



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4>

Ciencias de la Salud
Artículo de investigación

Biopelículas: estudio de una comunidad bacteriana

Biofilm: study of a bacterial community

Biofilm: estudo de uma comunidade bacteriana

Miguel Angel Osorio-Rivera ^I
miguel.osorio@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-8641-2721>

José Hernán Negrete-Costales ^{III}
jose.negrete@epoch.edu.ec
<http://orcid.org/0000-0002-2678-761X>

Jessica Lorena Cañar-Rivera ^V
lorena_rcj@outlook.com
<https://orcid.org/0000-0003-4998-500X>

William Estuardo Carrillo-Barahona ^{II}
estuardo.carrillo@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-1432-9638>

Jhoeli Soraya Moreno-Carvajal ^{IV}
jhoeli.12@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0165-4378>

Correspondencia: miguel.osorio@epoch.edu.ec

***Recibido:** 25 junio de 2021 ***Aceptado:** 31 de julio de 2021 * **Publicado:** 24 de agosto de 2021

- I. Master en Ingeniería Ambiental, Ingeniero Ambiental, Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago, Macas, Ecuador
- II. Master Universitario en Cambio Global: Recursos Naturales y Sostenibilidad, Ingeniero en Biotecnología Ambiental, Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago, Macas, Ecuador
- III. Magister en Seguridad Industrial mención Prevención de Riesgos y Salud Ocupacional, Ingeniero Agrónomo, Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago, Macas, Ecuador
- IV. Investigador Independiente, Macas Ecuador.
- V. Investigador Independiente, Macas Ecuador.

Resumen

La presente revisión literaria tiene como base fundamental en la recolección de datos sobre el concepto de biopelículas, los cuales son un consorcio de microorganismos que se asientan en una determinada superficie gracias a la secreción de exopolímeros, la cantidad de estos microorganismos dependerá exclusivamente del lugar de asentamiento de las biopelículas, las mismas que se hallan en el entorno en dos estados. Además, las biopelículas son causantes de varias enfermedades, ya que pueden reproducirse en cualquier superficie, y mientras mayor sea su conglomeración presentarán una alta resistencia a ser destruida, esto se debe a que existe un medio de comunicación inter bacteriano conocido como Quorum sensing las cuales poseen la capacidad de interactuar entre célula-célula intercambiando información y permitiéndolas coexistir en su entorno.

Palabras Clave: Biopelículas; exopolímeros; comunidad; bacteria.

Summary

The present literary review has as a fundamental basis in the collection of data on the biofilm concept, which tells us that biofilms are a consortium of microorganisms that settle on a certain surface thanks to the secretion of exopolymers, the quantity of these microorganisms will depend exclusively of the place of settlement of the biofilm, the same that are in the environment in two states. In addition, biofilms are the cause of several diseases, since they can be reproduced on any surface, and the greater their conglomeration they will have a high resistance to be destroyed, this is because there is a medium of communication inter bacterial known as Quorum sensing which have the ability to interact between cell-cell exchanging information and allowing them to coexist in their environment.

Keywords: biofilm; exopolymers; community; bacterium.

Resumo

Esta revisão literária baseia-se fundamentalmente na coleta de dados sobre o conceito de biofilmes, que são um consórcio de microrganismos que se fixam em uma determinada superfície graças à secreção de exopolímeros, a quantidade desses microrganismos dependerá exclusivamente do local de assentamento dos biofilmes, os mesmos encontrados no meio ambiente em dois estados. Além disso, os biofilmes são causadores de diversas doenças, visto que podem se reproduzir em qualquer

Biopelículas: estudio de una comunidad bacteriana

superficie, e quanto maior o conglomerado apresentarão alta resistência à destruição, isso porque existe um meio de comunicação interbacteriana conhecido como Quorum sensing que possui a capacidade de interagir entre células trocando informações e permitindo que elas coexistam em seu ambiente.

Palavras-chave: Biofilmes; exopolímeros; comunidade; bactéria.

Introducción

Se entiende que desde la pre-historia el humano tenía la necesidad de sobrevivir, para lo cual invento la agricultura, es así que desde el individuo más pequeño que conforma el ecosistema ha ido desarrollando sus capacidades. Las interrelaciones positivas entre poblaciones como el sinergismo, cooperación, sintrofia y el mutualismo han hecho que comunidades de microorganismos como las biopelículas estén en constante evolución y se adapten a medios extremos.

