

Original breve

Trihalometanos en el agua de piscinas en cuatro zonas de España participantes en el proyecto INMA

Laia Font-Ribera^{a,b,c}, Ana Esplugues^{d,e,f}, Ferran Ballester^{e,d,f}, Begoña Martínez-Argüelles^g, Adonina Tardón^{g,d}, Carmen Freire^{h,d}, Marina F. Fernández^{h,d}, Gloria Carrasco^{a,b,d}, Amparo Cases^e, Jordi Sunyer^{a,b,d} y Cristina M. Villanueva^{a,b,d,*}

^a Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental (CREAL), Barcelona, España

^b Institut Municipal d'Investigacions Mèdiques (IMIM) - Hospital del Mar, Barcelona, España

^c Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, España

^d CIBER de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), España

^e Centro Superior de Investigación en Salud Pública (CSISP), Valencia, España

^f Universitat de València, Valencia, España

^g Universidad de Oviedo, Oviedo, España

^h Universidad de Granada, Hospital Universitario San Cecilio, Granada, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 7 de abril de 2010

Aceptado el 12 de julio de 2010

On-line el 11 de noviembre de 2010

Palabras clave:

Subproductos de la desinfección

Trihalometanos

Agua

Piscina

Exposición

RESUMEN

Objetivo: La natación es uno de los deportes más practicados en España, por personas de todas las edades y condiciones físicas. También es una vía de exposición a subproductos de la desinfección, compuestos potencialmente tóxicos. Su concentración en el agua de las piscinas no está legislada y es poco conocida. El objetivo de este trabajo es describir la concentración de trihalometanos en el agua de piscinas de los municipios de cuatro cohortes del estudio INMA.

Métodos: En julio de 2009 se analizaron los trihalometanos en el agua de piscinas (n=27) de Asturias, Granada, Valencia y Sabadell.

Resultados: La concentración media de trihalometanos totales fue de 42,7 µg/l (desviación estándar [DE]=19,1) en las piscinas interiores y de 151,2 µg/l (DE=80,7) en las exteriores, predominando siempre el cloroformo. Granada tuvo los valores más bajos.

Conclusión: La concentración de trihalometanos en el agua de piscinas presenta una gran variabilidad. Las piscinas exteriores tienen valores más altos, superando mayoritariamente los límites legales establecidos para el agua de consumo.

© 2010 SESPAS. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Trihalomethanes in swimming pool water in four areas of Spain participating in the INMA project

ABSTRACT

Objective: Swimming is one of the most widely practiced sports in Spain among people of all ages and physical conditions. This activity is also a source of exposure to disinfection by-products (DBP), which are potentially toxic. The DBP concentration in swimming pool water is not regulated and is poorly known. The aim of this study was to describe trihalomethane concentrations in swimming pool water in the municipalities of four cohorts of the INMA project.

Methods: In July 2009, trihalomethanes were analyzed in water from 27 swimming pools in Asturias, Granada, Valencia and Sabadell.

Results: The mean total trihalomethane concentration was 42.7 µg/L (standard deviation [SD]=19.1) in indoor pools and 151.2 µg/L (SD=80.7) in outdoor pools. In all pools, the most abundant trihalomethane was always chloroform. The lowest levels were found in Granada.

Conclusion: Trihalomethane concentrations in swimming pool water were highly variable. Outdoor swimming pools showed the highest levels, which were usually above the legal limit for drinking water.

© 2010 SESPAS. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Keywords:

Disinfection by-products

Trihalomethanes

Water

Swimming pool

Exposure

Antecedentes

La natación es uno de los deportes más practicados en España y en toda Europa¹, donde el sedentarismo representa un importante problema de salud pública. En comparación con otros deportes, la natación es practicable por personas de una mayor variabilidad de

edad y condición física. La asistencia a piscinas es además una actividad recreacional, que en España es especialmente común en las piscinas exteriores durante el verano².

El agua de las piscinas debe desinfectarse para evitar la proliferación de microorganismos patógenos. El cloro es el desinfectante más utilizado en España, tanto para el agua de piscinas como para el agua de consumo. Inevitablemente, el cloro reacciona con la materia orgánica presente en el agua y genera multitud de subproductos de la cloración (SPC) potencialmente tóxicos³. En la piscina, además, los bañistas aportan materia

* Autora para correspondencia.

