

Biofilms: un área de oportunidad en el sector de la salud

Biofilms: an area of opportunity in the health sector

Iván Renato Zúñiga Carrasco,* Janett Caro Lozano†

* Jefe del Departamento de Epidemiología. Unidad Médica Familiar 223, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). Lerma, Estado de México, México.

† Jefa del Departamento de Epidemiología. Hospital General de Zona y Medicina Familiar No. 1, IMSS. Chetumal, Quintana Roo, México.

RESUMEN

Los *biofilm* se definen como comunidades de microorganismos que crecen agregados y rodeados por una matriz extracelular que ellos mismos producen. La matriz extracelular ayuda a que las células microbianas evadan la respuesta inmunitaria del huésped; al formarse los *biofilms* permiten a las bacterias crecer en un entorno protegido y, así, poder sobrevivir ante ambientes hostiles para después dispersarse hacia nichos más favorables. Más de 80% de todas las infecciones microbianas son causadas por *biofilms*, se les atribuye el 65% de las infecciones asociadas a la atención de la salud, incrementando la estancia hospitalaria, los costos de atención y la mortalidad en el diagnóstico y el tratamiento de la enfermedad.

Palabras clave: *biofilm*, bacterias, infecciones asociadas a la atención de la salud.

ABSTRACT

Biofilms are defined as communities of microorganisms that grow in aggregates and surrounded by an extracellular matrix that they themselves produce. The extracellular matrix helps microbial cells evade the host's immune response; when biofilms form, they allow bacteria to grow in a protected environment, and thus, be able to survive hostile environments and then disperse to more favorable niches. More than 80% of all microbial infections are caused by biofilms, and they are responsible for 65% of health care associated infections, increasing hospital stays, care costs, and mortality in the diagnosis and treatment of the disease.

Keywords: *biofilm*, bacteria, healthcare associated infections.

INTRODUCCIÓN

Los *biofilms* se pueden definir como *bio*: materia viva y *film* traducido al español, se refiere a película, definiéndose como capa fina de naturaleza viva.¹ En otras palabras, como comentan O'Toole y Burmolle, los *biofilms* son ecosistemas microbianos (mono especie o multiespecie) protegidos por una matriz extracelular autoproducida compleja, adheridos de forma estable a las superficies bióticas o abióticas, también se le ha llamado biopelícula.^{2,3} En microbiología, las biopelículas o *biofilm* se definen como comunidades de microorganismos que crecen agregados y rodeados por una matriz extracelular que ellos mismos producen. La matriz extracelular

ayuda a que las células microbianas evadan la respuesta inmunitaria del huésped; además, las sustancias poliméricas extracelulares de la matriz extracelular tienen la capacidad de inducir respuestas inflamatorias crónicas.^{4,5}

Al formarse los *biofilms* permiten a las bacterias crecer en un entorno protegido, y así poder sobrevivir ante ambientes hostiles para después dispersarse hacia nichos más favorables.⁶ Su funcionalidad depende de las interacciones existentes entre los agregados celulares.⁷ Esta forma de vida bacteriana abunda en la naturaleza, afectando directamente en los ámbitos ambientales, industriales y biomédicos. Lo más relevante para los investigadores en el área médica ha sido la elevada resistencia a antimicrobia-

Citar como: Zúñiga CIR, Caro LJ. *Biofilms: un área de oportunidad en el sector de la salud*. Rev Latin Infect Pediatr. 2025; 38 (2): 69-73. <https://dx.doi.org/10.35366/121466>

Recibido: 28-11-2024. Aceptado: 24-07-2025.



nos, tanto químicos como biológicos, que presentan las bacterias productoras de *biofilms*.⁸ Se sabe que más de 80% de las infecciones microbianas y crónicas provocadas por patógenos son causadas por bacterias formadoras de *biofilms*.⁹ Adicionalmente, más de 65% de las infecciones asociadas a la atención de la salud (IAAS) son también provocadas por bacterias formadoras de *biofilms*.⁷

Las infecciones bacterianas causadas por biopeículas incluyen las que se asocian con dispositivos médicos y tejidos. La incidencia cambia entre ellas, dependiendo del sitio de infección. En las infecciones por:

1. Catéteres vasculares se detectan *Staphylococcus* coagulasa negativos, *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *Enterobacter* spp. y *Klebsiella* spp.
2. Lentes de contacto (rígidas y blandas): *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Candida* spp. y *Serratia* spp.
3. Válvulas cardíacas nativas (endocarditis): *Streptococcus* spp., *S. aureus*, *S. epidermidis*, *Bacillus* spp. y *Enterococcus* spp.
4. Catéteres urinarios: *E. coli*, *Enterococcus faecalis*, *S. epidermidis*, *P. aeruginosa*, *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumoniae* y otros bacilos gramnegativos.
5. Periodontitis: *Fusobacterium nucleatum* y *Peptostreptococcus anaerobius*; y en el pie diabético: bacterias anaerobias, hongos, *S. aureus* y *P. aeruginosa*.^{4,5}

