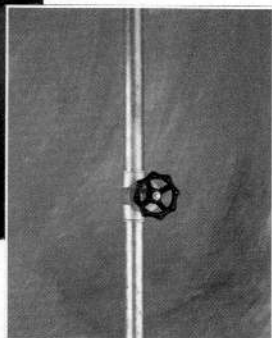


La Vida en el Sistema de Distribución: Monitoreando los Potenciales de Formación de Biopelículas

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



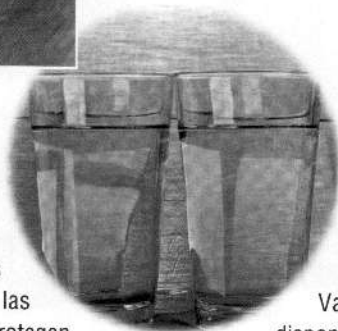
El sistema de distribución de agua potable es una fuente de preocupación con respecto a la contaminación del agua durante su distribución y el recrecimiento de microorganismos que sobreviven el tratamiento. La presencia natural de materia orgánica en el agua ofrece un campo de alimentación para las bacterias que pueden colonizarse en el interior de las tuberías de distribución, formando biopelículas que protegen y permiten el crecimiento de microbios, algunos de los cuales están asociados con efectos adversos a los seres humanos. Se ha comprobado que balancear los riesgos y beneficios de los varios tipos de tratamiento de agua potable para minimizar la formación de biopelículas es algo muy difícil. En algunos casos, resolver un problema significa generar otro.

Infortunios de la distribución

La desinfección del agua potable no produce un producto estéril. Las bacterias pueden sobrevivir el proceso de tratamiento y utilizar los nutrientes presentes en el agua, resultando en un crecimiento y recrecimiento de microorganismos en el sistema de distribución. Las bacterias pueden adherirse a la superficie de las tuberías de distribución donde forman biopelículas. Las biopelículas son grupos de materias orgánicas e inorgánicas que se acumulan en las tuberías, albergando y protegiendo a las bacterias de esfuerzos posteriores de tratamiento. Las bacterias de biopelículas pueden producir un agente gelatinoso que ayuda con la adhesión y sustentabilidad de la biopelícula. En la biopelícula, los microorganismos forman su propio microcosmos, donde pueden utilizar alimentos y continuar proliferándose hasta alcanzar números bastante elevados. Además, otros organismos pueden adherirse a la biopelícula y compartir sus propiedades protectoras. La *Legionella* y el Complejo *Mycobacterium Avium* (CMA) son dos de los organismos que son frecuentemente aislados de las biopelículas y son de gran preocupación debido a sus efectos adversos a la salud.

Un surtido para las bacterias

Es bien conocido que el principal factor que contribuye al



recrecimiento de bacterias en el sistema de distribución es la disponibilidad de nutrientes en el agua. Otros factores también juegan una función importante, incluyendo la temperatura, el tiempo de residencia, y la eficacia de desinfección. Los nutrientes en el agua son esencialmente compuestos orgánicos.

Varios compuestos se encuentran diferencialmente disponibles a los microbios para su uso como fuente de energía. Aquéllos que están principalmente asociados con el crecimiento bacteriano son conocidos como carbono orgánico disuelto lábil, carbono orgánico biodegradable (COBD) o carbono orgánico asimilable (COA).

La presencia de organismos CMA en las aguas de origen está a menudo relacionada con la turbidez. A pesar de que el tratamiento del agua es efectivo en reducir CMA, los niveles en los sistemas de distribución son un promedio de 25,000 veces mayores que los niveles en la planta de tratamiento, lo cual sugiere que hay un crecimiento en el sistema de distribución. Además, los niveles de CMA están correlacionados positivamente con los niveles de COA y COBD, los cuales son compuestos que se "alimentan" de poblaciones bacterianas¹.

Las aguas con altos niveles de COA y COBD (es decir, >150 µg/L y >0.5 mg/L, respectivamente) que entran al sistema distribución, deberán ser consideradas para un tratamiento posterior, ya que el control de la formación de biopelículas y el recrecimiento de bacterias están siendo reconocidos como aspectos importantes de la calidad del agua. El crecimiento de bacterias generales (es decir, bacterias HPC) puede ser prevenido aun en los sistemas no clorados cuando los niveles de COA se mantienen por debajo de 10 µg/L. El crecimiento de bacteria coliforme en el agua clorada fue prevenido a niveles de COA <50-100 µg/L. Para lograr estos niveles de calidad, es a menudo necesario aplicar un alto grado de tratamiento que involucra procesos tales como la coagulación, aplicación de carbón activado, filtración biológica, o procesos de membrana⁶.

