± 2,55	<0,0001	<0,0001	1,01 ± 1,52	55,70 ± 1,59	0,10 ± 14,12	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Veri	0,89 ± 1,74	1,56 ± 1,83	<0,0001	<0,0001	0,27 ± 2,27	60,34 ± 2,18	0,12 ± 21,24	<0,0001	<0,0001	0,02
Vilas del Turbón	2,64 ± 3,08	2,09 ± 1,07	<0,0001	<0,0001	0,46 ± 1,33	62,92 ± 1,55	0,15 ± 28,1	<0,0001	<0,0001	<0,0001
OMS ⁽¹¹⁾	200	-	200	-	-	-	50	50	200	-
EU y España ⁽¹¹⁾	200	-	200	-	-	-	50	50	200	-

ICP-MS: espectrometría de masas con plasma de argón inductivamente acoplado; OMS: Organización Mundial de la Salud; Na: sodio; Mg: magnesio; Al: aluminio; P: fósforo; K: potasio; Ca: calcio; Cr: cromo; Mn: manganeso; Fe: hierro; Co: cobalto; ppm: partes por millón; ppb: partes por billón.

Tabla 3b (continuación)
Resultados de ICP-MS para elementos químicos en agua embotellada, y dosis máximas de metales pesados recomendados por la OMS y la legislación española y europea.

Marca comercial	Ni [ppb]	Cu [ppb]	Zn [ppb]	As [ppb]	Cd [ppb]	Ba [ppb]	Pb [ppb]
Agua del Rosal	0,31 ± 8,89	<0,0001	<0,0001	1,41 ± 9,77	<0,0001	7,12 ± 37,26	<0,0001
Aqua Bona	0,04 ± 39,59	0,04 ± 24,69	<0,0001	0,43 ± 13,96	<0,0001	10,07 ± 35,18	<0,0001
Aqua Deus	<0,0001	0,16 ± 13,77	<0,0001	0,27 ± 12,97	<0,0001	12,45 ± 15,51	<0,0001
Bezoya	<0,0001	0,05 ± 7,55	<0,0001	0,22 ± 22,23	<0,0001	7,83 ± 45,11	<0,0001
Cabreiroa	0,05 ± 61,31	<0,0001	<0,0001	0,98 ± 10,1	<0,0001	19,74 ± 10,82	<0,0001
Cautiva	0,04 ± 70,62	<0,0001	<0,0001	0,35 ± 11,95	<0,0001	13,08 ± 18,31	<0,0001
Cortés	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,31 ± 8,12	<0,0001	10,75 ± 17,41	<0,0001
Font Vella Sacalm	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,78 ± 13,87	0,13 ± 12,64	51,43 ± 3,54	<0,0001
Fontecelta	0,11 ± 23,91	<0,0001	<0,0001	0,35 ± 8,26	0,08 ± 45,59	30,77 ± 6,3	<0,0001
Fuenciscla Naturis	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,37 ± 8,86	<0,0001	35,10 ± 3,41	<0,0001
Fuente Primavera, Eroski	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,34 ± 8,83	<0,0001	30,07 ± 6,11	<0,0001
Fuente Primavera, San Benedetto	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,52 ± 18,49	<0,0001	30,80 ± 3,72	<0,0001
La Serreta	0,02 ± 62,23	0,23 ± 9,16	<0,0001	0,70 ± 5,78	<0,0001	16,61 ± 9,27	<0,0001
Lanjarón	0,17 ± 20,59	0,13 ± 23,82	<0,0001	1,45 ± 6,73	0,08 ± 22,38	52,61 ± 7,64	<0,0001
Nestlé Aquarel	<0,0001	0,13 ± 14,35	<0,0001	0,56 ± 5,5	<0,0001	121,11 ± 0,97	<0,0001
Neval	<0,0001	<0,0001	<0,0001	1,01 ± 9,15	0,02 ± 81,16	33,34 ± 4,51	<0,0001
Sierra Cazorla	0,07 ± 13,84	0,29 ± 6,56	<0,0001	0,22 ± 15,17	0,04 ± 56,44	19,10 ± 26,29	<0,0001
Solan de Cabras	<0,0001	0,11 ± 14,62	<0,0001	0,38 ± 27,93	<0,0001	19,43 ± 13,61	<0,0001
Veri	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,24 ± 3,39	<0,0001	55,75 ± 2,49	<0,0001
Vilas del Turbón	0,06 ± 74,26	0,17 ± 18,81	<0,0001	0,09 ± 25,73	<0,0001	14,25 ± 17,08	<0,0001
OMS ⁽¹¹⁾	70	2	-	10	3	-	10
EU y España ⁽¹¹⁾	20	2	-	10	5	-	10

ICP-MS: espectrometría de masas con plasma de argón inductivamente acoplado; OMS: Organización Mundial de la Salud; Ni: níquel; Cu: cobre; Zn: zinc; As: arsénico; Cd: cadmio; Ba: bario; Pb: plomo; ppm: partes por millón; ppb: partes por billón.

