



Estudio Novedoso Mejora el Análisis de Toxicidad de los Productos Derivados de la Desinfección en el Agua Potable

Por Kelly A. Reynolds, MSPH, Ph.D.

Los productos derivados de la desinfección (DBPs, en inglés) presentes en el agua potable no ocurren naturalmente, sino que son el resultado de aditivos de tratamiento. Ligados a serios efectos adversos a la salud humana tales como cáncer de la vejiga, mal partos, bebés que nacen muertos y defectos de nacimiento, los DBPs han tenido un impacto mayor en la selección de suministros de agua, manejo de cuencas hidrológicas, tratamiento de agua municipal y procesos de distribución de agua potable. La cuantificación de los riesgos a la salud asociados con el consumo de DBPs ha sido inconsistente, lo cual sugiere que existe un problema en el diseño de investigaciones experimentales. Se espera que un nuevo enfoque en la producción de DBPs para un estudio de laboratorio proporcione resultados más robustos y ayude a proveer las respuestas por tanto tiempo esperadas sobre los efectos adversos a la salud humana relacionados con la presencia de DBPs en el agua potable.

Efectos adversos a la salud relacionados con DBPs

Más de tres décadas de investigaciones sugieren que existe un vínculo entre la cloración del agua y los efectos adversos a la salud humana. En 1976, el National Cancer Institute (Instituto Nacional del Cáncer) reportó acerca de los efectos carcinogénicos relacionados con beber agua clorada en el sistema digestivo y el sistema urinario.¹ Este reporte incitó a la US EPA en 1979 a comenzar a reglamentar los trihalometanos (una clase primaria de DBPs) en el agua potable, enfocado en reducir la exposición a estos contaminantes a lo largo de la vida.

Esto incitó numerosos estudios epidemiológicos que mostraron asociaciones entre los niveles de DBPs en el agua potable y efectos adversos a la salud humana. Varios estudios mostraron un aumento en la incidencia de cáncer de la vejiga, mal partos, bebés que nacen muertos y defectos serios de nacimiento, mientras que otros no mostraron ninguna asociación, o mostraron asociaciones vagas o inconsistentes con efectos adversos a la salud humana (consulte los artículos de la sección "On Tap", de las ediciones de junio 2004 y agosto 2006 de nuestra publicación hermana en inglés *WC&P*).

Nadie sabe cuantos casos de cáncer de la vejiga o complicaciones de embarazo son causadas por los contaminantes presentes en el agua potable tratada. Sin embargo, la US EPA

estima que más de 260 millones de individuos están expuestos a DBPs. En el 2009, se registraron 70,980 casos nuevos de cáncer de la vejiga (y 14,330 muertes) en los Estados Unidos.² La US EPA ha proyectado que la reglamentación actual dirigida a reducir la exposición a DBPs a través del agua potable prevendrá aproximadamente 280 casos de cáncer de la vejiga cada año con una tasa de mortalidad del 26 por ciento. Solamente en base al cáncer de la vejiga, se espera un beneficio monetario de US\$1,500 millones, sin contar otros beneficios de embarazo y fetales que pudieran también ocurrir. De los seis millones de embarazos que ocurren en los Estados Unidos cada año, ocurren dos millones de pérdidas de embarazo, incluyendo 1.2 millones de abortos, 600,000 mal partos, 26,000 bebés que nacen muertos, y 70,000 pérdidas debidas a otras complicaciones que ocurren durante la gestación (es decir, embarazos ectópicos o molares).³ Por lo tanto, entre el 10 y el 16 por ciento de los embarazos resultan ya sea en un malparto o un bebé que nace muerto. La mayoría de los malpartos ocurren durante el primer trimestre de embarazo y se considera que son el resultado de causas naturales. Aunque se considera una parte natural del embarazo, la ocurrencia común también sugiere la posibilidad de una causa ambiental omnipresente.

Investigaciones defectuosas

Los suministros de agua potable son medios bastante complejos, que siempre están cambiando. Mientras cambia la calidad del agua de origen y los patrones de abastecimiento, demanda y caudal a lo largo del día, temporada y año, se sabe que ocurren variaciones espaciales y temporales en los niveles de DBPs, haciendo difícil poder relacionar datos específicos de monitoreo y ocurrencia a las exposiciones específicas en una población. Los sitios altamente contaminados podrían estar ocultados por la evaluación de los promedios trimestrales o anuales de los niveles de DBPs a lo largo del sistema. A pesar de ser posiblemente adecuados para evaluar los efectos crónicos a la salud, el uso de valores de monitoreo trimestrales promedio para DBPs no representa adecuadamente las frecuencias de exposición de alta y baja dosis que podrían causar efectos agudos para la salud. Estudios anteriores estuvieron a menudo limitados a datos toxicológicos de agentes individuales cuando en realidad, los consumidores están expuestos a mezclas complejas de DBPs

con toxicidades y tiempos de exposición variable. Estos y otros retos experimentales de diseño pueden influir en la variabilidad de los estudios epidemiológicos.