Las biopelículas se definen como la asociación de microorganismos que gracias a la excreción de un exopolímero se adhieren a la superficie, siendo esta su principal característica, además de contar con heterogeneidad, Quorum Sensing, diversidad en micros ambientes, entre otras. Estos microorganismos cuentan con la singularidad de ser resistentes a antibióticos y agentes microbianos, por otra parte, se intenta introducirla en la Microbiología Ambiental en procesos como biorremediación (García L. E., 2013).

Los estudios del proceso de formación de las biopelículas se dieron gracias a los avances tecnológicos y técnicas microscópicas como la microscopía con focal, que tiene como objetivo el análisis de las capas profundas de las biopelículas. Esto nos permite realizar barridos de una película delgada en todo su grosor y nos muestra planos de la reconstrucción de estructuras tridimensionales que tiene la biopelícula. Mediante estos análisis se pudo corroborar que las bacterias son únicamente una pequeña parte de la estructura, el resto corresponde a una materia secretada por ellas mismas llamada matriz extracelular (Márquez & Trigos, 2014) (F. Sirvent Encinas, 2010)

Materiales y métodos

La presente investigación, tiene como objetivo principal la revisión bibliográfica de las biopelículas, que lleven a comprender el proceso de formación, las etapas del ciclo vital y los factores que

Biopelículas: estudio de una comunidad bacteriana

intervienen en su crecimiento, para ello se ha realizado la búsqueda de información en algunas bases de datos tales como: Scielo, Research Gate, Redalyc Latindex, entre otras; y también algunos portales web y repositorios Institucionales vinculadas con el área de Microbiología con el fin de investigar las propiedades, estrategia de supervivencia y las aplicaciones de las biopelículas.

Resultados y discusión

Antecedentes históricos

Las biopelículas han coexistido con la humanidad desde sus inicios pero su estudio se origina en el siglo XVII con Antony Van Leeuwenhoek el cual creo el primer microscopio simple de luz, el cual le permitió observar pequeños microorganismos que habitaban el agua de la lluvia, pozos, nieve derretida, y en las cavidades dentales, a causa de esto Leeuwenhoek fue considerado como descubridor de las biopelículas, pero debido al bajo desarrollo tecnológico de esa época no se prestó mayor importancia a este nuevo descubrimiento. (C, 2007) (Brugnoni, 2014)

Los estudios realizados a inicios del siglo XX, por Zobell y Characklis, acerca de cómo las biopelículas poseen la capacidad de asentarse en distintas superficies, sean estas vivas o inertes, y su cantidad poblacional dependerá únicamente del tipo de superficie en el que se encuentre, la mayor proporción de biopelículas las cuales se hallan en los sistemas de aguas industriales (Brugnoni, 2014), debido al alto flujo hídrico e indican así su alta resistencia a factores que ponen en peligro su existencia. Tuvieron que transcurrir varios años para que se lograra obtener un estudio a profundidad sobre la funcionalidad y el desarrollo de las biopelículas, y con el implemento de nuevas tecnologías se ha obtenido, que las biopelículas no se hallan de manera sólida, sino que posee canales conductores que permiten la fluidez de oxígeno, nutrientes y agua, a pesar de que contenga canales conductores no la imposibilita de que dentro de las biopelículas haya una variedad de ambientes (C, 2007) (Costerton JW S. P., 1999).

Etapas del ciclo vital

Las biopelículas cuentan con un ciclo vital dinámico, estratificado en 3 partes:

Adhesión: Es la primera etapa, donde se da lugar a que el sustrato optimo tenga absorción reversible para dar paso a la adhesión reversible en una superficie. Una vez que hayan apreciado la superficie,

Biopelículas: estudio de una comunidad bacteriana

comienza su proceso de formación activa donde a través de apéndices, fimbrias, flagelos o pilis alcanzan la dispersión inicial (Díaz, 2016) (Rios, 2013).

Existen diversos factores externos que perturban la adhesión desde un medio líquido sobre un sólido, entre ellos están: tensión de corte, aspereza, topografía, carga superficial y temperatura (Gonzalez, 2016).

