

Subproductos halogenados de la cloración en el agua de consumo público

J. Calderón* / C. Capell / F. Centrich / L. Artazcoz / M. González-Cabré / J.R. Villalbí

Institut Municipal de Salut Pública. Ajuntament de Barcelona. *Actualmente en Pfizer Global Research & Development.

Correspondencia: Dr. J.R. Villalbí. Institut Municipal de Salut Pública. Ajuntament de Barcelona. Pl. Lesseps, 1. 08023 Barcelona. Correo electrónico. jrwillal@imsb.bcn.es

Recibido: 4 de septiembre de 2001.

Aceptado: 11 de febrero de 2002.

(Halogenated by-products of chlorination in tap water)

Resumen

Objetivo: La presencia de trihalometanos en el agua de diversas ciudades españolas está demostrada. Este estudio pretende analizar sus concentraciones en el agua de la ciudad de Barcelona.

Métodos: Se analizan 151 muestras de agua recogidas durante el año 1998. Los análisis se realizaron en el laboratorio municipal mediante *purge and trap* y posterior determinación por cromatografía de gases acoplada a espectrofotometría de masas. Los resultados se presentan según el origen del agua: ríos Llobregat, Ter o mezcla.

Resultados: En aguas del Ter los valores son relativamente bajos y predominan cloroformo y bromodichlorometano, mientras que en las del Llobregat son más elevados y predominan bromoformo y dibromoclorometano. Las aguas de mezcla presentan valores intermedios. Los valores totales alcanzados en las muestras procedentes del Llobregat superan los 100 µg/l.

Conclusiones: Estos resultados muestran la necesidad de seguir corrigiendo la contaminación orgánica y los compuestos halogenados en el agua captada para el consumo humano en Barcelona.

Palabras clave: Trihalometanos. Suministro de agua. Riesgo. Cloro. Cáncer.

Abstract

Objective: The presence of trihalomethanes in the water systems of several Spanish cities has been demonstrated. The aim of this study was to analyze trihalomethane concentrations in the water provided for human consumption in the city of Barcelona.

Methods: We analyzed 151 water samples collected in 1998. The analyses were performed in the Public Health Laboratory of Barcelona using the purge-and-trap method and subsequent determination by gas chromatography and mass spectrometry. The results are presented according to the source of the water: the rivers of Llobregat or Ter, or a mixture of these.

Results: Trihalomethane concentrations in the water from Ter were relatively low, with a predominance of chloroform and bromodichloromethane, while concentrations in the water from Llobregat were much higher, with a predominance of bromoform and dibromochloromethane. Mixed water showed intermediate concentrations. The total concentrations reached in the water from Llobregat were above 100 µg/l.

Conclusions: The results show the need to continue reducing organic pollution and halogenated compounds in the water used for human consumption in Barcelona.

Key words: Trihalomethanes. Water supply. Risk. Chlorine. Cancer.

Introducción

La presencia de compuestos halogenados (especialmente cloroformo y otros trihalometanos) en el agua de consumo público suscita un interés creciente desde la perspectiva de salud pública. La desinfección del agua mediante cloración es una práctica habitual. Ahora bien, en presencia de materia orgánica se producen trihalometanos clorados, y en los últimos años se ha producido una acumulación de datos que evidencian que la exposición a trihalometanos se asocia con un mayor riesgo de cáncer, sobre todo de vejiga y a trastornos de la reproducción^{1,2}. De los cuatro trihalometanos (cloroformo, bromodichlorometano, bro-

moformo y dibromoclorometano), la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer ha clasificado a los dos primeros como cancerígenos potenciales, considerando la información sobre el bromoformo y el dibromoclorometano insuficiente para evaluar su carcinogenicidad³. Una directiva europea (Directiva 98/93/CE del 3 de noviembre de 1998) regula los valores máximos aceptables de trihalometanos totales.

En España se ha documentado la presencia de concentraciones relativamente elevadas de trihalometanos en el agua del grifo de diversas ciudades de la vertiente mediterránea. Un estudio reciente destaca Sabadell, Alicante, Barcelona y Manresa por las concentraciones alcanzadas, que estimó un nivel medio de 61 µg/ml en

el área metropolitana de Barcelona⁴. El origen de estas concentraciones se puede relacionar con una elevada carga de contaminantes orgánicos en el agua captada.

