

Trihalometanos en agua para consumo humano

María Teresa Leal-Ascencio
Erick R. Bandala
Silvia Gelover
Sixto Pérez

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

El uso de cloro para la desinfección del agua conlleva la desventaja de producir sustancias cloradas tóxicas, entre ellas los trihalometanos (THMs), generados cuando el ácido hipocloroso reacciona con la materia orgánica del agua. En este estudio se determinó la presencia de los THMs en el agua para consumo humano en Cancún, Q. Roo, y en Guadalajara, Jal. Los resultados mostraron que en Cancún el cien por ciento de las detecciones de THMs se presentó en muestras cloradas. La incidencia y concentración de trihalometanos en Cancún estuvo relacionada a la cloración reiterada y a la fuente de abastecimiento, así como a la época de lluvias. En Guadalajara, a concentraciones similares de cloro residual, la formación de THMs estuvo asociada a la fuente de abastecimiento, viéndose favorecida en el agua proveniente del Lago de Chapala y del Río Lerma-Santiago.

Palabras clave: trihalometanos, subproductos de cloración, agua potable, México, cloroformo, contaminación del agua, bromoformo, bromodiclorometano, clorodibromometano.

Introducción

Una desventaja generalizada del uso de cloro para la desinfección del agua es la producción concomitante de sustancias orgánicas cloradas tóxicas. La presencia de estos compuestos como subproductos de la cloración fue descrita a principios de los años setenta, luego del descubrimiento de cloroformo en agua para consumo humano (Ram *et al.*, 1990). Entre los compuestos que comúnmente se forman se encuentran los trihalometanos (THMs), que son compuestos con un sólo átomo de carbono y tres halógenos, que responden a la fórmula general CHX_3 , donde X puede ser flúor, cloro, bromo o yodo, o una combinación de éstos. De acuerdo con su incidencia, sólo cuatro compuestos son importantes respecto de la contaminación del agua para consumo humano: el bromoformo, el dibromoclorometano, el bromodiclorometano y el cloroformo (OMS, 1995).

Los trihalometanos se producen cuando el ácido hipocloroso reacciona con la materia orgánica presente en el agua. Uno de los supuestos mecanismos de la formación de cloroformo implica el ataque de los ácidos húmicos por el hipoclorito. De particular importancia

aquellos que contienen anillos de 1,3-dihidroxibenceno. El proceso sigue las etapas de ionización, hidrólisis y halogenación. El átomo de carbono, localizado entre los carbonos que contienen los grupos hidroxilo, se halogena rápidamente, como consecuencia se rompe el anillo entre los carbonos 2 y 3 produciéndose así una cadena con dos átomos de cloro en un carbono terminal. En presencia de un exceso de hipoclorito, el carbono terminal se halogena nuevamente y es desplazado por un radical hidroxilo del agua para formar cloroformo, de acuerdo con la siguiente reacción:



Análogamente, se producen bromoformo y trihalometanos mixtos de cloro y bromo, cuando en la reacción interviene ácido hipobromoso, formado cuando el ion bromo presente en el agua sustituye al ion cloro del hipoclorito (Baird, 1994).

Aunque las sustancias húmicas son los principales precursores de THMs, existen otros también importantes como los compuestos orgánicos descargados en efluentes industriales, principalmente de origen petroquímico, además de la clorofila y las algas (Dojlido y

Best, 1993). La producción de THMs es mayor en aguas de origen superficial que en aguas de origen subterráneo debido a su mayor contenido de materia orgánica.

Al estar presentes en el agua, estas sustancias constituyen un factor de riesgo potencial a la salud, ya que al beberse son absorbidos fácilmente en el tracto gastrointestinal. También pueden entrar en el organismo durante el desarrollo de diferentes actividades, a través de la piel o por inhalación (International Life Science Institute, 1992). En animales de laboratorio, se ha comprobado que la acción toxicológica de los THMs es básicamente similar entre sí y la exposición prolongada causa lesiones hepáticas y renales (OMS, 1995). El cloroformo es sospechoso de producir daño hepático así como cáncer de vejiga, hígado y recto en los humanos, y se piensa que su presencia en el agua, en concentraciones mayores a 30 µg/l, aumenta la posibilidad de que la misma represente un riesgo para la salud, (Baird, 1994).