Tabla 4
Comparación de niveles de flúor (ppm F) en aguas embotelladas españolas detectados en diferentes estudios.

Marca comercial	Nuestro estudio	Maraver y cols, (2015) ⁽⁷⁾	Jáudenes y cols, (2015) ⁽¹⁴⁾
Agua del Rosal	0,50 ± 0,06	0,52 ± 0,01	-
Aqua Bona	0,15 ± 0,02	-	-
Aqua Deus	0,13 ± 0,02	0,11 ± 0,01	-
Bezoya	0,06 ± 0,01	0,07 ± 0,01	-
Cabreiroa	0,95 ± 0,21	0,64 ± 0,02	-
Cautiva	0,79 ± 0,18	-	-
Cortés	0,10 ± 0,02	0,12 ± 0,01	-
Font Vella Sacalm	0,21 ± 0,03	0,33 ± 0,02	0,30 ± 0,001
Fontecelta	0,76 ± 0,02	0,48 ± 0,03	-
Fuenciscla Naturis	0,14 ± 0,04	0,13 ± 0,01	-
Fuente Primavera, Eroski	0,14 ± 0,04	0,24 ± 0,02	-
Fuente Primavera, San Benedetto	0,14 ± 0,04	0,24 ± 0,02	-
La Serreta	0,26 ± 0,06	-	-
Lanjarón	0,16 ± 0,04	0,25 ± 0,02	0,28 ± 0,02
Nestlé Aquarel	0,66 ± 0,05	0,89 ± 0,02	0,51 ± 0,09
Neval	0,16 ± 0,05	0,25 ± 0,01	-
Sierra Cazorla	0,11 ± 0,03	0,07 ± 0,01	-
Solan de Cabras	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,24 ± 0,001
Veri	0,05 ± 0,01	0,15 ± 0,01	-
Vilas del Turbón	0,05 ± 0,01	0,10 ± 0,01	-

ppm F: partes por millón de Flúor.

DISCUSIÓN

Los niveles de flúor detectados en nuestro estudio en aguas embotelladas españolas adquiridas en la Región de Murcia son similares a los obtenidos por otros autores en algunas marcas, y diferentes en otras^(7,14) (tabla 4).

Para conocer la ingesta diaria total de flúor de un niño habría que sumar las concentraciones obtenidas en el agua de consumo y

otras bebidas, en los alimentos, en la fórmula láctea infantil y en las pastas de dientes⁽⁴⁾. Concentraciones inferiores a 0,6 ppm F o superiores a 0,8 ppm F están fuera del rango normal cuando se considera el equilibrio entre el beneficio de prevención de caries y el riesgo de fluorosis⁽⁵⁾. El 80% de las aguas de nuestro estudio presentan valores inferiores a 0,6 ppm F, quedando por debajo de lo que la AAPD establece como concentración de máximo beneficio para proteger efectivamente contra la caries sin

riesgo de fluorosis⁽⁴⁾. En otros países del mundo (Irán⁽¹⁵⁾, Emiratos Árabes⁽¹⁶⁾, Tailandia⁽¹⁷⁾, India⁽¹⁸⁾, Chile⁽¹⁹⁾ y Egipto⁽¹²⁾), la mayoría de aguas embotelladas no tienen suficiente flúor (menos de 0,6 ppm F) para prevenir la caries, al igual que sucede en nuestro estudio. En Qatar⁽²⁰⁾ y Brasil⁽²¹⁾ se vende agua embotellada que contiene más de 1,5 ppm F. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que el agua para consumo no debe tener más de 1,5 ppm F, porque podría producir fluorosis en los menores de 8 años⁽¹¹⁾. En la mayoría de los países, no se suele especificar la concentración de flúor en la etiqueta, a excepción de en Emiratos Árabes⁽¹⁶⁾, Qatar⁽²⁰⁾ y Brasil⁽²¹⁾.