El suministro de agua en la ciudad de Barcelona es complejo, al proceder tanto del río Ter como del Llobregat, con características fisicoquímicas muy diferentes. Los diversos barrios de la ciudad no reciben la misma agua, sino que el suministro depende de la zona. Por ello se planteó la necesidad de realizar un estudio para cuantificar las concentraciones de los diversos trihalometanos en el agua de suministro, distinguiendo según su origen, cuyos resultados principales se presentan en este trabajo.

Métodos

Se analizaron 151 muestras de agua de consumo, 71 procedentes de grifos particulares y 80 de fuentes públicas. Las muestras se recogieron y analizaron entre el 25 de mayo y el 31 de julio de 1998. La toma de muestras se hizo siguiendo un protocolo estandarizado, dejando correr el agua antes de tomar la muestra y rellenando completamente el recipiente para evitar la evaporación. Los análisis se realizaron en el Servicio de Química del Laboratorio Municipal de Barcelona mediante la técnica de concentración *purge and trap* y posterior determinación por cromatografía de gases a espectrofotometría de masas^{5,6}.

Se presentan los valores medios para los distintos trihalometanos estudiados (cloroformo, bromodiclorometano, dibromoclorometano y bromoformo). Se presenta la dispersión mediante la amplitud y la desviación típica de los valores obtenidos. Las muestras se separan según sean procedentes del Ter, del Llobregat, o de la mezcla de ambos, en función de su conductividad: diversos estudios han demostrado la alta conductividad de las aguas del Llobregat (con valores medios de 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), y unos valores muy inferiores en las del Ter (con valores medios de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$)⁷. De acuerdo con estos resultados, se consideraron como aguas procedentes del Llobregat las que tenían una con-

ductividad superior a 1.275 $\mu\text{S}/\text{cm}$, del Ter si era inferior a 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y de mezcla a las que tenían una conductividad intermedia.

Resultados

En la tabla 1 se presentan los valores obtenidos, distinguiendo las muestras según la procedencia (Llobregat, Ter y mezcla). Se aprecia que los valores de trihalometanos en aguas del Ter son relativamente bajos, y predominan el cloroformo y el bromodiclorometano, mientras que en las aguas del Llobregat son elevados, y predominan el bromoformo y el dibromoclorometano. Las aguas de mezcla evidencian valores intermedios. Se aprecia también que la variabilidad de las observaciones es relativamente elevada. Los valores medios de trihalometanos totales alcanzados en las muestras procedentes del Llobregat superan los 100 $\mu\text{g}/\text{l}$.

Discusión

La Directiva Europea de 1998 plantea que a los cinco años de su entrada en vigor el valor máximo admisible de trihalometanos sea de 150 $\mu\text{g}/\text{l}$, y de 100 $\mu\text{g}/\text{l}$ a los 10 años. Los resultados del presente análisis confirman la presencia de trihalometanos en concentraciones relativamente elevadas en el agua de consumo público domiciliario de la ciudad de Barcelona que procede del río Llobregat. Por contra, sus valores son relativamente bajos en la procedente del Ter. Los valores detectados son compatibles inicialmente con la directiva europea, pero en las aguas procedentes del Llobregat son superiores a los que esta directiva considera aceptables una vez transcurridos 10 años de su entrada en vigor. Hay que tener en cuenta que durante el período en que se recogieron las muestras los valores de trihalometanos podrían ser algo superiores a la concentración media anual, ya que en verano pueden ser mayores. En los EE.UU. en 1998, tan sólo ocho

Tabla 1. Trihalometanos (THM) presentes en las aguas de consumo público en $\mu\text{g}/\text{l}$ (Barcelona, 1998)

Compuestos	Llobregat (42 muestras)			Mezcla (20 muestras)			Ter (89 muestras)		
	Amplitud	Media	Desviación típica	Amplitud	Media	Desviación típica	Amplitud	Media	Desviación típica
Cloroformo	3-20	12	5	9-70	25	16	15-84	31	12
Bromodiclorometano	7-35	21	6	5-22	16	4	1-22	12	4
Dibromoclorometano	15-69	36	12	7-37	22	9	0,9-12	5	2
Bromoformo	28-83	54	15	6-70	24	18	0,2-5	1	1
Total THM	75-196	123	29	27-159	87	28	21-119	48	16

sistemas de aguas (que servían a una población total inferior a 100.000 habitantes) sobrepasaban los valores de referencia de trihalometanos fijados por la Environmental Protection Agency⁸.