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) ha establecido un límite de 100 µg/l para la suma de todos los trihalometanos (THMT), dado que los cuatro se presentan generalmente juntos. En México, la NOM-127 marca un límite de 200 µg/l para el mismo parámetro (DOF, 1994).

Antecedentes

Entre los primeros datos publicados acerca de los THMs, a mediados de la década de los años setenta, la US-EPA informó de concentraciones de THMT entre 0 y 695 µg/l, con una media de 100 µg/l. El componente de mayor concentración fue el cloroformo, con un valor promedio de 69 µg/l (Dojlido y Best, 1993). Estos autores informaron, para cuatro ciudades de Polonia, valores que oscilaron entre los 13 y los 176 µg/l de THMT. En España, para el periodo marzo de 1991 a febrero de 1992, se informó que en los Países Vascos, fueron detectadas concentraciones promedio entre los 3.6 y los 7.4 µg/l de trihalometanos totales (THMT), con pocas variaciones a lo largo del año. La contribución mayor le correspondió al dibromoclorometano, seguido por el diclorobromometano y el cloroformo (Ibarluzea *et al.*, 1994). En un análisis sobre los THMs practicados en Japón, los resultados mostraron concentraciones que variaron entre 7 y 72 µg/l de THMT. Los compuestos mayormente detectados fueron el cloroformo, con valores de 6 a 29 µg/l, y el bromodichlorometano, de 6 a 14 µg/l (Adachi y Kobayashi, 1995). Por otro lado, tan sólo en 1995, la US-EPA detectó doce sistemas de abastecimiento en diversos estados, en los cuales se rebasó frecuentemente el límite máximo permisible de 100 mg/l de THMT (USEPA, 1996).

En México, hay pocos informes sobre la determinación de trihalometanos en el agua para consumo humano, ya que generalmente es efectuada por organismos gubernamentales y los resultados se consideran confidenciales, lo cual ha impedido la recopilación y comparación de resultados.

Previamente a este estudio, el IMTA realizó una investigación sobre la calidad del agua para consumo humano en ocho ciudades de la República Mexicana (Pérez, 1994). Uno de los resultados más importantes fue la presencia frecuente de sustancias orgánicas volátiles, algunas de ellas relacionadas con el proceso de potabilización (Gelover *et al.*, en prensa). Especialmente en Guadalajara y en Cancún, se encontró que la presencia de THMs era frecuente y elevada, por lo que se amplió el estudio para incluir, además de las Plantas Potabilizadoras o de bombeo, las fuentes de abastecimiento.

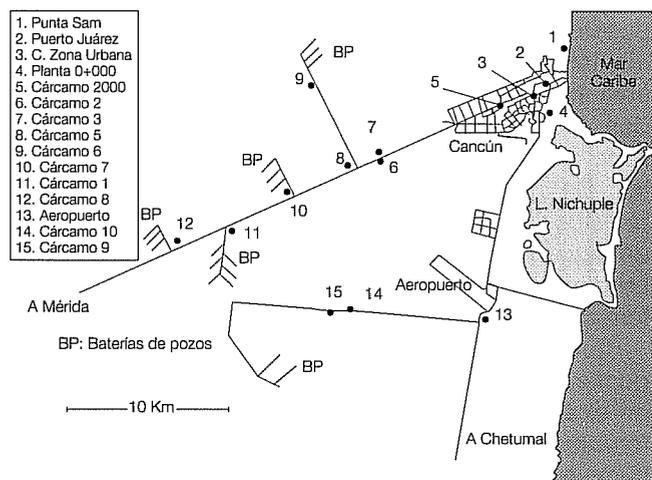
Objetivo

El objetivo del estudio fue confirmar la presencia de los THMs en el agua para consumo humano en las ciudades de Cancún y Guadalajara, identificar la fuente de los mismos así como determinar posibles variaciones estacionales.