Correo electrónico: cvillanueva@creal.cat (C.M. Villanueva).

orgánica que no está presente en el agua de consumo, en forma de cabellos, saliva, sudor u orina, generando nuevos SPC. Los trihalometanos (THM) están entre los SPC más prevalentes tanto en el agua de las piscinas como en la de consumo, y su concentración se utiliza como indicador de la concentración de la mezcla de SPC. Los THM son incorporados por el organismo no sólo mediante la ingestión, sino también por inhalación y absorción dérmica durante la ducha, el baño o, simplemente, la asistencia a piscinas⁴.

La asistencia a piscinas se ha asociado recientemente con un aumento del riesgo de cáncer de vejiga⁵. Además, los nadadores de élite tendrían una prevalencia superior de síntomas respiratorios⁶. Otras cuestiones relevantes para la salud pública que están siendo investigadas actualmente son si la asistencia a piscinas aumenta el riesgo de padecer asma en los niños y si la exposición a los SPC durante el embarazo aumenta el riesgo de efectos reproductivos adversos. El estudio de cohortes español INMA (Infancia y Medioambiente) pretende evaluar próximamente estas dos hipótesis. Las concentraciones de THM en el agua del grifo de las regiones del estudio INMA varían considerablemente^{7,8}. En algunas regiones, las concentraciones de THM en el agua del grifo son altas² y en ocasiones sobrepasan el límite legal de 100 µg/l⁹. La concentración de SPC en el agua de las piscinas no está legislada y los valores en las piscinas de España son poco conocidos. El objetivo de este estudio es describir las concentraciones de THM en el agua de las piscinas cubiertas y descubiertas de los municipios de cuatro regiones de España donde se lleva a cabo el estudio INMA (www.proyectoinma.org).

Métodos

El área de estudio corresponde a los municipios donde se encuentran establecidas las cohortes de Asturias, Granada, Valencia y Sabadell (Barcelona) del estudio INMA. Se seleccionaron los municipios de cada cohorte con mayor población de estudio, donde residen más del 70% de las mujeres que forman parte del estudio. En cada municipio seleccionado (n=13) se muestrearon la piscina municipal o la más frecuentada, o ambas, preferiblemente con vaso cubierto y descubierto. En los municipios con más población de estudio (Avilés, Granada y Sabadell) se muestrearon varias piscinas (n=27, [tabla 1](#)).

Entre el 5 y el 15 de julio de 2009 se recogieron 40 ml de agua de las cuatro esquinas de cada piscina muestreada, en un vial de cristal ámbar con tapón de rosca y septum de teflón que contenía cloruro de amonio. Los viales se llenaron completamente, evitando que quedaran cámara de aire y burbujas. Las muestras se conservaron refrigeradas hasta su análisis, que se realizó

durante los siguientes 3 días. Las cuatro especies de THM (cloroformo, bromodichlorometano, dibromoclorometano y bromoformo) se analizaron mediante *head space*-cromatografía de gases y espectrometría de masas en un laboratorio centralizado (servicios científico-técnicos, Universidad de Barcelona).

Resultados

Todas las piscinas muestreadas (17 cubiertas y 10 descubiertas) utilizaban derivados del cloro para desinfectar el agua. Las concentraciones de THM en el agua de las piscinas fueron muy variables (rango: 17,4-267,1 µg/l) ([tabla 1](#) y [fig. 1](#)). Las piscinas de Sabadell y Valencia tuvieron las concentraciones de THM más elevadas y las de Granada las más bajas. Las piscinas exteriores tenían una concentración muy superior de THM totales en agua (151,2 µg/l, desviación estándar [DE]=80,7 µg/l; frente a 42,7 µg/l, DE=19,1 µg/l en las piscinas cubiertas). Si se comparan solamente las cuatro instalaciones en que se muestreó un vaso cubierto y uno descubierto, la concentración media en los vasos descubiertos fue de 187 µg/l (DE=83,9) y 50,0 µg/l (DE=24,1) en los cubiertos. El cloroformo fue el THM predominante en todas las piscinas muestreadas.

Discusión

Las concentraciones de THM detectadas en el agua de piscinas son muy variables, incluso dentro de una misma región. Las piscinas exteriores estudiadas tienen concentraciones más altas que las interiores, que llegan a 150 µg/l y superan así los niveles legales en el agua de consumo.

