



Biopelículas: Aspectos básicos de su formación e impacto en la herencia arquitectónica de la humanidad

¹Sabanero López M., ¹Sánchez Herrera R., ¹Flores Villavicencio L.L., ²Barbosa Sabanero G.,
²Cordova Fraga T.

¹Departamento de Biología, DCNE, Universidad de Guanajuato, Col. Noria Alta S/N,
Guanajuato, Guanajuato;

²Ciencias Medicas, DCS; Física Medica, DCI; Campus León Universidad de Guanajuato, León,
Gto.

Corresponding autor: myrna.sabanero@gmail.com

Resumen

Una biopelícula es una comunidad de microorganismos asociados a superficies mediante una matriz extracelular polimérica. Se desarrollan en función de grupos moleculares de autoinducción “quórum”: “sensing” y “quenching”. La investigación de las biopelículas está asociado a la Salud Pública, aguas industriales y la conservación del patrimonio cultural de la Humanidad.

Palabras clave: Biopelículas, Adhesión, Monumentos arquitectónicos, Deterioro.

Abstract

A bio-film is a community of microorganisms associated to surfaces by mean of an extracellular polymeric matrix. They are developed as a function of molecular groups of auto-induction quorum: Sensing and Quenching. The researching on bio-films is associated to Public Health, Industrial waste waters and to the preservation of world human heritage buildings.

Introducción

En los años de 1980-90 las biopelículas se revelaron como comunidades microbianas, con una elaborada y diferenciada organización, que permite una capacidad para resistir presiones ambientales incluso en los entornos más hostiles, desde las lagunas ácidas y térmicamente burbujeantes del Parque de Yellowstone, el medio ácido de un estómago o las aguas gélidas de los glaciares de la Antártida (Poli y col., 2011).

La formación de la biopelícula implica que los Microorganismos que lo constituyen, además de dejar su condición de células móviles (planctónicas), conforman una comunidad biológica específica “ex novo” y sufren modificaciones en la expresión fenotípica que implica cambios, genéticamente programados en la organización, desarrollo y metabolismo. En consecuencia, los antibióticos y biocidas convencionales no logran erradicar a los



microorganismos, cuando se encuentran sobre superficies inertes (como los implantes), o en aguas industriales conformando biopelículas (Mah y col. 2001).

El interés actual de las biopelículas se ha incrementado de forma espectacular, ya que está asociado a la conservación del patrimonio cultural. Pinturas, murales, edificios y monumentos se están biodeteriorando aceleradamente.



Figura 1. Estatua de la Paz, Guanajuato, Guanajuato. Note cambios de color y el deterioro (flecha) sobre los elementos arquitectónicos (B), por los microorganismos que forman biopelículas.

Lo anterior, es el detonante del interés internacional en la investigación de las biopelículas, en la herencia arquitectónica de la humanidad. En este aspecto, gran parte de la investigación se centra en la caracterización de las comunidades de microorganismos, ya que la mayoría de los monumentos históricos se ven afectados por la acción simultánea de factores ambientales y biológicos. Esta última área, se estudia dinámicamente para preservar los monumentos de la acción de las biopelículas.

Además se estudian los factores abióticos, involucrados en el deterioro de las zonas arqueológicas en las diferentes partes del mundo. Particularmente en nuestro país, la región maya del sureste (Palenque, Bonampak y Yaxchilán), en las selvas sagradas que constituyen las iglesias y antiguas estatuas y monumentos pétreos (McNamara y col., 2006; Ortega y col., 2000).



Figura 2. Iglesia de San Roque (A), Fuente de San Fernando (B), Guanajuato, Guanajuato. Es evidente el deterioro por factores ambientales y biológicos (flecha), entre ellos microorganismos que desarrollan biopelículas.

Formación de la biopelícula

Con la formación de la biopelícula, se inicia la colonización microbiana de las piedras, que depende tanto de factores ambientales, (disponibilidad de agua, pH del nicho, clima, luminosidad, fuentes de nutrientes), como de parámetros litológicos, esto es el tipo de sustrato colonizado por los microorganismos que forman la biopelícula, (composición mineral, porosidad y permeabilidad del material) y de la disponibilidad biológica de cada medio. Las biopelículas participan, de

forma decisiva en la aceleración de los procesos de alteración/ erosión pétreo (McNamara y col., 2006; Lan y col., 2010).

En general las biopelículas, se desarrollan tanto en la superficie como en el interior del material pétreo, o si son microorganismos patógenos la biopelícula se desarrolla sobre el material biológico y/o los implantes. La distribución de estas biopelículas ha sido analizada con varias técnicas de microscopía: Óptica, Electrónica de Barrido (SEM, Figura 3) (Sánchez y col., 2014).