La infección causada por un *biofilm* está demostrada por síntomas que son recurrentes durante el tratamiento con antibióticos. En esta infección no se conoce el agente causal específico, es de transcurso crónico y persistente, lo que hace difícil su erradicación. El *biofilm* es la causa de infecciones comúnmente repetitivas del tracto urinario, causadas por *E. coli* y otros patógenos, otitis media en niños ocasionadas por *Haemophilus influenzae*, endocarditis de las válvulas mitrales e infecciones pulmonares en pacientes con fibrosis quística causadas por *Pseudomonas aeruginosa*.¹⁰

Las infecciones relacionadas con los *biofilms* debidas a daños tisulares o por la implantación de algún cuerpo extraño en el hospedador presentan una serie de características comunes:

1. En primer lugar, las superficies son colonizadas por las bacterias formadoras de los *biofilms*.

2. Para producir una infección es necesaria la presencia de algún cuerpo extraño, biomaterial o tejido dañado.
3. La infección comienza con diminutas inoculaciones bacterianas.

Resistencia de los *biofilms* ante el sistema inmune del hospedador y terapia antibiótica.

1. Las infecciones son persistentes debido a esta resistencia antibacteriana.
2. Presencia de inflamación, daño tisular y necrosis en la interfase tejido-implante.
3. Perturbación de la respuesta inmune del hospedador por los *biofilms*.

Las enfermedades humanas producidas por bacterias formadoras de *biofilms* son de dos tipos: infecciones relacionadas con dispositivos y las no relacionadas con dispositivos médicos.¹¹

ENFERMEDADES RELACIONADAS CON DISPOSITIVOS MÉDICOS

Los implantes médicos son una de las fuentes más frecuentes de infección por *biofilms*; esto es debido a la contaminación bacteriana procedente de la piel del paciente, del personal sanitario o del ambiente. La adhesión del *biofilm* puede ser directamente al implante o indirectamente mediante biomoléculas. Esta fijación depende del flujo del líquido donde está suspendido el implante, la concentración de bacterias y las características fisicoquímicas del implante. Una vez fijadas las bacterias pueden producir endotoxinas, que se pueden distribuir por el torrente sanguíneo y provocar la enfermedad.¹¹

La forma más eficaz de contrarrestar estas infecciones relacionadas con los implantes médicos es su extracción.¹²

Infecciones en dispositivos médicos

1. Derivaciones ventriculares
2. Lentes de contacto
3. Catéteres centrales vasculares
4. Válvulas cardíacas
5. Marcapasos
6. Injertos vasculares
7. Implantes mamarios
8. Tubos endotraqueales
9. Catéteres urinarios

10. Implantes ortopédicos

11. Prótesis articulares^{4,5}

ENFERMEDADES NO RELACIONADAS CON DISPOSITIVOS MÉDICOS

Por otro lado, tenemos las infecciones que no están relacionadas con dispositivos médicos, como la endocarditis de válvulas nativas (EVN). Las bacterias culpables de esta enfermedad son los estreptococos, estafilococos y bacterias Gram-negativas. Estas acceden al corazón y al torrente sanguíneo desde el tracto gastrointestinal, el tracto urinario o desde la orofaringe. Las bacterias llegan al endotelio de la válvula y se adhieren a él, causando lesión.⁹ Las células endoteliales responden secretando fibronectina, lo cual favorece más aún la adhesión de las bacterias ya que se unen a estas moléculas mediante adhesinas específicas. Finalmente, las bacterias se multiplican, produce el *biofilm* y se reproduce una enfermedad difícil de combatir con antibióticos.¹¹

Por otro lado, la placa dental es una composición de *biofilms* mixtos, generalmente, esta composición es beneficiosa para nuestra flora bucal, pero cuando las condiciones del entorno oral cambian, se originan las enfermedades.¹³ La periodontitis es una infección de las encías que causa lesiones en los tejidos blandos y en los huesos de la mandíbula. Las bacterias acceden por una mala higiene bucal, y son capaces de formar *biofilms* tanto en los dientes como en las mucosas; alteran el flujo de calcio en las células epiteliales y dispersan endotoxinas. Finalmente, tras dos o tres semanas, se desarrolla una placa dental que, al mineralizarse con calcio y iones fosfatos, acaba generando el sarro.⁹

Una de las enfermedades que despierta más interés a los investigadores médicos es la fibrosis quística (FQ) una enfermedad hereditaria del pulmón, donde se genera un moco espeso y pegajoso que bloquea las vías aéreas, perturbando así la respiración.¹³