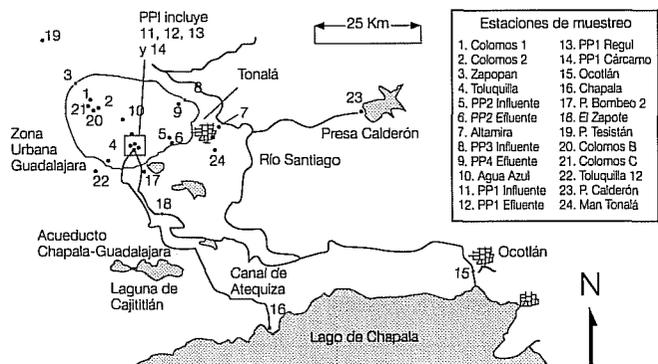
Metodología

Se analizaron los niveles de THMs en fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano en 15 estaciones de Cancún, Q. R., y en 24 de Guadalajara, Jal. El número de estaciones varió de campaña a campaña. Sin embargo, en ambas ciudades se muestrearon

1. Estaciones de muestreo en Cancún, Quintana Roo



2. Estaciones de muestreo en Guadalajara, Jalisco



todas las fuentes de abastecimiento al menos una vez durante el estudio (Pérez, 1994). En Cancún se muestrearon sólo los cárcamos de rebombeo y cloración así como las plantas de tratamiento (ilustración 1), en tanto que en Guadalajara se muestrearon los efluentes de todas las potabilizadoras, así como las fuentes, superficiales o subterráneas (ilustración 2). Cada campaña tuvo una duración de tres días, tiempo en que se tomó una muestra en cada estación. Junto con la toma de muestras se determinaron, entre otros parámetros de campo, el cloro residual, y el cuadro ambiental correspondiente.

Los muestreos en Cancún se practicaron en octubre de 1993 y en marzo, julio y septiembre de 1994. Diez estaciones de muestreo fueron cárcamos de captación y seis cárcamos de rebombeo y cloración, dentro de la red de distribución. En Guadalajara, los muestreos se hicieron en junio y octubre de 1993, así como en marzo, mayo, julio y septiembre de 1994, con once estaciones de muestreo en pozos de agua subterránea, ocho en fuentes de agua superficial y cinco estaciones en efluentes de plantas potabilizadoras.

Las muestras fueron tomadas en viales de 40 ml y preservadas en campo con ácido ascórbico, ácido clorhídrico y baja temperatura, y fueron analizadas en un lapso máximo de siete días, siguiendo las especificaciones del *Standard Methods* (1992).

Se midieron las concentraciones de cloroformo, bromoformo, bromodichlorometano y clorodibromometano en un sistema de cromatografía de gases Hewlett Packard 5890 Series II, acoplado a un detector selectivo de masas Hewlett Packard 5971. La introducción de las muestras se hizo mediante inyección por purga y trampa, y el análisis de los compuestos se efectuó utilizando una columna capilar Ultra 2, de 30 m x 0.2 µm x 0.33 mm. Las condiciones cromatográficas fueron las siguientes: temperatura del inyector: 100°C; temperatura del detector: 270°C; temperatura inicial en

la columna: 37°C durante 30 min, con incrementos sucesivos a 47°C (rapidez de calentamiento de 2°C/min); 80°C a 5°C/min; y a 180°C con incrementos de 15°C/min.

Resultados

Cancún

Niveles de trihalometanos totales

Los valores promedio de THMT encontrados en cada campaña de muestreo, así como su desviación estándar (de), se encuentran resumidos en el cuadro 1. Como puede observarse, la mayor concentración de THMT se observó en el mes de septiembre de 1994. En esta campaña el 54% de las muestras analizadas presentó THMT, con una concentración promedio de 69.5 µg/l. Si sólo se considera el número de muestras cloradas –provenientes de estaciones en que se estaba clorando cuando se realizó el muestreo– la presencia de THMT corresponde al 75% de los casos (muestras positivas cloradas, MP-CI).

En el mes de octubre de 1993 se detectaron THMs en el 50% de las muestras, que representan el 57% de las muestras cloradas, con una concentración promedio de 49.1 µg/l de THMT. En marzo de 1994, el 25% de las muestras resultó positivo. En este caso, el 100% de las detecciones se asoció a muestras cloradas. En contraste, en el mes de julio no hubo detecciones en ninguna de las estaciones analizadas, por lo que no aparece en el cuadro.