Monitoreo mejorado

El monitoreo del agua para determinar la presencia de nutrientes ayuda a determinar la calidad del agua de la llave, con respecto al

recrecimiento de organismos. Debido a que sabemos que el COA provee estimulación para el crecimiento bacteriano en el sistema de distribución, éste es un requisito común para determinar el potencial de recrecimiento en un sistema particular. Para detectar COA, se utiliza un método estandarizado conocido como prueba de bioensayo. A pesar de que existen muchas variaciones de la prueba de bioensayo, el método convencional de COA consiste en añadir un nivel conocido de bacterias a una muestra de agua y permitir que la población crezca hasta que se agotan los nutrientes disponibles presentes (por ejemplo, carbono). Una vez se ha agotado la fuente de nutrientes del agua, se mide el nivel de crecimiento bacteriano para determinar su relación con la concentración original de nutrientes. Este método fue elaborado inicialmente para monitorear la calidad del agua potable en 19825. La prueba es bastante sencilla, excepto que las aguas específicas deberán ser evaluadas para determinar interferencias potenciales, tales como desinfectantes residuales, inhibición de sulfato de cobre, y niveles elevados de pH en aguas suavizadas con cal. Por lo tanto, podría ser necesario hacer ajustes con el uso de neutralizadores de desinfectantes, agentes quelantes y reguladores de pH para algunas aguas de origen.

En poco tiempo, el método original fue modificado para utilizar dos especies bacterianas, *Pseudomonas fluorescens* tipo P-17 y *Spirillum* tipo NOX. Estas bacterias producen una epifluorescencia natural y pueden ser detectados debido a sus cualidades específicas de emisión de luz.

Inicialmente, la prueba de COA utilizando el conteo de bacterias en placas, requería más de ocho días en completar, lo cual tan sólo proporcionaba datos históricos sobre la calidad del agua. El uso de ensayos epifluorescentes luminiscentes redujo los tiempos de detección a cinco días.³ Más recientemente, los científicos han alterado

genéticamente las bacterias de detección con COA, a *Pseudomonas fluorescens* tipo P-17 y *Spirillum* tipo NOX, y han seleccionado aquéllas con alta actividad de luminiscencia y aumentado la sensibilidad en predecir los niveles de COA2. Este nuevo método reduce el tiempo de ensayo a dos o tres días y es probable que sea modificado para un análisis automatizado en un futuro cercano. Otros están trabajando en el análisis en "tiempo real" de COA, requiriéndose una a dos horas de tiempo de incubación antes de medir la luminiscencia biológica. A pesar de ser prometedora, la información sobre la validación de este método en muestras de agua potable no ha sido publicada en la actualidad (CheckLight Ltd., Qiryat-Tiv'on, Israel; <http://www.checklight.co.il>).

Balanceando las eficacias de tratamiento

Las compañías de servicio de tratamiento de agua se preocupan por la formación de productos derivados de la desinfección por cloro (es decir, trihalometanos—los cuales se sospechan como cancerígenos y están ligados a defectos de nacimiento, malpartos, y mortinatos) y están interesadas en balancear la necesidad de la desinfección microbiana con la minimización de la formación de productos derivados.

El ozono, un poderoso desinfectante y agente oxidante, está siendo utilizado como alternativa en algunas aplicaciones de tratamiento de agua. A pesar de sus efectivas propiedades desinfectantes, el ozono puede convertir las moléculas orgánicas de gran tamaño que se encuentran en el agua en moléculas de menor tamaño (es decir, aumentando el COA o COBD) que a su vez se encuentran más disponibles para uso bacteriano y estimulan el recrecimiento de bacterias en el sistema de distribución. De hecho, se ha demostrado que el ozono triplica el nivel de COA. De igual manera, los métodos convencionales de tratamiento de agua, incluyendo la cloración primaria e irradiación

UV pueden tener un efecto semejante. Para minimizar este efecto, a menudo se recomiendan filtros biológicos con la intención de reducir los niveles iniciales de COA y COBD y/o la adición de desinfectantes para reducir el recrecimiento en el sistema de distribución.

Algunos científicos presentan el argumento de que el esfuerzo por mantener un nivel residual de desinfectante en el sistema de distribución tiene beneficios limitados. Los eventos de contaminación de mayor magnitud (por ejemplo, contaminación de aguas residuales en las conexiones transversales) no son rectificadas con desinfectantes residuales. Algunos expertos temen que el uso de desinfectantes residuales podría ocultar los riesgos a la salud, eliminando los organismos indicadores (por ejemplo, bacteria coliforme), sin afectar a los patógenos ni a las biopelículas que se forman.

Debido a la preocupación que existe acerca de los trihalometanos y un posible falso sentido de seguridad, varios países europeos están optando por evitar el uso de desinfectantes residuales como tratamiento rutinario y concentrarse en mantener la estabilidad biológica del agua (es decir, balancear los niveles de COBD y COA para controlar el crecimiento bacteriano).