P. aeruginosa es la responsable de provocar infecciones crónicas en los pacientes con fibrosis quística.¹⁴

Esta enfermedad provoca un gran deterioro pulmonar, que afecta gravemente a la salud y puede causar la muerte de los pacientes.¹³

Diversos estudios han demostrado que *P. aeruginosa* forma los *biofilms* en los pulmones cuando las concentraciones de hierro del medio son bajas.¹⁵

Es importante aclarar que los *biofilms* bacterianos no sólo están relacionados con los procesos infecciosos, sino que también pueden tener función protectora. Por ejemplo, los *biofilms* inocuos que se forman en la superficie dental evitan la colonización de bacterias patógenas.¹¹

Infecciones en tejidos

1. Otitis media crónica
2. Sinusitis crónica
3. Gingivitis
4. Amigdalitis crónica
5. Laringitis crónica
6. Endocarditis
7. Fibrosis quística
8. Piedras renales
9. Infección del tracto biliar
10. Infección del tracto urinario
11. Osteomielitis
12. Heridas crónicas^{4,5}

DETECCIÓN DE BIOPELÍCULAS

Existen diversas metodologías para la detección de biopelículas; entre ellas, las de microscopía (fluorescencia, electrónica de barrido, confocal láser), el método de sonicación. En general, la sonicación permite desprender las biopelículas de los dispositivos médicos y cultivar los microorganismos que están causando la infección, para identificarlos y realizar pruebas de sensibilidad antimicrobiana.^{4,5}

BIOFILM, UN PROBLEMA IMPORTANTE DEL AGUA

Las biopelículas se forman principalmente en las interfases entre superficies sólidas y agua como, por ejemplo, tuberías de agua, mangueras de ducha o grifos. Entre los microorganismos que proliferan en el *biofilm* se encuentran gérmenes patógenos; dichas bacterias pueden llegar al consumidor o paciente por desprendimiento de la biopelícula, que se incorporaría al flujo de agua. La matriz extracelular ofrece condiciones ideales para la proliferación bacteriana y protege a los gérmenes establecidos en el *biofilm*, minimizando los efectos de sustancias como desinfectantes (por ejemplo, cloro) y antibióticos. De hecho, en pequeñas concentraciones, los restos de detergentes y desinfectantes pueden llegar a servir como fuente de alimento para las bacterias.

La formación de biopelículas dificulta la detección de los gérmenes en el agua potable, ya que la liberación repentina de bacterias, debido a la ruptura del *biofilm*, puede provocar fuertes variaciones en la concentración de gérmenes en una misma salida de agua. *Pseudomonas aeruginosa* es un típico generador de *biofilms*, capaz además de colonizar biopelículas existentes y de sobrevivir y multiplicarse en ellas. Las biopelículas constituyen por tanto un hábitat protector y un reservorio en potencia. La contaminación retrógrada es una de las vías más frecuentes por las que *P. aeruginosa* llega al agua potable.¹⁶

Podemos estar expuestos a través del agua potable, jacuzzis e incluso vapor. El envejecimiento de la infraestructura está poniendo a la población en riesgo, todo esto se centra en el estado actual del agua potable de los sistemas de abastecimiento y sistemas de distribución de agua en todas las principales áreas urbanizadas y metropolitanas del mundo. Desafortunadamente, muchos de estos sistemas a los que no se les ha dado mantenimiento están siendo comprometidos por la formación y propagación de nuevas biopelículas; la contaminación resultante puede tener efectos nocivos en las poblaciones. Si bien esta agua potable puede ser «segura» y cumplir con un estándar de agua establecido en relación con la seguridad, eso no significa que sea completamente segura.

Los patógenos que estamos tratando de eliminar se están adaptando a los sistemas de desinfección y a los procesos de tratamiento que se están desplegando para eliminarlos.¹⁷

TRATAMIENTOS CON ACTIVIDAD ANTIBIOPELÍCULA

A la fecha, la manera de erradicar las biopelículas sigue representando un verdadero reto debido a los cambios fisiológicos, metabólicos y bioquímicos que sufren los microorganismos cuando crecen rodeados por una matriz extracelular. No existe un tratamiento antimicrobiano que sea específico para tratar infecciones asociadas con biopelículas; de todas las moléculas antimicrobianas que actualmente se usan para el control de las infecciones, solo unas cuantas han demostrado tener la habilidad de erradicar biopelículas *in vitro*. Muchos de los resultados descritos hasta ahora sobre la actividad antibiopelícula son controversiales, ya que existen muy pocos ensayos clínicos controlados que respalden los resultados que se han encontrado en los estudios *in vitro*.^{4,5}