El coeficiente de correlación lineal entre la concentración de THMs y los parámetros de medición indirecta de materia orgánica, tales como nitrógeno orgánico, sustancias extractables en cloroformo y oxígeno consumido en medio ácido, fue muy bajo. Por tal motivo no se pudo establecer una relación causa-efecto directa entre estos parámetros. Los niveles de cloro residual detectados tampoco mostraron una relación estadística.

1. Valores relevantes de la detección de trihalometanos totales en Cancún

Época del año	n ¹	% muestras		THMT(µg/l)	
		positivas	MP-CI ²	Prom ± de	Máximo
Octubre 93	6	50	57.1	49.1 ± 44.3	105.7
Marzo 94	8	25	100	30.5 ± 0.4	30.8
Septiembre 94	11	54	75	69.5 ± 46.5	153.9

1 número de estaciones muestreadas
2 muestras positivas cloradas (ver texto)

2. Estaciones en Cancún que presentaron trihalometanos. Los valores corresponden a THMT en µg/l

Estación	Octubre 93	Marzo 94	Septiembre 94
P. Pot. Cozumel	105.68	—	—
Punta Sam	62.67	—	153.92
Puerto Juárez	—	—	79.96
Planta 0+000	18.6	—	65.47
Zona urbana	—	—	41.84
Cárcamo 2000	—	—	58.17
Cárcamo 3	9.74	30.82	—
Cárcamo 5	—	30.23	17.93

camente significativa con la concentración de estos compuestos (Bandala *et al.*, 1995); sin embargo, es clara la presencia de THMs en las muestras cloradas y su ausencia en las fuentes de abastecimiento.

En Punta Sam, donde se encuentra una estación de rebombeo y reclusión, las concentraciones de THMT fueron superiores entre 150 y 400% al promedio de las demás estaciones (cuadro 2). Son dos los factores que podrían explicar la mayor formación de THMs en este punto. El primero de ellos es que el agua que se clora en este sitio ha sido desinfectada sucesivamente, con cloro, en dos estaciones anteriores; el segundo factor es la calidad del agua de la fuente de abastecimiento. Si bien el recurso proviene de la parte central de la Península de Yucatán, la calidad difiere apreciablemente entre las diferentes zonas de captación, de acuerdo con los resultados de la caracterización fisicoquímica (Bandala *et al.*, op. cit.).

El cuadro 2 muestra en detalle los resultados obtenidos en todas las campañas de muestreo donde se detectaron THMs.

Tendencias de los trihalometanos

En el cuadro 3 se muestran los valores máximo, mínimo y promedio, a la vez que la desviación estándar y la frecuencia para los trihalometanos de mayor incidencia en Cancún. Se destacó la formación de bromoformo, el cual fue detectado en el 31% de las muestras totales analizadas (46% de las muestras que contenían cloro residual), en concentración promedio de 44 µg/l. La mayor frecuencia se presentó en el mes de septiembre de 1994, cuando se detectó en el 54.5% de los sitios muestreados, en una concentración promedio de 64 µg/l. Comparativamente, en julio no se detectó en ninguna estación.

El bromodichlorometano se detectó en el 18% de las muestras totales, porcentaje que representó el 27% de las muestras cloradas, con una concentración prome-

3. Valores máximos, mínimos, promedios, desviaciones estándar y frecuencias de detección para los trihalometanos totales encontrados en Cancún

Compuesto	Máximo-Mínimo	Prom ± de	Frecuencia (%)
Bromoformo	124.2-8.0	44 ± 32.8	31
Bromodichlorometano	68.4-0.8	12.7 ± 25.1	18
Dibromodichlorometano	27.7-1.7	8.5 ± 10.7	13

4. Valores relevantes de la detección de trihalometanos totales en Guadalajara, Jalisco

Época del año	n	% muestras		THMs(µg/l)	
		positivas	MP-CI*	Prom ± de	Máximo
Junio 93	9	87	77	33.4 ± 32.0	95.4
Octubre 93	10	80	89	3.6 ± 1.5	6.6
Marzo 94	9	67	75	75.7 ± 51.8	156.8
Mayo 94	22	36	80	3.6 ± 2.5	7.0
Julio 94	21	19	44	0.4 ± 0.1	0.6
Septiembre 94	9	33	100	36.7 ± 31.5	72.6

* MP-CI = muestras positivas cloradas (ver texto)

dio de 12.7 µg/l. En septiembre se detectó con mayor frecuencia (62%); sin embargo, las mayores concentraciones se detectaron en octubre: 41.8 µg/l. en promedio

El dibromodichlorometano se encontró en el 13% del total de las muestras, lo que representa el 19% de las muestras cloradas analizadas, en una concentración promedio de 8.5 µg/l. Su detección fue irregular, por lo que no se pudo establecer ninguna tendencia.