En España, según el *Real Decreto 140/2003 de 7 de febrero*⁽²²⁾, las aguas minerales naturales cuya concentración de flúor sea mayor de 1,5 mg/L deberán incluir en su etiquetado la indicación “*contiene >1,5 mg/L de flúor: no adecuada para el consumo regular de los lactantes y niños menores de siete años*”, y según el *Real Decreto 1798/2010 de 30 de diciembre*⁽²³⁾, se considera que el agua con más de 1 mg/L puede llamarse “*fluorada o que contiene flúor*”, no siendo obligatorio especificar la concentración de flúor en la etiqueta. Sin embargo, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) establece que, en caso de que el producto contenga más de 1 mg/L de fluoruro, en la etiqueta debería figurar, como parte del nombre del producto, o muy cerca de éste, o en lugar visible, las palabras “*contiene fluoruro*”⁽²⁴⁾.

El mismo *Real Decreto 1798/2010*⁽²³⁾ establece que para la preparación de alimentos infantiles se puede aplicar este criterio a aguas embotelladas con niveles de fluoruro menores de 1mg/L, siendo todas las aguas analizadas en este estudio aptas para el consumo de los bebés. En otros países como Francia y Alemania, la legislación establece límites de 0,5 mg/L (*Arrêté du 28/12/2010*) y 0,7 mg/L (*Verordnung vom*

1/08/198), respectivamente, para la preparación de leche de fórmula⁽¹⁴⁾.

Según las recomendaciones de la *American Diabetes Association* (ADA), con los valores obtenidos en nuestro estudio, las marcas Cabreiroa® (que presenta en alguna determinación valores superiores a 1 mg/L F, exactamente 1,15 mg/L) y Nestlé Aquarel®, Fontecelta® y Cautiva® (con valores superiores a 0,70 ppm F), no deberían emplearse para el consumo diario de los bebés⁽⁸⁾, pues entraríamos en el rango de toxicidad del flúor.

Bajo esta perspectiva, podría considerarse la lactancia materna como protectora frente a la fluorosis dental, ya que el aporte de flúor al niño es exclusivo a través de la leche materna y, aunque depende del consumo de flúor por parte de la madre, es mínimo. En la lactancia mixta o artificial sí deberíamos tener en cuenta la concentración de flúor en las aguas embotelladas usadas para la elaboración de la leche.

Para la población infantil cuya forma de alimentación principal no es la lactancia, sino la dieta sólida, estaría indicado que bebiera agua con suficiente flúor para prevenir la caries sin riesgo de fluorosis, recomendando el consumo de estas mismas marcas Nestlé Aquarel®, Fontecelta® y Cautiva. Para poder elegir con seguridad el agua de consumo de acuerdo a las necesidades de cada niño, es necesario que las empresas que comercializan aguas embotelladas indiquen en la tabla de composición la concentración de flúor.

Las aguas embotelladas contienen, además del flúor, otros elementos químicos cuya concentración es necesario conocer ya que algunos son metales pesados potencialmente tóxicos. En España, el *Real Decreto 140/2003*⁽²²⁾ regula los metales pesados en las aguas de abastecimiento público, y el *Real Decreto 1798/2010*⁽²³⁾ la cantidad de metales pesados

en aguas embotelladas. Ambos establecen las mismas dosis máximas.

Pueden encontrarse muchos estudios, a nivel mundial, sobre el contenido de metales pesados en aguas de consumo de abastecimiento público, pero muy pocos en aguas embotelladas. En España, hasta donde nosotros conocemos, no se ha publicado ningún estudio independiente sobre los metales pesados en aguas embotelladas. En los estudios publicados en Canadá⁽²⁵⁾, Grecia⁽¹³⁾, Italia⁽²⁶⁾, Turquía⁽²⁷⁾ y Malasia⁽²⁸⁾, ninguna de las aguas embotelladas estudiadas supera las dosis máximas de metales pesados. En Irán⁽²⁹⁾, solo la marca Bidestan[®] excede la dosis máxima para cadmio, debido al largo periodo de almacenamiento en botellas PET (de tereftalato de polietileno), según los autores. Sin embargo, en Egipto⁽¹²⁾ el 85,7% de las aguas embotelladas analizadas sobrepasan la dosis máxima de cadmio, y el 100% exceden la dosis máxima de plomo. En Nigeria⁽³⁰⁾, el 25% supera las dosis máximas de cadmio, y el 100% las dosis máximas de plomo.