Crecimiento: Una vez iniciada la segunda fase, la bacteria que ha sido adherida empieza su ciclo de división y sus células hijas se amplifican alrededor del sitio de unión, formando una colonia de microorganismos. A medida que las células se dispersan y colonizan la superficie, comienzan la secreción de un exopolisacárido que compone la matriz de la biopelícula, y este comienza a desplegarse en una formación tridimensional.

Desprendimiento: Esta fase sucede cuando la biopelícula se encuentra en su lapso de madurez y ciertas células se dispersan teniendo la capacidad de volver a su fenotipo planctónico o a su vez se conglomeran conservando ciertas particularidades como la resistencia microbiana, de esta forma ocurre la colonización de superficies y se da por terminado el trascurso de formación y desarrollo (JW, 2002).

Los organismos asociados a las biopelículas crecen más lentamente que los organismos planctónicos, probablemente debido a que las células están limitadas por: agotamiento de oxígeno y nutrientes (Donlan, 2001).

Factores

Las biopelículas cuentan con 4 factores que garantizan su supervivencia y su proliferación:

Modificación del microambiente: Este principio se da cuando las comunidades de microorganismos modifican su pH dependiendo de los requerimientos metabólicos, propiciando ambientes óptimos para el desarrollo de microorganismos anaeróbicos.

Sinergismo: La colonización de bacterias es un beneficio puesto que los microorganismos pueden interactuar entre sí para suplir nutrientes que puedan necesitar de este modo garantizan la supervivencia (Barbero, 2010).

Competencia: Los microorganismos pueden producir sustancias que inhiban el crecimiento de otros, ya sea por el consumo del mismo sustrato u ocupan el mismo nicho.

Biopelículas: estudio de una comunidad bacteriana

Antagonismo: Es la relación donde los microorganismos pueden llegar a destruir a una especie debido a la producción de sustancias antagónicas (Department of Pharmaceutical Biotechnology, 2009) (Costerton JW L. Z.-S., 1995).

Factores que intervienen en el crecimiento de las biopelículas

Las condiciones en que las biopelículas se encuentren influyen directamente en su crecimiento, y está determinada por:

Condiciones de la superficie: Para que exista una mejor fijación, el suelo deberá poseer mayor rugosidad por área, esta característica facilita el asentamiento y proliferación de bacterias, en comparación con las superficies lisas, en la cual los microorganismos no logran la adhesión necesaria y por lo tanto la formación de colonias es precaria, esto sucede en superficies tales como, el vidrio y otros materiales (Zambrano, 2006).

Especies bacterianas: Una de las características de las bacterias es su capacidad de colonizar cualquier superficie debido a que logran adherirse a la superficie gracias a los exopolímeros que son secretados por sí mismas, y se las puede hallar en medios bióticos o abióticos, que se desarrollan en presencia de otras bacterias, y en condiciones adversas logran sobrevivir gracias a su metabolismo versátil (Ríos-Osorio, 2016).

Factores medioambientales: Una de las características para el medio acuoso es el pH, temperatura, cantidad de nutrientes y fluidez, los cuales son de vital importancia para que las bacterias se adhieran a las superficies.

pH

Si se módica el pH bacteriano se va a obtener un efecto negativo con respecto a su crecimiento, debido a que las bacterias captan estos cambios, y de esta manera logran realizar un ajuste en su síntesis y actividad de las proteínas, esto indica que una población bacteriana es capaz de adaptarse a los minúsculos cambios del pH. Estudios han logrado demostrar que, si hay un acrecentamiento en la acidez la capacidad de supervivencia celular también se eleva. (Zhang, 2018).

Temperatura

Las modificaciones en la temperatura generan cambios en los biofilms, debido a que el factor de crecimiento depende de ello, en consecuencia, un crecimiento óptimo se genera donde exista una temperatura óptima, y en donde no exista dicha temperatura el crecimiento bacteriano será precario, esto se debe a que existe un descenso en las reacciones de enzimas bacterianas teniendo como efecto la reducción de la capacidad de los microorganismos para adherirse a la superficie (García M. , 2017).

Cantidad de nutrientes

La cantidad de nutrientes estimulan principalmente al desarrollo y a su crecimiento como comunidad microbiana, se dice que para un desarrollo óptimo los niveles de fósforo deben de permanecer en bajas proporciones, y a su vez dependen de los tipos de azúcares que la superficie proporcione (Díaz, 2010).