El cloroformo fue determinado únicamente en las muestras colectadas en octubre. Durante esta campaña de muestreo el 33% de las muestras cloradas presentó este contaminante en una concentración promedio de 5.35 µg/l.

Guadalajara

Concentraciones de THMs totales

La formación de trihalometanos se vio favorecida en estiaje, particularmente en el mes de marzo de 94, donde las concentraciones alcanzaron hasta 156.8 µg/l de THMT (cuadro 4). En este mes se detectaron trihalometanos en el 67% de las muestras analizadas en una concentración promedio de 75.7 µg/l, seguido del mes de junio de 1993 donde se detectaron trihalometanos en el 87% de las muestras en una concentración promedio de 33.4 µg/l (cuadro 4).

5. Estaciones en Guadalajara que presentaron trihalometanos. Los valores corresponden a THMT en µg/l

Estación	Junio 93	Octubre 93	Marzo 94	Mayo 94	Julio 94	Septiembre 94
Colomos I	–	2.99	25.55	0.26	–	–
Colomos II	5.75	2.54	–	–	–	13.3
Altamira	–	1.5	18.26	4.14	–	–
PP1 Efluente	95.4	3.9	69.99	3.0	0.45	–
PP1 Cárcamo	17.29	3.6	75.95	7.01	0.32	–
PP1 Regulador	18.4	3.7	156.8	5.38	0.41	–
PP2 Efluente	59.34	6.6	107.6	6.13	–	72.6
PP3 Influyente	–	–	–	0.35	–	–
PP3 Efluente	21.42	3.8	–	2.83	0.63	24.35
Zapopan	17.1	–	–	–	–	–

Como se muestra en el cuadro 4, en cinco de los seis meses comprendidos en el estudio, el porcentaje de muestras cloradas con detecciones positivas de THMs, varió entre el 75 y el 100%. Sólo en julio de 1994, este porcentaje fue menor: 44%. Esto es una indicación de la diferente susceptibilidad de la materia orgánica, a lo largo del año, para formar trihalometanos.

No se encontraron trihalometanos en las fuentes de abastecimiento, excepto para el influente de la Planta Potabilizadora 3, donde en mayo de 1994 se detectaron 0.35 µg/l de cloroformo en el influente. Esta planta es alimentada por agua de la Presa Calderón.

El cuadro 5 muestra en detalle los resultados obtenidos en todas las campañas de muestreo donde se detectaron THMs.

Tendencias de los trihalometanos

El cloroformo fue encontrado en el 94% de las estaciones en que hubo alguna detección de THMs. La concentración promedio fue de 6.3 µg/l (cuadro 6). Todos los meses en que se tomó muestra se encontró cloroformo. Se destacan los meses de junio de 1993 y marzo de 1994, que en promedio tuvieron 33.5 y 23 µg/l de cloroformo respectivamente, estando presente en el 75% de las muestras cloradas analizadas, para ambos casos. La formación de cloroformo, alcanzó en promedio una concentración de 23 µg/l para las Plantas Potabilizadoras 1 y 2, mismas que sirven al 56% de la población de la ciudad (en promedio 1.9 millones de habitantes). En contraste con los resultados de Cancún, en Guadalajara el bromoformo no fue detectado en ninguna ocasión.

El dibromoclorometano se encontró en el 32% del total de las muestras, lo que representa el 53% de las muestras cloradas analizadas, en una concentración

promedio de 9 µg/l. La formación se vio favorecida en el mes de marzo de 1994, en el cual se detectó este contaminante en el 66% de las muestras cloradas en una concentración promedio de 23.3 µg/l. Comparativamente, en el mes de octubre de 1993, el promedio de concentración fue de 1.8 µg/l, aunque el dibromoclorometano se detectó en el 80% de las muestras cloradas.