Controles regulatorios

En lugar de reglamentar especies individuales de contaminantes, la reglamentación de 1979 de THMs estuvo basada en las concentraciones colectivas de cuatro especies de THMs: cloroformo, bromodichlorometano,

dibromoclorometano y bromoformo. Adelantemos 19 años hasta el año en que la US EPA expandió la reglamentación de DBPs para incluir la suma de cinco ácido haloacéticos (HAAs) en la *Etapa 1 de la Regla para Desinfectantes/Productos Derivados de la Desinfección*. Se generó una controversia acerca de esta regla, dado que otras especies conocidas de HAA (es decir, que no son parte de la reglamentación) constituían hasta un 50 por ciento del contenido total de HAAs detectados en el agua potable lista para beber.⁴ Ahora adelantemos otros ocho años más para llegar al año 2006, cuando surgen inquietudes similares acerca de la inclusión limitada de DBPs primarios en la *Etapa 2 de la Regla para Desinfectantes/Productos Derivados de la Desinfección*.⁵ Sin embargo, esta regla se enfoca en los sistemas públicos de agua que han sido identificados como de alto riesgo. El primer paso consiste en monitorear los sistemas de distribución para determinar dónde es más posible que ocurran los niveles más altos de DBPs, y utilizar dichas localidades como sitios de muestreo continuo para cumplir con los requisitos de monitoreo de la *Etapa 2 de la Regla para Desinfectantes/Productos Derivados de la Desinfección*. Este enfoque basado en el riesgo se aplica aproximadamente a 75,000 sistemas en los Estados Unidos.

Aunque algunos critican el uso de especies mixtas de DBPs en las reglamentaciones en lugar de una evaluación de riesgos individuales, otros señalan la necesidad de hacer una evaluación más completa de una variedad más amplia de DBPs mezclados. Se han identificado más de 600 DBPs en el agua potable; sin embargo, más de la mitad siguen sin ser identificados.⁶ Ya sea que sean medidos en mezclas definidas o individualmente, los efectos a la salud reportados en estudios epidemiológicos no tienen sentido, indicando la necesidad de un mejor diseño de estudios epidemiológicos y/o la re-evaluación de los estudios toxicológicos.

Diseño mejorado

Recientemente, un estudio de la US EPA involucrando a investigadores de cuatro laboratorios nacionales y centros de la Oficina de Investigaciones y Desarrollo, junto con colaboradores de la industria del agua e instituciones académicas, publicó un nuevo procedimiento para producir DBPs mezclados.⁶

Este procedimiento involucra la concentración del agua natural de origen utilizando membranas de ósmosis inversa y la adición de bromo seguida por la cloración. EL resultado es la formación de una muestra de agua potable más representativa, una variedad más amplia de DBPs mezclados, de la manera que los encontramos en situaciones de la vida real. Se espera que el uso de este concentrado formulado de DBPs mejore los estudios toxicológicos (es decir los estudios animales) y mejore la evaluación de riesgos para DBPs al ser estudiados en su verdadera forma en la naturaleza—una muestra ampliamente mezclada, incluyendo compuestos volátiles y compuestos

volátiles mezclados, no preservados previamente en muestras de laboratorio.

En la creación de esta muestra mejorada, los DBPs reglamentados y los DBPs prioritarios no reglamentados, y los haloácidos y haloamidas previamente no detectados y no reportados, también se incluyen, al igual que los DBPs no halogenados, tales como la nitrosodimetilamina (NDMA). Se sabe que algunos de los DBP encontrados tienen una mayor toxicidad en los seres humanos que la mayoría de aquéllos que se encuentran en la lista actualmente reglamentada. En pocas palabras, esta muestra de mezcla completa representa de mejor manera el agua que está siendo bebida por los consumidores y debiera mejorar la base de datos toxicológica actual.

Para una evaluación de riesgos más precisa, es crítico que los compuestos utilizados en estudios animales para cuantificar la naturaleza toxicológica de un agente, representen plenamente la exposición del público. Aunque el “Estudio realizado por los Cuatro Laboratorios” ayudará a eliminar las principales fallas de estudios anteriores, faltan muchos años para que se completen los estudios de toxicología. Podemos esperar que los datos anteriores de toxicidad de DBPs sean re-examinados con el conocimiento de exposiciones mayores a un mayor número de compuestos que deberán ser considerados.