Fluidez

Los microorganismos se caracterizan debido a que están estructuradas por canales, en los cuales permite que fluya el oxígeno y los nutrientes necesarios para la formación de las comunidades microbianas (Costerton JW S. P., 2004).

Propiedades de las biopelículas

Heterogeneidad fisiológica: Se caracteriza por la capacidad que tienen los microorganismos de coexistir dentro de un ambiente o nicho presentando distintas características y ligeramente separados entre sí. De esta manera los microorganismos regulan la expresión en los genes y dirigen el fenotipo.

Capacidad adaptiva: Esta propiedad existe gracias a la capacidad de adhesión reversible, cuando las condiciones son óptimas los biofilm mantienen su estado exponencial y cuando las condiciones son desfavorables se colocan en un estado estacionario hasta que las condiciones mejoren (I, 2015).

Quorum Sensing: Es la comunicación entre célula-célula entre todas las bacterias, estas señales se desarrollan con mayor rapidez y mediante sistemas de regulación. Las células

Biopelículas: estudio de una comunidad bacteriana

perciben la presencia de otras bacterias mediante la acumulación de moléculas que emiten señales, las cuales reaccionan químicamente y permite el inicio de la expresión coordinada de genes específicos, generando un cambio de comportamiento en la fase multicelular (Williams, 2014).

Resistencia a los agentes antimicrobianos: Esta propiedad es proporcionada gracias a la matriz de los exopolisacáridos, activación de genes, concentraciones no efectivas de antimicrobianos, lo cual hace que los biofilms sea menos susceptibles y más resistentes (Fichas, 2001) (M, 1996) (Stewart, 1996).

Biopelículas estrategia de supervivencia

Las biopelículas son consideradas como una estrategia que poseen los microorganismos para poder sobrevivir en su entorno, mientras se encuentren en mayor cantidad se su capacidad de sobrevivir se engrandece, debido a que protege a los microorganismos ante agentes destructivos como pueden ser los antibióticos, sirve como fuente de suministro de nutrientes para su crecimiento, provee de agua suficiente y así evitar la deshidratación, y a su vez facilita el intercambio del código genético. (Duggan JM, 2007) (Bellostas, 2015)

Aplicaciones de las biopelículas

Biopelículas en la biorremediación

El uso controlado de las biopelículas puede servir para la depuración de aguas residuales e incluso la recuperación de suelos contaminados, como es el caso de los microorganismos que crecen en aguas contaminadas de petróleo capaces de persistir ahí y degradar sus contaminantes. Entre muchas técnicas, la biodegradación se estima hoy en día la opción de menor costo para inhibir contaminantes de los ecosistemas, gracias a la variedad de bacterias cuentan con la maquinaria enzimática para degradar compuestos xenobióticos persistentes, éstas pueden ser aisladas del sitio donde ya hubo una exposición al contaminante. (Facundo J. Márquez-rocha, 2000) (SARRO & GARCIA, 2015)

Interacción entre plantas y biopelículas

Pseudomonas putida: No todo es negativo en las biopelículas, se ha descubierto bacterias de tipo *Pseudomonas putida* que interaccionan con la planta y a cambio de alimento son capaces de brindar

Biopelículas: estudio de una comunidad bacteriana

a la planta protección contra otros patógenos y plagas. *Pseudomonas putida* es la especie de mayor interés en la industria para el género *Pseudomonas*, debido a su gran capacidad de degradación de compuestos aromáticos y xenobióticos, también presentan la capacidad de colonizar el sistema radicular de las plantas formando biopelículas manejables desde el punto de vista genético. (Márquez, 2015)

Bacterias *Rhizobium* : Es un género de bacterias gram-negativas que aplicadas a plantas leguminosas son capaces de penetrar en el interior de la raíz de la planta formando biofilms con una silueta similar a un tumor que en este caso no es perjudicial si no beneficioso para esta, en esta especie de tumor se lleva a cabo una reacción en la cual se consigue como producto final un fertilizante que ayuda al crecimiento de la planta compuesto especialmente por nitrógeno. (Márquez, 2015)

Biopelículas y el movimiento swarming

Es un movimiento muy rápido y coordinado en la formación de películas que desarrollan algunas bacterias al encontrarse sobre una superficie de un medio, este tipo de movimiento se relaciona con la virulencia de muchas bacterias patógenas.