El bromodichlorometano se detectó en el 13% de las muestras totales, porcentaje que representó el 21% de las muestras cloradas, en una concentración promedio de 27.6 µg/l. Este contaminante se encontró exclusivamente en los meses de marzo y septiembre a concentraciones promedio similares: 29.2 y 24.3 µg/l.

Discusión

Resalta la distinta frecuencia de la aparición de THMs en Guadalajara y en Cancún. En esta última ciudad, se detectó la presencia de THMs sólo en el 50% de las campañas de muestreo, mientras que en Guadalajara en todas las campañas se detectaron estos compuestos. De esto se desprende que debería existir en Guadalajara una vigilancia continua de la presencia de estos subproductos de la cloración.

En época de estiaje, las concentraciones de THMT en Cancún fueron siempre mayores que las determi-

6. Valores máximos, mínimos, promedios, desviaciones estándar y frecuencias de detección para los trihalometanos totales encontrados en Guadalajara

Compuesto	Máximo-Mínimo	Prom ± de	Frecuencia (%)
Cloroformo	42-0.3	6.3 ± 11.8	31
Bromodichlorometano	54.9-4.5	27.6 ± 19.8	13
Dibromoclorometano	24.5-1.5	9.0 ± 12.8	32

nadas en Guadalajara. Este resultado se puede interpretar como una diferencia básica en el efecto del agua de lluvia en ambas zonas. Por un lado, en Cancún, ubicado en una región de vegetación abundante, es de esperarse que las lluvias arrastren cantidades importantes de detritus orgánicos que pueden llegar hasta los mantos acuíferos subterráneos, haciendo el agua más rica en materia orgánica susceptible de reaccionar con cloro. En contraste, la mayor parte de las fuentes de abastecimiento de Guadalajara corresponden a agua superficial, que se ven afectadas por las lluvias al presentarse un efecto de dilución. Esto sugiere la adopción de medidas de vigilancia más estricta durante la época de lluvias en Cancún.

Los valores de THMT resultaron un orden de magnitud mayores a los informados por Ibarluzea (1994) para los Países Vascos, y del mismo orden que los encontrados en Japón por Adachi y Kobayashi (1995), así como los informados por EPA (1996).

Estos últimos autores informan sobre una abundancia relativa en la que $\text{CHCl}_3 > \text{CHCl}_2\text{Br} > \text{CHClBr}_2$, sin detección de bromoformo. Por otra parte, Ibarluzea encontró el siguiente orden: $\text{CHClBr}_2 > \text{CHCl}_2\text{Br} > \text{CHCl}_3 > \text{CHBr}_3$. Sus resultados contrastan con los que aquí se presentan, dado que en Guadalajara el orden fue $\text{CHBrCl}_2 > \text{CHClBr}_2 \approx \text{CHCl}_3$, sin detección de bromoformo, y en Cancún el orden fue $\text{CHBr}_3 > \text{CHCl}_2\text{Br} > \text{CHClBr}_2 > \text{CHCl}_3$.

La alta incidencia y las altas concentraciones de bromoformo en las muestras de agua obtenidas en Cancún podrían ser explicadas por la intrusión de agua marina, rica en bromuros, en las zonas de captación.

Sin embargo, no es posible predecir los efectos que sobre la salud podrían manifestarse a largo plazo entre la población, ya que no existen estudios específicos para estimar los riesgos por ingestión de este compuesto (OMS, 1995).

De acuerdo a la literatura se considera que el riesgo de efectos negativos sobre la salud aumenta a partir de los 30 $\mu\text{g/l}$ de cloroformo, límite que es rebasado en Guadalajara en la época de estiaje.

Conclusiones

En Cancún no se encontraron trihalometanos en las fuentes de abastecimiento. El 100% de las detecciones se presentó en muestras cloradas.

La incidencia y concentración de trihalometanos estuvo relacionada con la cloración sucesiva, así como con la época de lluvias, especialmente en los meses de septiembre y octubre. Esto último, posiblemente, asociado al mayor arrastre de materia orgánica susceptible de reaccionar con el cloro.

Durante la mayor parte del año no se detectó la formación de cloroformo, considerado el más peligroso de los THMs.