A pesar de que existe una gran incertidumbre respecto a su eficacia consistente, los residuos de cloro son considerados como barreras necesarias contra el recrecimiento bacteriano en los Estados Unidos. Además de ello, a pesar de ser menos que perfectos, los residuos de cloro son la única protección contra la contaminación en un sistema de distribución. Consideremos que se ha demostrado que una gota en residuo de cloro corresponde a un aumento de cincuenta veces en los conteos bacterianos en el sistema de distribución⁴.

Dificultades en asegurar la calidad del agua

En el sistema de distribución, las fluctuaciones transitorias en la

presión del agua no son poco comunes. Estos eventos generan ondas de presión negativas en las tuberías de distribución, haciéndolas susceptibles al influjo de agua contaminada, del exterior, a niveles mayores de un galón por minuto. El agua del exterior es halada hacia adentro a través de pequeñas fugas en las tuberías de distribución. En aquellas regiones donde las tuberías de distribución de aguas residuales se encuentran bastante cerca de las tuberías de distribución de agua, las implicaciones pueden ser temibles.

En general, las condiciones que contribuyen al crecimiento de bacterias en el sistema de distribución son complejas. Asimismo son específicas a las variaciones en el agua de origen y a los parámetros de la calidad del agua. La colonización de bacterias en forma de biopelícula ocurre rápidamente en las tuberías de distribución y el crecimiento es exacerbado por la presencia de un alto contenido de COA y COBD, además de contaminación posterior al tratamiento en el mismo sistema de distribución. Con tantos factores contribuyentes, es difícil predecir la calidad del agua en el punto de uso. Existen múltiples fuentes de contaminación del agua potable después que ésta sale de la planta de tratamiento y pocas opciones de protección. Este hecho influye en la necesidad de utilizar dispositivos de punto de uso como adición al enfoque multi-barreras al tratamiento de agua potable.

Referencias

1. Falkinham, J.O., Norton, C.D. and M.W. LeChevallier. 2001. Factors influencing numbers of *Mycobacterium avium*, *Mycobacterium intracellulare*, and other Mycobacteria in drinking water distribution systems. *Applied and Environmental Microbiology*. 67: 1225-1231.
2. Haddix, P.L., Shaw, N.J. and M.W. LeChevallier. 2004. Characterization of bioluminescent derivatives of assimilable organic carbon test bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*. 70:850-854.
3. Kaplan, L.A., Bott, T.L., and Reasoner, D.J. 1993. Evaluation and simplification of the assimilable organic carbon nutrient bioassay for bacterial growth in drinking water. *Applied and Environmental Microbiology*. 59:1532-1539.
4. Najm, I., LeChevallier, M.W., Randall, A. and Kiene, L. 2000. Case studies of the impacts of treatment changes on biostability in full distribution systems. AWWA Research Foundation, Denver, CO. Project #361/Report # 90816.
5. Van der Kooij, D., Visser, A., and Hunen, W.A.M. 1982. Determining the concentration of easily assimilable organic carbon in drinking water. *Journal of the American Water Works Association*. 74:540.
6. Volk, C.J. and LeChevallier, M.W. 1999. Impacts of the reduction of nutrient levels on bacterial water quality in distribution systems. *Applied and Environmental Microbiology*. 65: 4957-4966.

John Guest [®] **NUEVO**

Los Conectores Rápidos de Torsión y Cierre Speedfit y las Válvulas Adaptadoras Angulares de Paso proveen conexiones sencillas y rápidas ¡sin el uso de herramientas! Estos productos son reusables y pueden ser utilizados con tuberías de Cobre, PEX, o CPVC.

Los conectores rápidos de Torsión y Cierre Speedfit se encuentran disponibles en tamaños de CTS de 1/2" y 3/4". Pronto disponibles: CTS de 1" Válvula Adaptadora Angular de Paso disponible para Diámetro Exterior de tubo de 1/4" y 3/8".

Para más información, póngase en contacto con John Guest USA, Inc.:
Teléfono: 973-808-5600 · info@jgusa.com · www.johnguest.com

Acerca de la autora

La Dra. Kelly A. Reynolds es una investigadora de la Universidad de Arizona con un enfoque en el desarrollo de métodos rápidos para la detección de virus patogénicos humanos en el agua potable. Ella posee una maestría en salud pública (MSPH, en inglés) de la Universidad del Sur de la Florida y un doctorado en microbiología de la Universidad de Arizona. La Dra. Reynolds ha sido también miembro del Comité de Revisión Técnica de WC&P desde 1997.



¿Le gustaría ver a su compañía descrita en un Perfil futuro? ¡Póngase en contacto con nosotros hoy mismo! Podemos enviarle un cuestionario o entrevista por teléfono. ¡Nuestros lectores desean saber más acerca de usted!