Importancia de los sistemas de tratamiento de Punto-de-Uso/Punto-de-Entrada

La cloración de los suministros de agua potable ha sido denominada por la revista *Life* como uno de los principales descubrimientos de la historia. Es un desinfectante altamente efectivo para la mayoría de patógenos y es ampliamente utilizado para la mayoría de los patógenos microbianos alrededor del mundo para el tratamiento efectivo del agua potable. A pesar de los posibles efectos negativos de los DBPs, la cloración (junto con la filtración del agua potable) es ampliamente responsable por el 50 por ciento de aumento en la expectativa de vida durante los últimos 100 años.⁷

La historia ha mostrado los peligros de las preocupaciones mal fundamentadas sobre los DBPs y la cloración. En 1991, funcionarios peruanos respondiendo en parte a inquietudes en los Estados Unidos relacionadas con la exposición a DBPs presentes en el agua potable, decidieron dejar de clorar sus suministros de agua. Esta decisión resultó en una epidemia de cólera que duró cinco años y que se propagó a 19 países de Latinoamérica, resultando en casi un millón de casos y 10,000 muertes.

Aproximadamente 40 por ciento de las compañías de servicios en los Estados Unidos han minimizado su uso de cloro, y en lugar de eso utilizan cloraminas (cloro y amoníaco mezclados) en sus sistemas de distribución para controlar la formación de THMs y HAA en el agua lista para beber. Las cloraminas no son tan reactivas como el cloro y por lo tanto no producen el mismo tipo de productos derivados. Sin embargo, las cloraminas presentan nuevos riesgos de NDMA (un cancerígeno comprobado) debido al proceso biológico de nitrificación (las bacterias en el agua utilizan el amoníaco) y niveles elevados de plomo y cobre (debido a los cambios en la química del agua y un aumento en la corrosión de las tuberías) en el agua de la llave.

Los DBPs pueden controlarse de mejor manera antes que se formen, eliminando la materia orgánica natural y el bromo en las fuentes de agua cruda. Esto involucrará un amplio enfoque

en la protección del agua de origen y un manejo enfocado en controlar el crecimiento de algas, descargas de nutrientes, e intrusión de agua salada. Algunos de los procesos de tratamiento de agua municipal enfocados en remover la materia orgánica del agua (por ejemplo, coagulación, adsorción de carbón activado granular, ultrafiltración y nanofiltración) THMs y HAAs reducidos, pero un aumento en los compuestos que contienen bromo, lo cual podría requerir tratamientos más avanzados (por ejemplo, ósmosis inversa).⁴

El tratamiento avanzado en la municipalidad no puede ser iniciado, especialmente dados los riesgos desconocidos para la salud que están asociados con los bajos niveles de DBPs en el agua. Los cambios en los procesos convencionales han llevado históricamente a consecuencias no previstas. Al igual que con tantos otros riesgos de contaminantes en el agua potable, los DBPs pueden ser fácilmente controlados en el punto de uso o en el punto de entrada. Los sistemas simples de carbón activado granular (CAG) puede eliminar muchos de los DBPs asociados tanto con el cloro como con las cloraminas. Los sistemas de ósmosis inversa y otras opciones de tratamiento en el punto de uso y punto de entrada también se encuentran disponibles y pueden minimizar los riesgos conocidos e inciertos del consumo de agua potable.

Referencias

1. National Cancer Institute (1976) Report on the carcinogenesis bioassay of chloroform. NTISPB-264-018. National Cancer Institute, Bethesda, MD.

2. National Cancer Institute. U.S. National Institute of Health. <http://www.cancer.gov/cancertopics/types/bladder>.

3. American Pregnancy Association. Accesado el 13 de junio, 2010. <http://www.americanpregnancy.org/main/statistics.html>.

4. Singer, P.C. (2006) "Disinfection byproducts in drinking water: additional science and policy considerations in the pursuit of public health protection." *National Water Research Institute's 2006 Clarke Lecture*. San Juan Capistrano, CA. July 13, 2006.

5. US EPA. Accesado el 13 de junio, 2010. *Stage 2 DBP Rule*. <http://www.epa.gov/safewater/disinfection/stage2/basicinformation.html>.

6. Pressman, J.G., Richardson, S.D., Speth, T.F. *et al.* (2010) Concentration, chlorination, and chemical analysis of drinking water for disinfection byproduct mixtures health effects research: US EPA's four lab study. *Environmental Science & Technology*, Epub ahead of print.

7. Christman, K. (1998) The History of Chlorine. *Water World*, September 1998. Water Quality and Health Council. <http://www.waterandhealth.org/drinkingwater/history.html>.

Acerca de la autora

La Dra. Kelly A. Reynolds es Profesora Asociada en la Facultad de Salud Pública de la Universidad de Arizona. La Dra. Reynolds posee una maestría en salud pública (MSPH) de la Universidad del Sur de Florida y un doctorado en microbiología de la Universidad de Arizona. Ha sido miembro del comité de revisión técnica de la revista WC&P desde 1997. Correo electrónico: reynolds@u.arizona.edu