En nuestro estudio, aunque los valores medios de las concentraciones no sobrepasan las dosis máximas recomendadas por la OMS, la legislación europea y la española (tabla 3), en alguna de las tres determinaciones realizadas respecto a níquel, cobre, arsénico y cadmio sí las superan. En las etiquetas de las botellas no aparece la concentración de metales pesados que contienen. Algunos de ellos están relacionados con enfermedades⁽¹⁰⁾, por lo que debería ser obligatorio la aparición de su concentración en la etiqueta.

Cabría destacar como limitación del estudio el no haber analizado el resto de marcas de aguas embotelladas comercializadas en España, aunque las 20 seleccionadas son las que mayor distribución tienen, considerando este hecho como representativo de la muestra.

Como conclusión, existe una gran variabilidad en la composición química de las aguas embotelladas comercializadas en España. El 80% de aguas embotelladas analizadas no contienen suficiente flúor para poder ser consideradas de utilidad en la prevención de la caries. Otras, sin embargo, podrían ser consideradas un factor de riesgo para el desarrollo de algún grado de fluorosis dental si se consumen a edades muy tempranas.

Las aguas embotelladas contienen pequeñas cantidades de metales pesados, sin exceder las dosis propuestas por las diferentes legislaciones internacionales.

La mayoría de las aguas embotelladas no muestran la cantidad de flúor y metales pesados en las tablas de composición que acompañan a la etiqueta.

BIBLIOGRAFÍA

1. Frazao P, Peres MA, Cury JA. Drinking water quality and fluoride concentration. *Rev Saude Pública* 2011;45:964-73. <http://doi.org/10.1590/S0034-89102011005000046>.
2. Carey CM. Focus on Fluorides: Update on the Use of Fluoride for the Prevention of Dental Caries. *J Evid Based Dent Pract* 2014;14:95-102. <http://doi.org/10.1016/j.jebdp.2014.02.004>.
3. Kanduti D, Sterbenk P, Artnik B. Fluoride: a review of use and effects on health. *Mater Sociomed* 2016; 28:133-7. <http://doi.org/10.5455/msm.2016.28.133-137>.
4. American Academy of Pediatric Dentistry. Fluoride Therapy Reference Manual, Recommendations: best practices 2018;40:18/19. https://www.aapd.org/globalassets/media/policies_guidelines/bp_fluoridetherapy.pdf (consultado 8/10/19).
5. Bergamo ET, Barbana M, Terada RS, Cury JA, Fujimaki M. Fluoride concentrations in the water of Maringá, Brazil, considering the benefit/risk balance of caries and fluorosis.