Identificando genes que participan en este movimiento se puede establecer algunos compuestos que interfieran en el desarrollo, la movilidad y formación del biofilm en cuestión. Con lo cual se puede diseñar estrategias para frenar el desarrollo de bacterias, pudiendo aplicar esto en el ámbito sanatorio y agrícola e impedir infecciones bacterianas negativas en animales, humanos y cultivos. (Facundo J. Márquez-Rocha, 2005)

Conclusiones

Diversos son los factores que inciden en el crecimiento de las biopelículas, entre estos, la superficie es considerada como un factor de mayor importancia para el desarrollo de estos microorganismos, ya que estos se adhieren de mejor manera a las superficies que tienden a ser rugosas, y mientras tanto hay menor fijación en aquellas superficies que son homogéneas como el vidrio.

Las biopelículas son un conjunto de microorganismos que poseen una intercomunicación entre célula-célula, el cual les permite sobrevivir a diferentes tipos de ambientes, estos se encuentran en: la cavidad bucal, en las tuberías, la mayoría de estas biopelículas se encuentran en superficies que

presenten humedad, debido que proporcionas las condiciones ideales para su crecimiento y consiste en tres etapas que son: adición, crecimiento y separación.

Referencias

1. Barbero, S. E. (4 de Diciembre de 2010). Recuperado el 12 de Julio de 2019, de Medlinedental, Biofilm. Un nuevo concepto de infección en Endodoncia. : <http://www.medlinedental.com/PDF-DOC/ENDO/VOL28N45.PDF>
2. Bellostas, A. (13 de NOVIEMBRE de 2015). Recuperado el 16 de julio de 2019, de aviNews: <https://avicultura.info/el-biofilm-estrategia-de-supervivencia-de-los-microorganismos/>
3. Brugnoli, M. A. (Julio de 2014). CONICET CERZOS. Recuperado el 15 de Julio de 2019, de Biofilms: un nuevo desafío para la industria alimentaria: http://www.boletin.cerzos-conicet.gob.ar/index.php/articulos-25/biofilms-un-nuevo-desafio-para-la-industria-alimentaria?fbclid=IwAR0nyqFd2ZqkW-Xsl-SN_biOQmErF6RmLEbCERouAdb5Kai2ZvLGXd7LFLU
4. C, J. N. (2 de Abril de 2007). Recuperado el 16 de Abril de 2019, de Biofilms bacterianos: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-48162007000100011
5. Costerton JW, L. Z.-S. (1995). doi:10.1146/annurev.mi.49.100195.003431
6. Costerton JW, S. P. (21 de Mayo de 1999). doi:10.1126/science.284.5418.1318
7. Costerton JW, S. P. (Febrero de 2004). Recuperado el 12 de Julio de 2019, de Biopelículas bacterianas: del entorno natural a las enfermedades infecciosas: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15040259>
8. Department of Pharmaceutical Biotechnology. (8 de Abril de 2009). Recuperado el 16 de Julio de 2019, de Indian Journal Of Biotechnology: <https://pdfs.semanticscholar.org/6563/f644541bee822a62c80db8f7c449dba1b462.pdf?fbclid=IwAR17TenKKk-wT5tDXNHuIYQQRPOPjka67ObliWcEyfgfQZH8ZKYtYNXIufg>
9. Diaz, J. J. (17 de Febrero de 2010). Recuperado el 15 de Julio de 2019, de Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) en relación a los biofilms.