En Guadalajara, a concentraciones similares de cloro residual, la formación de THMs estuvo asociada con la fuente de abastecimiento, viéndose favorecida en el agua del Lago de Chapala y en la del Río Lerma-Santiago. Las concentraciones de THMs detectadas fueron menores en la época de lluvias que durante el estiaje, posiblemente por efecto de dilución de la materia orgánica en las mencionadas fuentes de abastecimiento.

La formación de tres de los trihalometanos fue constante a lo largo del año. Si bien la suma de las concentraciones no rebasa los límites marcados por la NOM-127, sí se rebasaron los criterios internacionales.

Los resultados que aquí se presentan fueron obtenidos como parte de los proyectos UI-9402 y VI-9312 financiados por la CNA.

Recibido: 13/07/98
Aprobado: 16/11/98

Referencias

- Adachi A., Kobayashi T. 1995. Comparison of trihalomethanes in tap water with and without activated carbon adsorption during the preparation process of tap water. *Bull. Environ. Contam. Toxicolog.* 54:440-443.
- AWWA. 1992. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18^a edition. USA.
- Baird C. 1994. *Environmental Chemistry*. Freeman Eds. Nueva York.
- Bandala E.R., Bravo L., Hansen A., Leal M.T., López R., Martínez E., Moreno F., Pérez S., Sánchez M. 1995. Identificación de fuentes puntuales de contaminación de agua potable en Cancún y Guadalajara. Informe Técnico UI-9402. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, México.
- Diario Oficial de la Federación. 1994. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano - Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Norma Oficial Mexicana NOM-127SSA1-1994.
- Dojlido J., Best G. 1993. *Chemistry of water and water pollution*. Ellis Horwood. Londres.
- Gelover S., Bandala E., Leal-Ascencio M.T., Pérez S., Martínez E. en prensa. GC-MS Determination of volatiles organic compounds in drinking water supplies in Mexico. *Environmental Toxicology and Water Quality*. Aceptado para su publicación en Vol. 15, No. 2, abril 2000.
- Ibarluzea J. M., Goñi F., Santamaría J. 1994. Trihalomethanes in water supplies in the San Sebastian Area, Spain. *Bull. Environ. Contam. Toxicolog.* 52: 411-418.

International Life Science Institute. 1992. *Simposium: Safety of Water Disinfection: Balancing Chemical and Microbial Risks*. Washington, D.C, Ago 30- 4 Sep.

Organización Mundial de la Salud. 1995. *Guías para la calidad del agua potable*. 2ª ed. Vol 1. Ginebra.

Pérez S. 1994. Evaluación de la calidad del agua en diferentes ciudades de la República Mexicana. Informe Técnico

UI-9312. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos, México.

Ram N.M., Christman R.F., Cantor K.P. 1990. *Significance and Treatment of Volatile Organic Compounds in Water Supplies*. Lewis Publishers. USA.

United States Environmental Protection Agency. 1996. *Safe Drinking Water Information System 1994-1996*.

Abstract

Leal-Ascencio M.T, Bandala E.R., Gelover S., Pérez S. "Trihalomethanes in drinking water for human consume". *Hydraulic Engineering in Mexico (in Spanish)*. XIV (3):29-35.

The use of chlorine for water disinfection involve the production of toxic chlorinated organic substances as trihalomethanes, which are generated as byproducts of the reaction between chlorine and organic matter. In this study, presence of trihalomethanes in drinking water from Cancun, Q. Roo and Guadalajara, Jal., Mexico was determined. Results showed that in Cancun trihalomethanes occurred always in chlorinated samples. Incidence and concentration of trihalomethanes were related to repeated chlorination, water supplies and rain season. In Guadalajara, for similar concentrations of residual chlorine, trihalomethanes production was associated to the water source being increased specially in water from Chapala Lake and Lerma-Santiago River.

Key words: trihalomethanes, byproducts of chlorine, chlorine for water disinfection, drinking water, México, water pollution, términos en inglés (bromoform, chloroform, bromodichloromethane, chlorodibromomethane).

Dirección institucional de autores:

Ma. Teresa Leal-Ascencio, Erick R. Bandala,
Silvia Gelover y Sixto Pérez

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Paseo Cuauhnáhuac 8532, Jiutepec, Morelos 62550. México
Teléfono: (73) 194000
Email: tereleal@chac.imta.mx