Tal y como ya se había visto en estudios previos^{2,10-14}, el cloroformo siempre ha sido el THM más concentrado en las piscinas analizadas, también en regiones como Valencia o Sabadell donde en el agua del grifo predominan los THM bromados y no el cloroformo². El agua de las piscinas proviene en su mayoría de la red de agua corriente, pero recircula por el vaso durante un tiempo y va adquiriendo una composición de SPC diferente de la original del agua de red. En el vaso de la piscina, los compuestos bromados del agua de red se agotan y los THM bromados son desplazados por el cloroformo. La cantidad de bañistas, la materia orgánica en el agua, la temperatura y el pH modifican la concentración de THM en el agua de las piscinas¹⁰. Aun así, según los resultados de este estudio, parece que en las áreas donde el agua corriente presenta una mayor concentración de THM (Sabadell y ciertas zonas de Valencia) la concentración en el agua de las piscinas se mantiene más alta que en lugares como Granada y Asturias, donde las concentraciones de THM en el agua de consumo son más bajas^{2,7,8}.

Tabla 1

Características del muestreo en cada área de estudio y concentraciones de trihalometanos en el agua de piscinas (julio de 2009).

	Asturias		Granada		Sabadell		Valencia		Total	
	Cubiertas	Descubiertas	Cubiertas	Descubiertas	Cubiertas	Descubiertas	Cubiertas	Descubiertas	Cubiertas	Descubiertas
Nº piscinas	5	0	3	2	4	5	5	3	17	10
Municipios	Avilés (4), Castrillón		Granada (2), Armillá	Granada, Churriana	Sabadell (4)		Bétera, Godella, Llíria, Paterna, Burjassot		Llíria, Ribarroja, Valencia	
Concentración media (desviación estándar)										
CHCl ₃ (µg/l)	27,6 (9,6)	-	19,7 (2,2)	82,6 (36,5)	32,0 (6,0)	131,7 (74,9)	35,7 (16,9)	128,7 (85,9)	29,6 (11,6)	121,0 (68,5)
CHCl ₂ Br (µg/l)	7,2 (2,3)	-	0,7 (0,3)	2,7 (1,4)	12,9 (10,5)	24,3 (17,1)	11,8 (3,1)	27,9 (9,3)	8,7 (6,7)	21,1 (15,7)
CHClBr ₂ (µg/l)	1,9 (0,9)	-	0,5 (0)	0,5 (0)	7,0 (9,2)	7,4 (8,2)	5,5 (1,3)	11,8 (7,7)	3,9 (4,8)	7,3 (7,6)
CHBr ₃ (µg/l)	0,5 (0)	-	0,5 (0)	0,5 (0)	2,2 (2,3)	2,6 (2,3)	0,7 (0,4)	2,4 (1,9)	1,0 (1,2)	2,1 (2,0)
TTHM (µg/l)	36,8 (10,4)	-	20,0 (2,3)	85,4 (38,0)	53,9 (21,5)	165,9 (89,8)	53,3 (17,3)	170,8 (83,5)	42,7 (19,0)	151,2 (80,7)

CHCl₃: cloroformo; CHCl₂Br: bromodichlorometano; CHClBr₂: dibromoclorometano; CHBr₃: bromoformo; TTHM: trihalometanos totales.