- Braz Oral Res 2015;29:47. <http://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2015.vol29.0047>.
6. Clark MB, Slayton RL. Fluoride Use in Caries Prevention in the Primary Care Setting. *Pediatrics* 2014; 134:626-33.. <http://doi.org/10.1542/peds.2014-1699>.
7. Maraver F; Vitoria I, Almerich-Silla JM, Armijo F. Fluoruro en aguas minerales naturales envasadas en España y prevención de la caries dental. *Aten Primaria* 2015;47:15-24. <http://doi.org/10.1016/j.aprim.2014.04.003>.
8. Bansal A, Ingle NA, Kaur N, Ingle E. Recent advancements in fluoride: A systematic review. *J Int Soc Prev Community Dent* 2015;5:341-6. <http://doi.org/10.4103/2231-0762.165927>.
9. Marín Camache MD, Pacheco Martínez F, Martínez Gambín R, Gómez Campoy E, Gutierrez Molina C. La fluoración de aguas en la Región de Murcia. *Rev. Esp. Salud Pública* 1998;72:91-101.
10. Chowdhury S, Mazumder MAJ, Al-Attas O, Husain T. Heavy metals in drinking water: Occurrences, implications, and future needs in developing countries. *Sci Total Environ* 2016; 1:476-488. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.166>.
11. Margarita Palau Miguel. Calidad del agua de consumo humano en España, 2016. Informes, estudio e investigación. Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar social de España; 2018. Disponible en: https://www.msbs.gob.es/profesionales/saludPublica/docs/INFORME_AGUA_CONSUMO_2016_def_Revisado.pdf ; 2018 [consultada 23.05.2018].
12. Ibrahim HZ, Mohammed HA, Hafez AM. Physicochemical properties of some bottled water brands in Alexandria Governorate, Egypt. *J Egypt Public Health Assoc* 2014;89:60-5. <http://doi.org/10.1097/01.EPX.0000451919.21292.8a>
13. Karamanis D, Stamoulis K, Ioannides KG. Natural radionuclides and heavy metals in bottled water in Greece. *Desalination* 2007;213:90-97. <http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.0000.00.000>.
14. Jáudenes Marrero JR, Hardisson de la Torre A, Gutiérrez Fernández AJ, Rubio Armendáriz C, Revert Gironés C. Evaluación del riesgo tóxico por la presencia de fluoruro en aguas de bebida envasada consumidas en Canarias. *Nutr Hosp* 2015;32:2261-2268. <http://doi.org/10.3305/nh.2015.32.5.9701>.
15. Alimohammadi M, Nabizadeh R, Yaghmaeian K, Mahvi AH, Foroohar P, Hemmati S, Heidarinejad Z. Data on assessing fluoride risk in bottled waters in Iran. *Data Brief*. 2018;20:825-830. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.08.160>.
16. Abouleish MY. Evaluation of fluoride levels in bottled water and their contribution to health and teeth problems in the United Arab Emirates. *Saudi Dent J* 2016;28:194-202. <http://doi.org/10.1016/j.sdentj.2016.08.002>.
17. Rirattanapong P, Rirattanapong O. Fluoride content of commercially available bottled drinking water in Bangkok, Thailand. *Southeast Asian J Trop Med Public Health* 2016;47:1112-1126.
18. Somasundaram S, Ravi K, Rajapandian K, Gurunathan D. Fluoride Content of Bottled Drinking Water in Chennai, Tamilnadu. *J Clin Diagn Res* 2015;9:ZC32-4. <http://doi.org/10.7860/JCDR/2015/14691.6594>
19. Fernández CE, Giacaman RA, Cury JA. Concentración de fluoruro en aguas embotelladas comercializadas en Chile: importancia en caries y fluorosis dental. *Rev Med Chile* 2014; 142: 623-629.
20. Almulla HI, King NM, Alnsour HM, Sajnani AK. Fluoride Content of Bottled Drinking Waters in Qatar. *Biol Trace Elem Res* 2016;174:471-476. <http://doi.org/10.1007/s12011-016-0718-z>.
21. Villena RS, Borges DG, Cury JA. Evaluation of fluoride content of bottled drinking waters in Brazil. *Rev Saude Pública* 1996;30:512-8.

22. Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano [sede Web]. Gobierno de España: Ministerio de la Presidencia, relaciones con las cortes e igualdad; Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-3596;2003> [consultado 11.06.2019].
23. Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para consumo humano [sede Web]. Gobierno de España: Ministerio de la Presidencia, relaciones con las cortes e igualdad.. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2011-971;2011> [consultado 11.06.2019].
24. FAO.org. FAO/OMS. Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. Comisión del Codex Alimentarius [sede Web]. Roma: FAO/OMS; 1999. CX 5/40. Disponible en: https://www.fao.org/tempref/codex/Reports/Alinorm01/al01_20s.pdf;1999 [consultado 12.06.2019].
25. Sullivan MJ, Leavey S. Heavy metals in bottled natural spring water. *J Environ Health* 2011;73:8-13.
26. Annibaldi A, Illuminati S, Truzzi C, Scarponi G. Heavy Metals in Spring and Bottled Drinking Waters of Sibylline Mountains National Park (Central Italy). *J Food Prot* 2018;81:295-301. <http://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-17-310>.
27. Bakirdere S, Yaroglu T, Tirik N, Demiroz M, Fina AK, Maruldali O, Karaca A. Determination of As, Cd, and Pb in Tap Water and Bottled Water Samples by Using Optimized GFAAS System with Pd-Mg and Ni as Matrix Modifiers. *Journal of Spectroscopy* 2013; 2013:1-7.
28. Ab Razak NH, Praveena SM, Aris AZ, Hashim Z. Drinking water studies: a review on heavy metal, application of biomarker and health risk assessment (a special focus in Malaysia). *J Epidemiol Glob Health* 2015;5:297-310. <http://doi.org/10.1016/j.jegh.2015.04.003>.
29. Khaniki GJ, Ghaderpoori M, Dehghani MH, Nazmara S. Analysis of toxic and trace metal contaminants in bottled water by using atomic absorption spectrometry. *Food Environ Saf J* 2011;10:78-83.
30. Omeje M, AdewoyinOlusegun O, Joel ES, OkolieSociis TA, AyoweOmorotemu E, Akinpelu A, Arijaje TE. Potential Health Risks of Heavy Metal Contents in Bottled Water from Lagos State and Its Environs, Nigeria. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci* 2018; 173:012021.