Biopelículas: estudio de una comunidad bacteriana

10. Díaz, L. S. (14 de Marzo de 2016). Recuperado el 15 de Julio de 2019, de La biopelícula: una nueva concepción de la placa dentobacteriana: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30432016000300002
11. Donlan, R. M. (2001 de Octubre de 15). Clinical Infectious Diseases. Recuperado el 2019 de Julio de 16, de Biofilm Formation: A Clinically Relevant Microbiological Process: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11565080>
12. Duggan JM, S. C. (julio de 2007). doi:10.1016/j.joen.2007.02.016
13. F. Sirvent Encinas, E. G. (Diciembre de 2010). Recuperado el 16 de JULIO de 2019, de medlinedenta: http://www.medlinedental.com/PDF-DOC/ENDO/VOL28N45.PDF?fbclid=IwAR1sU2qRgC2r8YtyQwotwVK3PzuRyJq8DZaz5GqgzTi_et-0KdvtE7MR-6I
14. Facundo J. Márquez-Rocha, J. o.-G. (Enero de 2005). doi:/10.1016/j.ibiod.2004.05.007
15. Facundo J. Márquez-rocha, V. H.-R. (1 de Junio de 2000). doi:10.1023/A:1010392821353
16. Fichas, P. M. (6 de Diciembre de 2001). Perio Expertise. Recuperado el Julio de 16 de 2019, de Propiedades de los biofilm: <https://www.perioexpertise.es/enfermedades-encias/biofilm-dental-propiedades>
17. García, L. E. (Septiembre de 2013). Recuperado el 15 de Julio de 2019, de Pontificia Universidad Catolica de Puerto Rico: <http://www.nperci.org/L.%20Echevarria-Biopelículas-V10N3.pdf>
18. García, M. T. (Junio de 2017). Recuperado el 13 de Julio de 2019, de Biofilms microbianos : <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/5023/BIOFILMS%20MICROBIANOS.pdf?sequence=1%20>
19. Gonzalez, E. (Noviembre de 2016). Recuperado el 14 de Julio de 2019, de Formacion y desarrollo de biofilms: Impacto en los sistemas de abastecimiento y distribución de agua potable: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/66667/Documento_completo_.pdf?sequence=1&fbclid=IwAR1uwbfaGGO5FSO-I1Ly2Dieean9nXZoc0ddVUZOd_3eCqP-bHjxB5zTz3o

Biopelículas: estudio de una comunidad bacteriana

20. I, S. L. (10 de Maro de 2015). BetelGeux . Recuperado el 16 de Julio de 2019, de <http://www.betelgeux.es/blog/2015/03/10/componentes-y-funciones-de-la-matriz-de-los-biofilms-bacterianos>
21. JW, D. R. (15 de Abril de 2002). Biofilms: mecanismos de supervivencia de microorganismos clínicamente relevantes. . Recuperado el 15 de Julio de 2019, de PubMed.gov: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11932229>
22. M, W. (Febrero de 1996). doi:10.1099/00222615-44-2-79
23. Márquez Martin, S. E. (2015). Recuperado el 16 de julio de 2019, de Estación Experimental del Zaidín: <https://www2.eez.csic.es/?q=es/node/15>
24. Márquez, O., & Trigos, Á. (Mayo-Agosto de 2014). Recuperado el 13 de Julio de 2019, de Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana: <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol27num2/articulos/que-sabemos-de-los-biofilms.html>
25. Rios, A. G. (2013). Recuperado el 16 de Julio de 2019, de bitstream: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/129381/agrc1de1.pdf?sequence=1>
26. Ríos-Osorio, E.-C. &. (2016). Principales características de las biopelículas relacionadas con procesos patológicos descritos en humanos en los últimos 10 años, revisión sistemática Investigaciones Andina. Recuperado el 2019 de Julio de 14, de Investigaciones ANDINA: <http://www.redalyc.org/pdf/2390/239047318005.pdf>
27. SARRO, M. I., & GARCIA, A. M. (2015). Recuperado el 16 de Julio de 2019, de SciELO: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1139-67092005000300010
28. Stewart, P. (noviembre de 1996). doi:PMC163567
29. Williams, B. &. (12 de Febrero de 2014). The University of Nottingham. Recuperado el 15 de Julio de 2019, de Resistencia a los agentes antimicrobianos:.
30. Zambrano María Angélica & Suárez Londoño, L. (Junio de 2006). Biofilms bacterianos: sus implicaciones en salud y enfermedad. Recuperado el 12 de Julio de 2019, de UNIVERSIDAD ODONTOLÓGICA: <https://www.redalyc.org/pdf/2312/231220955004.pdf>
31. Zhang, T. R. (10 de Septiembre de 2018). Recuperado el 13 de Julio de 2019, de Adhesión bacteriana y biofilms sobre superficies:

Biopelículas: estudio de una comunidad bacteriana

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1002007108002049?fbclid=IwAR1lakazCgSin_4Vjci4iPUNTdltRlA4C8PJycaxEf0IzazljUZDTrsGZew

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).