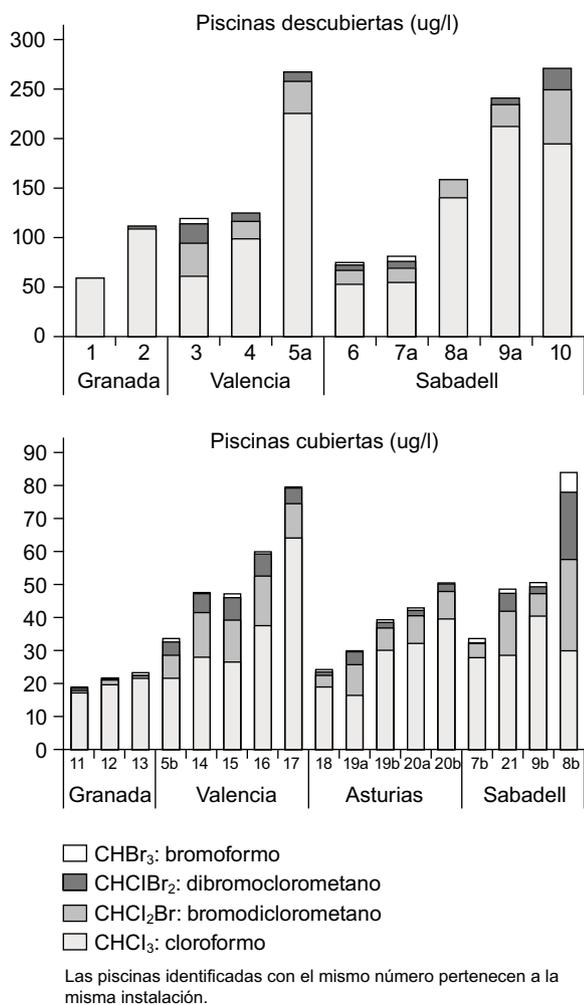


Figura 1. Concentración ($\mu\text{g/l}$) de los cuatro trihalometanos en el agua de las piscinas cubiertas y descubiertas de Granada, Valencia, Asturias y Sabadell (julio de 2009).

En España, hasta el momento, sólo se habían publicado datos sobre concentraciones de THM en el agua de piscinas cubiertas de Guipúzcoa¹¹ y Sabadell², y de una en Barcelona¹³ y otra en Córdoba¹⁴, con unas concentraciones medias de THM totales de 15,8, 92,1, 41,5 y más de 110 $\mu\text{g/l}$, respectivamente. Los valores hallados en otros países también varían sustancialmente, con algunos más bajos⁴ y otros más altos que en España. Este estudio es de los primeros que reporta concentraciones de THM en el agua de piscinas exteriores, donde los valores encontrados son más altos que en las piscinas interiores. En estudios realizados en Alemania y EE.UU., las concentraciones de THM detectadas en el agua de piscinas exteriores fueron más altas o similares a las de las piscinas interiores¹⁵. La causa de los valores más altos de THM en el agua de las piscinas exteriores podría encontrarse en un mayor aporte de materia orgánica o una mayor cloración. Aunque la concentración de THM en el agua sería mayor en las piscinas descubiertas, la incorporación de THM y otros SPC volátiles por vía respiratoria⁴ probablemente sea superior en las piscinas interiores, donde estos tóxicos se acumulan en el aire. Sin embargo, la exposición dérmica a los SPC en las piscinas exteriores podría ser relevante para la población, ya que en España la asistencia a piscinas descubiertas durante el verano es muy habitual. Alrededor del 75% de los niños de Sabadell de 10 a 12 años se bañaban en piscinas exteriores al menos una vez por semana durante el verano².

Una limitación del estudio es que sólo se han determinado los THM como indicadores de toda la mezcla de SPC. Si bien los THM se

han asociado con riesgo de cáncer, se desconoce su correlación con otros SPC, como la tricloramina en el aire, un compuesto irritante que se apunta como causa de los problemas respiratorios en las piscinas¹⁵. Las pocas muestras analizadas no permiten realizar comparaciones estadísticas entre áreas ni investigar la variabilidad temporal de los THM. El muestreo se realizó en verano para comparar piscinas cubiertas y descubiertas simultáneamente. Sin embargo, la afluencia de bañistas a las piscinas interiores puede ser diferente respecto a los meses del curso escolar, por lo que la concentración de THM no sería representativa del resto del año.

La regulación actual sobre los SPC se limita a algunos compuestos en el agua de consumo⁹. Sin embargo, se acumula la evidencia de que la asistencia a la piscina supone una vía de exposición a los SPC considerable. Así, se estima que en la población general la vía principal de incorporación de THM no es la ingestión de agua del grifo, sino la asistencia a piscinas (entre quienes las frecuentan) y la ducha (entre los que no)^{2,12}. Aunque la asistencia a la piscina puede ser una actividad relativamente esporádica para la mayoría de la población, hay algunos grupos altamente expuestos, como son los trabajadores de estas instalaciones y los nadadores de élite, incluyendo niños y jóvenes que entrenan varias horas al día. Si bien la presencia de SPC parece inevitable, su concentración en el agua y el aire de las piscinas puede reducirse mediante mejoras en el sistema de desinfección, pero también con medidas factibles y relativamente económicas tales como asegurar una mejor higiene de los bañistas o aumentar la ventilación de las piscinas interiores.

