



Nuevas tecnologías para la monitorización de biofilm en redes de distribución de agua potable

Las biopelículas o biofilms son el modo predominante de crecimiento microbiano en los sistemas de distribución de agua potable. Los biofilms asociados al agua potable provocan parte del consumo de los desinfectantes residuales y pueden causar problemas en la calidad del agua como la alteración del color, el olor y el sabor debido a los compuestos químicos liberados, así como problemas operativos, biocorrosión y una amenaza más importante para la salud humana al poder albergar microorganismos patógenos. Por este motivo, es necesario conocer en detalle todos los aspectos relacionados con su crecimiento, desarrollo y control, y de esta manera determinar su incidencia en el deterioro de la calidad del agua. Las tecnologías ahora están avanzando hacia el monitoreo in situ del crecimiento de biofilms en las redes de distribución, intentando diferenciar entre deposición orgánica e inorgánica, como es el caso del sistema DSS de Enkrott, así como proporcionar información sobre el grado de ensuciamiento por microorganismos de los sistemas y la eficacia de los tratamientos realizados. Actualmente, el grupo Suez está llevando a cabo proyectos para la evaluación de sensores de biofilm en sistemas de distribución de agua.

Palabras clave

Biopelícula, agua potable, redes de distribución, monitoreo en tiempo real, control microbiano, sensores.

NEW TECHNOLOGIES FOR MONITORING BIOFILM IN DRINKING WATER DISTRIBUTION SYSTEMS

Biofilms are the predominant mode of microbial growth in drinking water distribution systems (DWDS). Drinking water associated biofilms induce residual disinfectants depletion and may cause aesthetic problems consisting in colour, odour and taste degradation due to chemical compounds released, as well as operational problems, biocorrosion and more important a threat to human health by possible hosting pathogenic microorganisms. For this reason, it is necessary to know in detail all aspects related to their growth, development and control, and in this way determine their incidence in the decline of water quality. Technologies are now moving toward in situ monitoring of biomass growth in distribution networks, trying to be able to differentiate between organic and inorganic deposition on DWDS, as it is the case of DSS system from Enkrott, as well as providing information on the degree of biofouling of the systems and the effectiveness of the treatments carried out. Currently the Suez group is carrying out projects for the evaluation of biofilm sensors in DWDS.

Keywords

Biofilm, drinking water, distribution networks, real time monitoring, microbial control, sensors.

Sonia Fernández Alba

bióloga, investigadora del área de Calidad, Seguridad y Salud en Cetaqua, Centro Tecnológico del Agua

David Baquero González

ingeniero químico, gestor de proyectos del Área de Calidad, Seguridad y Salud en Cetaqua, Centro Tecnológico del Agua

Susana González Blanco

doctora en Química Ambiental, responsable del Área de Calidad, Seguridad y Salud en Cetaqua, Centro Tecnológico del Agua

Ana Pereira

PhD in Chemical and Biological Engineering, Innovation Manager de Enkrott Portugal

Sebastián Granero

licenciado en Farmacia, country manager en Enkrott España

Belén Galofré Porcar

responsable técnica del Área de Microbiología en Aigües de Barcelona, Empresa Metropolitana de Gestió del Cicle Integral de l'Aigua, S.A.



1. INTRODUCCIÓN: CÓMO SE PRODUCE EL BIOFILM Y CUÁL ES EL RIESGO ASOCIADO

Los biofilms o biopelículas se desarrollan en los sistemas de distribución de agua potable como comunidades complejas de microorganismos (bacterias, hongos, algas, protozoos y virus) y materia orgánica e inorgánica, que se encuentran cubiertos por una matriz de polisacáridos extracelulares o exopolisacáridos (EPS) y que, además de proporcionar estructura, protección y retención de nutrientes, ayudan a la adhesión del biofilm a las superficies internas de las tuberías.

Si las condiciones hidráulicas en la red de distribución cambian y superan las fuerzas de adhesión de un biofilm, este puede desprenderse de las paredes de las tuberías pudiendo afectar al rendimiento de las infraestructuras del agua, así como la calidad y seguridad del agua suministrada. En los últimos años se está investigando sobre los diferentes parámetros que influyen en la formación de biofilm en los sistemas de distribución de agua potable: las características de las tuberías (tipo de materiales, rugosidad, etc.), las condiciones hidrodinámicas, las características fisicoquímicas del agua y el tipo de microorganismos que viven en los biofilms.