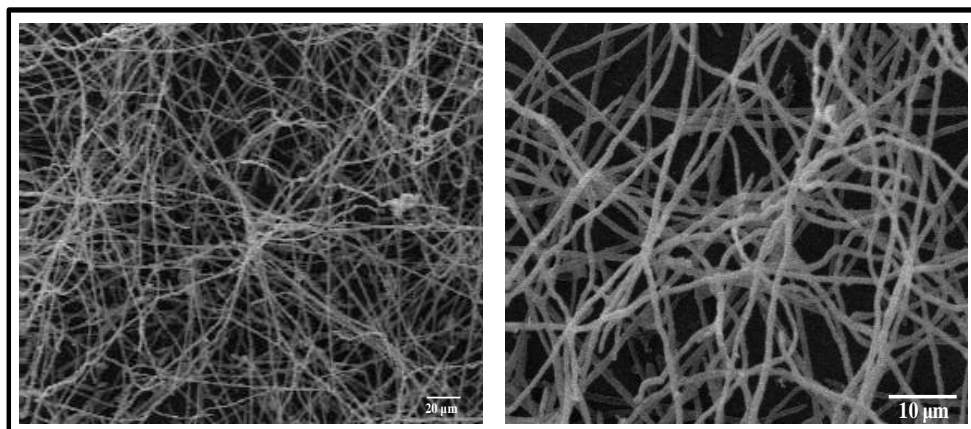
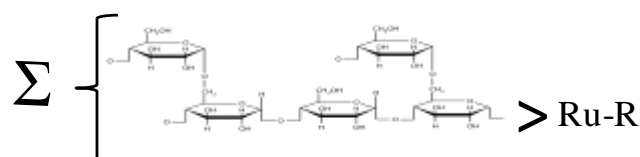


Figura 3. Arquitectura de la biopelícula formada por el hongo patógeno *Sporothrix schenckii*. Note el entramado de las hifas y algunos centros de nucleación.

Además, por taxonomía y biología molecular, se han identificado y clasificado las bacterias, hongos y algas, que constituyen las biopelículas. Encontrándose, las especies de hongos filamentosos en las zonas más superficiales, mientras que las cianobacterias coloniales están en zonas relativamente protegidas, que coincide con sitios de mayor humedad.

Los microorganismos de la bio-película se diferencian de sus homólogos en suspensión por la generación de una matriz de sustancia polimérica extracelular (MEC), en este aspecto, el uso de rojo de Rutenio, colorante específico de polisacáridos, y del tetra-óxido de osmio como fijador, permitió demostrar que el material de la matriz extracelular es de naturaleza poli-sacarida, que aglomera masas de los microorganismos e influye en la tasa de crecimiento y ubicación relativa, concreta para cada especie. Además, impacta la regulación de genes específicos, que se hace patente en cada una de las fases de la

formación de la biopelícula: interacción inicial de la superficie celular, conformación del polímero exocelular, armonización metabólica orientada al tipo de sustrato a degradar, maduración de la biopelícula, virulencia, y el retorno de los microorganismos de la biopelícula a un modo de crecimiento planctónico –móvil- (O'Toole y col., 2000, Coad y col., 2013).



Esquema 1. Identificación de polisacáridos de la MEC por la interacción con Rojo de rutenio (Ru-R).

Factores que influyen en la adhesión de la biopelícula



La hidrofobicidad es una propiedad importante que afecta la adhesión entre la biopelícula y su soporte. Esto fue evidente por la adición de cationes a las biopelículas, observando que se generaba una disminución de la distancia del microorganismo a la matriz (MEC), lo que permitía pensar que el material de apoyo de la biopelícula era un polímero aniónico. Posteriormente, se demostró que estos cationes afectaban a las retículas de los polímeros aniónicos -tales como polisacáridos-, contrayendo su volumen. En este aspecto, otros componentes como los ácidos micólicos presentes en organismos que conformaban las biopelículas aportan una hidrofobicidad y los microorganismos que las contienen en la superficies se adhirieron en mayor número a los materiales

Conclusión

El conocimiento de los procesos que se efectúan en cada biopelícula debe conducir a nuevas estrategias para el control del mismo, reflejándose en terapias farmacológicas eficaces para paliar las infecciones recalcitrantes que producen las biopelículas en el humano, mejores tratamientos en las erosiones pétreas de los monumentos. En este aspecto, las moléculas de “quórum quering”, que afectan a la estabilidad de la biopelícula, consiguen su desorganización y el desprendimiento de su soporte inerte. En la actualidad, se están usando con éxito en la limpieza de fuentes

hidrofóbicos (Ojha y col., 2008; Schreiberová y col., 2012).