En conclusión, las concentraciones halladas en las piscinas exteriores son altas, por lo que la exposición a THM en las piscinas podría ser considerable en España. Sería recomendable ampliar el conocimiento sobre las concentraciones de THM y otros SPC en el agua y el aire de las piscinas, además de evaluar medidas de reducción. Reduciendo la cantidad de SPC, los beneficios de la natación y la asistencia a piscinas sobre la salud podrían incrementarse.

Declaraciones de autoría

C.M. Villanueva concibió el estudio y supervisó todos los aspectos de su realización. L. Font-Ribera, A. Esplugues, B. Martínez, C. Freire, G. Carrasco y A. Cases obtuvieron los datos. L. Font-Ribera realizó los análisis y redactó el primer borrador del manuscrito. Todos los autores aportaron ideas, interpretaron los hallazgos y revisaron las sucesivas versiones del manuscrito. Todos los autores aprobaron la versión final. C.M. Villanueva es la responsable del artículo.

Financiación

Instituto de Salud Carlos III (Red INMA G03/176;CB06/02/0041;G03/176), FIS-FEDER PI080533, 03/1615,04/1509,04/1112,04/1931,05/1079,05/1052,06/1213,07/0314 y 09/02647, Conselleria de Sanitat de la Generalitat Valenciana, Consejería de Salud de la Junta de Andalucía y Fundación Roger Torné (Fundació Privada).

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Vaz DA, Graca P, Afonso C, et al. Physical activity levels and body weight in a nationally representative sample in the European Union. *Public Health Nutr.* 1999;2:105-13.
- Font-Ribera L, Kogevinas M, Nieuwenhuijsen MJ, et al. Patterns of water use and THM uptake among children. *Environ Res.* 2010;110:571-9.

3. Richardson SD, Plewa MJ, Wagner ED, et al. Occurrence, genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: a review and roadmap for research. *Mutat Res.* 2007;636:178-242.
4. Erdinger L, Kuhn KP, Kirsch F, et al. Pathways of trihalomethane uptake in swimming pools. *Int J Hyg Environ Health.* 2004;207:571-5.
5. Villanueva CM, Cantor KP, Grimalt JO, et al. Bladder cancer and exposure to water disinfection by-products through ingestion, bathing, showering, and swimming in pools. *Am J Epidemiol.* 2007;165:148-56.
6. Goodman M, Hays S. Asthma and swimming: a meta-analysis. *J Asthma.* 2008;45:639-47.
7. Freire C, Soler R, Fernández MF, et al. Valores de trihalometanos en agua de consumo de la provincia de Granada. España. *Gac Sanit.* 2008;22:520-6.
8. Villanueva C, Kogevinas M, Grimalt J. Cloración del agua potable en España y cáncer de vejiga. *Gac Sanit.* 2001;15:48-53.
9. Real decreto 140/2003, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. 2003. Disponible en: http://www.msc.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/rd_140_2003.pdf.
10. Chu H, Nieuwenhuijsen MJ. Distribution and determinants of trihalomethane concentrations in indoor swimming pools. *Occup Environ Med.* 2002;59:243-7.
11. Santa Marina L, Ibarluzea J, Basterrechea M, et al. Contaminación del aire interior y del agua de baño en piscinas cubiertas de Guipúzcoa. *Gac Sanit.* 2009;23:115-20.
12. Villanueva CM, Gagniere B, Monfort C, et al. Sources of variability in levels and exposure to trihalomethanes. *Environ Res.* 2007;103:211-20.
13. Lourencetti C, Ballester C, Fernández P, et al. New method for determination of trihalomethanes in exhaled breath: applications to swimming pool and bath environments. *Anal Chim Act.* 2010;662:23-30.
14. Caro J, Gallego M. Assessment of exposure of workers and swimmers to trihalomethanes in an indoor swimming pool. *Environ Sci Technol.* 2007;41:4793-8.
15. World Health Organization. Guidelines for safe recreational water environments. Volume 2: Swimming pools and similar recreational water-environments. World Health Organization; 2006.