Sin embargo, existe un conocimiento limitado sobre la dinámica de formación de biofilm en los sistemas de distribución de agua potable, ya que es difícil y costoso acceder a ellos, limitando la mayoría de los estudios en muestras de grifos o a nivel de laboratorio, en condiciones artificiales [1]. Por un lado, conocer e investigar la formación de biofilms es importante porque pueden suponer un riesgo para la salud, ya que son reservorios de microorganismos patógenos como *Legionella pneumophila*, *Pseudomonas aeruginosa* o *Escherichia coli*. Y por otro lado, los biofilms son responsables de otros problemas importantes en las redes de distribución de agua potable, como ya se ha mencionado previamente, que pueden ser la proliferación de organismos superiores, el deterioro estético y organoléptico del agua, problemas operacionales, biocorrosión y consumo de desinfectante entre otros.

En España, el agua distribuida cumple los requisitos de calidad microbiológica desde la producción hasta

cualquier punto de consumo debido a que se mantiene un mínimo nivel de cloro residual que asegura su desinfección. Esto evita la proliferación de crecimientos bacterianos en biofilms. Pero, además, las tecnologías actuales están avanzando hacia la monitorización *in situ* del crecimiento de biofilms en las redes de distribución. Tener información a tiempo real e *in situ* sobre la formación de biofilm es esencial para conocer los factores que influyen en su desarrollo, así como poder evaluar el impacto que provoca la movilización del biofilm durante el suministro de agua potable.

2. ANTECEDENTES EN EL ESTUDIO DE BIOFILM EN CETAQUA

Para una buena gestión del biofilm en sistemas de distribución de agua potable es importante poder monitorizar y caracterizar el biofilm, investigar su crecimiento, conocer los efectos que las operaciones tienen sobre el crecimiento de biofilm y disponer de un control apropiado del sistema de distribución [2]. En los últimos años, Cetaqua (centro tecnológico cofundado por Aigües de Barcelona, el CSIC y la UPC) y Aigües de Barcelona (grupo Suez) han realizado diferentes proyectos sobre la caracterización del biofilm en diferentes matrices de aguas.

Por ejemplo, en el proyecto europeo LIFE aWARE (*Innovative hybrid MBR systems to promote Water Reuse*, www.life-aware.eu, enlace vídeo: https://youtu.be/kwbhQ_z1V_w) se caracterizó el biofilm a nivel de planta piloto en tuberías de red de distribución de agua regenerada y se estudió cómo las diferentes técnicas operacionales (velocidad de flujo, flujo continuo/discontinuo), tipo de tuberías (edad de las tuberías, recubrimientos antimicrobianos) y dosis de hipoclorito favorecían la mayor o menor formación de biofilm en la superficie interior de tuberías de agua regenerada. También en el proyecto europeo FP7 DESSIN (*Demonstrate Ecosystem Services Enabling Innovation in the Water Sector*, www.dessin-project.eu, enlace vídeo: <https://youtu.be/xQzn0Qfb8o8>) se cuantificó y caracterizó a nivel de planta piloto la formación de biofilm que tenía lugar mediante la inyección de agua prepotable, pro-

» Tener información a tiempo real e *in situ* sobre la formación de biofilm es esencial para conocer los factores que influyen en su desarrollo, así como para poder evaluar el impacto que provoca la movilización del biofilm durante el suministro de agua potable

cedente de filtros de arena, en el filtro de entrada de recarga de un pozo. Además en proyectos internos del grupo Suez se caracterizó el biofilm formado sobre sondas multiparámetricas de inserción instaladas en redes de distribución de agua potable.

3. MONITORIZACIÓN *ON LINE* DE BIOFILM: EVALUACIÓN DEL SISTEMA DSS DE ENKROTT

Más recientemente, se ha dado un paso más allá para caracterizar el biofilm. El primer sistema evaluado por Cetaqua para monitorizar la biopelícula formada en redes de distribución de agua a tiempo real fue el DSS de Enkrott en las instalaciones de Aigües de Barcelona (**Figura 1**). El objetivo de la evaluación era determinar si este equipo, hasta el momento utilizado principalmente en torres de refrigeración, era suficientemente sensible como para monitorizar la aparición de capas de ensuciamiento en tuberías de agua potable. Las pruebas se realizaron durante cuatro meses en la Plataforma de Sensores de Aigües de Barcelona, un espacio habilitado para el testeo de tecnologías de monitorización de calidad del agua.

DSS de Enkrott es una herramienta online y no intrusiva que proporciona información sobre la evolución de depósitos en superficies internas de tuberías. Su principio de funcionamiento se basa en la medición de vibraciones en las paredes del material, las cuales se ven modificadas con la adhesión y desprendimiento de capas de ensuciamiento, tanto orgánicas como inorgánicas.