El tratamiento y la erradicación de las infecciones causadas por microorganismos productores de biopelículas representan un gran reto debido a que estos son mucho más tolerantes a la acción de las moléculas con actividad antimicrobiana (antibióticos y antisépticos). La patogénesis de las biopelículas radica principalmente en que son capaces de generar infecciones crónicas persistentes, difíciles de erradicar. Lo anterior se debe a que los microorganismos que crecen dentro de las biopelículas incrementan su tolerancia a las moléculas con actividad antimicrobiana (antibióticos y antisépticos), y desarrollan mecanismos de resistencia a los antibióticos. Los microorganismos que crecen en estado de biopelículas desarrollan alta tolerancia a los antimicrobianos, hasta mil veces más, a diferencia de los que crecen en forma libre.^{4,5,12}

Los ensayos de sensibilidad a los antimicrobianos (antibiogramas) que se realizan de forma ordinaria en clínica están diseñados para medir la susceptibilidad frente al antimicrobiano de la bacteria crecida de forma planctónica, sin tener en cuenta que los resultados obtenidos pueden no ser extrapolables a esa misma bacteria cuando está creciendo en el interior de un biofilm.¹⁸

REFERENCIAS

1. Karatan E, Watnick P. Signals, regulatory networks, and materials that build and break bacterial biofilms. *Microbiol Mol Biol Rev.* 2009; 73 (2): 310-347.
2. O'Toole G, Kaplan H, Kolter R. Biofilm formation as microbial development. *Ann Rev Microbiol.* 2000; 54 (1): 49-79.
3. Burmolle M, Ren D, Bjarnsholt T, Sorensen S. Interactions in multispecies biofilms: do they actually matter? *Trends Microbiol.* 2014; 22 (2): 84-91.
4. Ortega S, Hernández E. Biopelículas microbianas y su impacto en áreas médicas: fisiopatología, diagnóstico y tratamiento. *Bol Med Hosp Infant Mex.* 2018; 75 (2): 79-88.
5. Lasa I, del Pozo J, Penadés J, Leiva J. Biofilms bacterianos e infección. *An Sist Sanit Navar.* 2005; 28 (2): 163-175.
6. Wei Q, Ma L. Biofilm matrix and its regulation in *Pseudomonas aeruginosa*. *Int J Mol Sci.* 2013; 14 (10): 20983-21005.
7. Li Y, Tian X. Quorum sensing and bacterial social interactions in biofilms. *Sensors.* 2012; 12 (3): 2519-2538.
8. Heindl J, Wang Y, Heckel B, Mohari B, Feirer N, Fuqua C. Mechanisms and regulation of surface interactions and biofilm formation in *Agrobacterium*. *Front Plant Sci.* 2014; 5 (176): 1-21.
9. Jamal M, Ahmad W, Andleeb S, Jalil F, Imran M, Nawaz MA et al. Bacterial biofilm and associated infections. *J Chin Med Assoc.* 2018; 81 (1): 7-11.
10. Zambrano M, Suárez L. *Biofilms* bacterianos: sus implicaciones en salud y enfermedad. *Univ Odontol.* 2006; 25 (57): 19-25.
11. Lasa I. *Biofilms* bacterianos. *Actualidad SEM.* 2005; 37: 14-18.

12. Jakobsen T, Tolker T, Givskov M. Bacterial biofilm control by perturbation of bacterial signaling processes. *Int J Mol Sci*. 2017; 18 (9): 1970.
 13. Rabin N, Zheng Y, Opoku C, Du Y, Bonsu E, Sintim HO. Biofilm formation mechanisms and targets for developing antibiofilm agents. *Future Med Chem*. 2015; 7 (4): 493-512.
 14. Ma L, Conover M, Lu H, Parsek M, Bayles K, Wozniak DJ. Assembly and development of the *Pseudomonas aeruginosa* biofilm matrix. *PLoS Pathogens*. 2009; 5 (3): e1000354.
 15. Yang L, Barken K, Skindersoe M, Christensen AB, Givskov M, Tolker-Nielsen T. Effects of iron on DNA release and biofilm development by *Pseudomonas aeruginosa*. *Microbiology (Reading)*. 2007; 153 (5): 1318-1328.
 16. Reducción de gérmenes en el agua. Minimizar la formación de biofilms. Aqua free Solución. Disponible en: <https://www.aqua-free.com/es/revista/1>
 17. Early DM. The menace of biofilm and how we can tackle it. Water innovations. 2021.
 18. Romero-González AT. Biofilm y resistencia antimicrobiana. *Arch Méd Camagüey*. 2020; 24 (4).
- Financiamiento:** ninguno.
Conflicto de intereses: ninguno.
- Correspondencia:*
Iván Renato Zúñiga Carrasco
E-mail: ivan.zuniga@imss.gob.mx