Por otra parte, los microorganismos organizan sus procesos de adhesión y desarrollo gracias a agrupaciones moleculares de efecto positivo “quórum sensing” y a otras de efecto negativo “quórum quering”, que en su conjunto, afectan a la estabilidad de la biopelícula, afectando su organización/desorganización y el asentamiento/desprendimiento de su soporte inerte. Las moléculas de quórum sensing afectan de inmediato a su comportamiento comunitario, esto es la transcripción genética de enzimas exo y endocelulares y productos de excreción, destinados a formar la matriz extracelular (Waters y col., 2005).

monumentales en Florencia y del patio de Lindaraja en la Alhambra de Granada (Cuzman y col., 2010). Finalmente, en la Universidad de Guanajuato el grupo del Silicio (Salazar y col., 2010) de la DCNE han aplicado con gran éxito algunos de los compuestos del Silicio, para consolidar y paliar el deterioro causado por las comunidades microbianas en los Monumentos e Iglesias de la Ciudad de Guanajuato. A largo plazo la perspectiva es un trabajo multidisciplinario diseñando una formulación química y estrategias de restauración para rescatar el patrimonio histórico.



Bibliografía

- Coad B. R., Kidd S. E., Ellis D. H., Griesser H. J.** (2013) Biomaterials surfaces capable of resisting fungal attachment and biofilm formation. *Biotechnol Adv.* doi:10.1016/j.biotechadv.2013.10.015
- Cuzman O. A., Ventura S., Sili C., Mascalchi C., Turchetti T., D'Acqui L. P., Tiano P.** (2010) Biodiversity of phototrophic biofilms dwelling on monumental fountains. *Microb Ecol.* 60: 81-95
- Iordana Shopova, Sandra Bruns, Andreas Thywissen, Olaf Knemeyer, Axel A. Brakhage and Falk Hillmann.** (2013) Extrinsic extracellular DNA leads to biofilm formation and colocalizes with matrix polysaccharides in the human pathogenic fungus *Aspergillus fumigatus*. *Front Microbiol* 4: 1-11
- Lan W., Li H., Wang W.D., Katayama Y. and Gu J. D.** (2010) Microbial community analysis of fresh and old microbial biofilms on Bayon Temple Sandstone of Angkor Thom Cambodia. *Microb. Ecol.* 60:105-115
- McNamara C.J., Perry T.D., Bearce K.A. y col.** (2006) Epilithic and endolithic bacterial communities in limestone from a Maya archaeological site. *Microb. Ecol.* 51:51-64
- Ojha A. K., Baughn A. D., Sambandan D., Hsu T., Trivelli X., Guerardel Y., Alahari A., Kremer L., Jacobs W.R. Jr, Hatfull G. F.** (2008) Growth of *Mycobacterium tuberculosis* biofilms containing free mycolic acids and harbouring drug-tolerant bacteria. *Mol Microbiol.* 69:164-74
- Otto Ortega-Morales, Jean Guezennec, Guillermo Hernandez-Duque, Christine C. Gaylarde, Peter M. Gaylarde.** (2000) Phototrophic Biofilms on Ancient Mayan Buildings in Yucatan, Mexico. *Current Microbiol.* 40: 81-85
- Sánchez Herrera R., Flores Villavicencio L. L., Barbosa Sabanero G., Sabanero López M.** (2014) Formación de Biopelículas en el Hongo Patógeno *Sporothrix Schenckii*: Desarrollo, Arquitectura y Características Bioquímicas. XIV Reunión Internacional de Ciencias Médicas
- Schreiberová O, Hedbávná P, Cejková A, Jirků V, Masák J.** (2012) Effect of surfactants on the biofilm of *Rhodococcus erythropolis*, a potent degrader of aromatic pollutants. *N. Biotechnol.* 30: 62-8
- Salazar-Hernández C., María Jesús Puy Alquiza, Patricia Salgado, Jorge Cervantes.** (2010) TEOS/colloidal silica/PDMS-OH hybrid formulation used for stone consolidation. *J. App. Organometallic Chem.* 24: 481-488
- Waters C. M., and Bassler B. L.** (2005) Quorum sensing: cell-to-cell communication in bacteria. *Annu. Rev. Cell. Dev. Biol.* 21: 319- 346