El sistema monitorizó de forma continua una tubería de acero inoxidable conectada a la red de distribución de Barcelona, de la cual se desvió un flujo de agua a una velocidad media de 0,5 m/s (número de Reynolds igual

a 5.000). El periodo seleccionado fue junio 2017- octubre 2017, dado que el agua tiene una temperatura más elevada y favorece la aparición de biofilm. El equipo registró horariamente la temperatura del agua, el caudal y la respuesta asociada a la presencia de incrustaciones. Para cuantificar y caracterizar las incrustaciones aparecidas durante los 4 meses de estudio, se llevaron a cabo dos muestreos de la superficie interna de dos tubos de salida del sistema, raspando la superficie con un hisopo estéril como se observa en la **Figura 2**. Se analizaron los siguientes parámetros:

- Contenido de EPS [3].
- Contenido de materia orgánica e inorgánica.
- Recuento de colonias aerobias en placa.

3.1. RESULTADOS

La señal del equipo DSS aumentó progresivamente durante el primer mes de evaluación, demostrando la aparición de incrustaciones en la probeta de acero. *A posteriori*, el sistema indicó una fase estacionaria de las incrustaciones que se mantuvo durante los otros tres meses de pruebas, a excepción de pequeñas variaciones en la respuesta del sensor provocadas por alteraciones en la presión del agua o posibles retenciones de burbujas de aire.

En cuanto a la naturaleza de las incrustaciones, los resultados de las analíticas mostraron bajos niveles de EPS, de materia orgánica y de colonias aerobias en placa y, por lo tanto, se evidenció la falta de crecimiento de biofilm maduro en los cuatro meses en contacto con agua potable. Sí se confirmó la presencia de depósitos inorgánicos calcáreos, hecho que demuestra el patrón obtenido con la respuesta del equipo DSS de Enkrott.

FIGURA 1. Equipo DSS de Enkrott en la Plataforma de Sensores de Aigües de Barcelona.



FIGURA 2. Muestreo de la superficie interior del tubo de salida del sistema DSS.






4. CONCLUSIONES Y NUEVAS PERSPECTIVAS EN LA MONITORIZACIÓN A TIEMPO REAL DE BIOFILM

El estudio realizado por Cetaqua en la Plataforma de Sensores de Aigües de Barcelona para evaluar el equipo DSS de Enkrott como instrumento de monitorización del biofilm a tiempo real, ha permitido comprobar que la respuesta del DSS es consistente y capaz de detectar el ensuciamiento interno de tuberías de agua. Así mismo, se ha detectado que la predominancia de ensuciamiento en el sistema monitorizado durante los 120 días ha sido de origen inorgánico. En este caso, al no aparecer ensuciamiento microbiano durante el período de tiempo analizado, no ha sido posible comprobar que el sistema DSS lo detecta. Por consiguiente, los tratamientos efectuados en el agua de distribución del sistema estudiado son eficaces y minimizan la formación y el desarrollo de biofilm, reduciendo los riesgos asociados en términos microbiológicos.

En cualquier caso, la monitorización *on line* y continua de la tendencia de ensuciamiento, puede dar información relevante sobre el grado de ensuciamiento de los sistemas y la eficacia de los tratamientos efectuados. En este sentido, actualmente el grupo Suez continúa realizando proyectos de caracterización y monitorización de biofilm. En el año 2018 se ha iniciado el proyecto SENIX (Sensorización e Inspección de Redes) de la Comunidad RIS3CAT Utilities 4.0, creada por la Generalitat de Cataluña a través de ACCIÓ y cofinanciado por Fondos Europeos de Desarrollo Regional de la Unión Europea en el marco del Programa Operativo FEDER de Cataluña 2014-2020. En una de las actividades del proyecto se cuantificará, caracterizará y monitorizará también la formación de biofilm a nivel de planta piloto en la red de distribución de Aigües de Barcelona. Durante el proyecto se validarán dos sensores: un sensor de biofilm óptico desarrollado por el CNM-CSIC y un sensor de biofilm a nivel comercial. A su vez, a través de una serie de testigos de PVC instalados en paralelo a la tubería donde estarán instalados los sensores, se analizará y caracterizará el biofilm a través de análisis de la comunidad microbiana, estructura y metabolismo del biofilm.

Bibliografía

- [1] Douterelo, I.; Husband, S.; Loza, V.; Boxall, J. (2016). Dynamics of biofilm regrowth in drinking water distribution systems. *Applied and Environmental Microbiology*.
- [2] Liu, S.; Gunawan, C.; Barraud, N.; Rice, S.; Harry, E.; Amal, R. (2016). Understanding, monitoring and controlling biofilm growth in drinking water distribution systems. *Environmental Science & Technology*.
- [3] Romani, A.M.; Fund, K.; Artigas, J.; Schwartz, T.; Sabater, S.; Obst, U. (2008). Relevance of polymeric matrix enzymes during biofilm formation. *Microbial Ecology*, núm. 56, págs. 427-436. 

CONSULTE
OTROS ARTÍCULOS
TÉCNICOS,
REPORTAJES,
NOTICIAS Y
MÁS INFORMACIONES
SOBRE EL SECTOR
DEL AGUA EN:
WWW.TECNOAQUA.ES