El predominio de trihalometanos bromados en las aguas procedentes del Llobregat sugiere que en buena parte los compuestos halógenos están ya presentes en las aguas superficiales antes de su captación para el consumo. En la cuenca del río Llobregat se encuentra una zona rica en minas de potasa, que aflora a la superficie en esta zona. Esto comporta la presencia de abundantes sales de potasio en las aguas procedentes del Llobregat, lo que condiciona su alta conductividad.

Históricamente una parte fija de la población de Barcelona era servida por aguas del Llobregat y otra por aguas del Ter, y la frontera entre ambos sistemas era la calle de Balmes. Hace unos años se enlazaron los sistemas procedentes de ambos orígenes, lo que posibilitó la mezcla de aguas; por tanto, ahora varía según los días el agua predominante en una amplia superficie de la ciudad. Al realizarse este estudio, las muestras de los distritos de Ciutat Vella y Sants-Montjuïc correspondían mayoritariamente a aguas del Llobregat, el grueso de las de los distritos del Eixample, Les Corts, Sarrià y Sant Martí a mezcla, y las del resto de la ciudad a aguas del Ter. En términos de población unos 400.000 habitantes recibirían básicamente aguas del Llobregat, con contenidos relativamente elevados de trihalometanos.

La relevancia sanitaria de estos resultados estriba en que se documenta la presencia de trihalometanos

en el agua de consumo público en concentraciones significativas. Ésta se utiliza para cocinar y beber por buena parte de la población, y para usos como la ducha y el baño por toda. Las características organolépticas de esta agua la hacen poco aceptable para muchos residentes, y estudios recientes difundidos por los medios de comunicación (que no han diferenciado según el origen del agua) evidencian que la mitad de los ciudadanos no la utiliza para beber⁹. Desde una perspectiva de salud pública, se hace preciso profundizar en las alternativas que garanticen un agua de suministro público cuyo consumo esté libre de riesgos.

La cloración ha permitido controlar graves riesgos a corto plazo para la salud de la población, especialmente en la zona mediterránea donde el agua es un bien escaso y las aguas superficiales sufrían una fuerte contaminación por residuos orgánicos. Ahora se plantea la necesidad de abordar los problemas a largo plazo derivados de esta situación. Diversas acciones estratégicas ya han permitido progresar, reduciendo la presencia de contaminación orgánica y de compuestos halogenados. Estos datos demuestran la necesidad de seguir en esta dirección.

Agradecimiento

Los autores quieren agradecer a José Gracia, Vicenç Beneyto y Pau Rodríguez, de la Direcció de Serveis d'Iniciatives i Vigilància Ambientals de l'Ajuntament de Barcelona, la colaboración prestada, sin la cual este trabajo no habría sido posible.

Bibliografía

1. Villanueva CM, Kogevinas M, Grimalt JO. Cloración del agua potable y efectos sobre la salud: revisión de estudios epidemiológicos. *Med Clin (Barc)* 2001;117:27-35.
2. Koivusalo M, Vartiainen T. Drinking water chlorination by-products and cancer. *Rev Environ Health* 1997;12:81-90.
3. Re-evaluation of some inorganic chemicals, hydrazine and hydrogen peroxide. Lyon: International Agency of Research on Cancer Publications, 1999.
4. Villanueva CM, Kogevinas M, Grimalt JO. Cloración del agua potable en España y Cáncer de vejiga. *Gac Sanit* 2001;15:48-53.
5. Calderón-Delgado J. Determinació de trihalometans i dissolvents halogenats en aigües per la tècnica d'extracció i concentració *purge and trap* i anàlisi per GC-MS. (Tesis de Maestría Experimental en Química Analítica). Barcelona: Universitat de Barcelona, 1998.
6. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Washington: American Public Health Association, 1998; p. 6.21-6.32.
7. Domínguez M. Informe sobre l'estat del medi ambient a Barcelona 1985. Barcelona: Publicacions de l'Àrea de Sanitat de l'Ajuntament de Barcelona, 1986; p. 51-61.
8. Office of Water. 25 Years of the Safe Drinking Water Act: History and trends. Washington: US Environmental Protection Agency, 1999; p. 52.
9. Cerrillo A. La mitad de la población no bebe agua del grifo por su mal sabor. *La Vanguardia*, Vivir en Barcelona, 27 de abril de 2001; p. 5 (col. 1-5).