

**EFFECTOS EN LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE POR LA FORMACIÓN DE
BIOPELICULAS EN LAS TUBERÍAS DE DISTRIBUCION**

Autor

RICARDO ALBERTO BERNAL FIGUEREDO

Director

**JORGE LUIS ORTIZ CARRILLO
MICROBIOLOGO**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA
2022**

Tabla de Contenido

| | |
|--|--------------------------------------|
| Objetivos | 7 |
| Objetivo general..... | 7 |
| Objetivo específico..... | 7 |
| Título | 8 |
| Resumen | ¡Error! Marcador no definido. |
| 1. Introducción..... | 10 |
| 2. Resultados..... | 12 |
| 2.1 Metodología implementada..... | 12 |
| 2.1.1 Recolección de datos..... | 12 |
| 2.1.2 Enfoque de la investigación..... | 12 |
| 2.1.3 Técnicas de recolección de información..... | 12 |
| 2.2.1 Antecedentes investigaciones anteriores..... | 12 |
| 2.2.2 Problema de investigación..... | 29 |

2.2.3 Marco legal contaminación del agua en Colombia..... 31

2.3 Consecuencias de la formación de biopelículas en las tuberías de distribución de agua potable..... ¡Error! Marcador no definido.

Y es que no los mas usual son los problemas se dan por la contener matrices de biopelículas que viven en las redes de distribucion de agua potable, se relacionan con concecuencias en la salud humana dada por el consumo de esta agua, y por ende la perdida de calidad del agua..... 33

2.3.1 Salud humana..... 33

2.3.2 Deterioro del agua..... 34

Conclusiones..... 35

4. Bibliografía..... 37

Lista de tablas

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 1. Contaminación de agua – Leyes..... | 32 |

Lista de figuras

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1. Formación de las biopelículas (biofilm)..... | 15 |
| Figura 2. Organismos detectados en las Biopelículas..... | 16 |
| Figura 3. Método continuo..... | 18 |
| Figura 4. <i>Congregación de bacterias en la parte interna de la tubería</i> | 20 |
| Figura 5. <i>Organismos detectados en las Biopelículas</i> | 23 |
| Figura 6 Adhesión de materia orgánica..... | 24 |
| Figura 7 Adhesión de bacterias pioneras..... | 25 |
| Figura 8 Formación del <i>glycocalix</i> | 25 |
| Figura 9 <i>Adhesión de colonizadores secundarios</i> | 27 |
| Figura 10 <i>Diferencias en el grosor del biofilm según la velocidad</i> | 28 |

Objetivos

Objetivo general

- Establecer cuáles son las primordiales secuelas de la existencia de Biopelículas en el sistema por el que se traslada el agua potable, lo que posibilita tener a los diferentes interesados información acerca de este asunto, lo anterior con base en una indagación en fuentes verídicas.

Objetivo específico

- Entablar los precedentes más relevantes de indagaciones anteriores en relación con la existencia de coagregación de bacterias en las tuberías de agua potabilizada, para disponer los antecedentes con base al objetivo primordial propuesto.
- Establecer cuáles son las leyes o normas, relacionadas con la contaminación en el agua potable por medio del desarrollo de un marco legal.

Título

EFFECTOS EN LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE POR LA FORMACIÓN DE BIOPELICULAS EN LAS TUBERÍAS DE DISTRIBUCION

Un estudio realizado sobre los efectos del desprendimiento de biopelículas sobre las redes de acueducto determinó esto incide negativamente sobre la calidad del agua, la cual posteriormente es cometida por el consumidor y está causaba sobre las personas diferentes tipos de enfermedades. Con base en lo anterior el objetivo principal del presente proyecto es determinar las principales consecuencias de la presencia de biopelículas en las tuberías de distribución de agua potable, esto implementando un método de investigación cualitativo que se centra en la revisión de documentos, artículos, proyectos, investigaciones y bibliografías relacionadas con el tema central de estudio. Como resultados se obtiene que las principales consecuencias de la presencia de biopelículas en las tuberías de distribución de agua potable se centran en la salud humana y en el deterioro del agua; la primera causando enfermedades como neumonía, diarrea, gastroenteritis y fiebre crónica y la segunda incidiendo negativamente en la calidad del agua que consumen los colombianos.

Palabras clave: Agua, Bacterias, Biopelículas, Patógenos.

Abstract

A study carried out on the effects of the detachment of biofilms on aqueduct networks determined that this has a negative impact on the quality of the water, which is subsequently committed by the consumer and is causing different types of diseases on people. Based on the above, the main objective of this project is to determine the main consequences of the presence of biofilms in drinking water distribution pipes, this by implementing a qualitative research method that focuses on the review of documents, articles, projects, research and bibliographies related to the central topic of study. As results, it is obtained that the main consequences of the presence of biofilms in drinking water distribution pipes focus on human health and water deterioration; the first causing diseases such as pneumonia, diarrhea, gastroenteritis and chronic fever and the second negatively affecting the quality of water consumed by Colombians.

Keywords: Water, Bacteria, Biofilms, Pathogens.

1. Introducción

El desarrollo de la presente indagación se basa, en las consecuencias que existe frente a la existencia de Biopelículas en el agua potable, que en si son bacterias de diversos tipos que perjudica la calidad del agua, las tuberías y al final la salud humana, que acarrea patologías como por ejemplo infecciones respiratorias, en la dermis y las heridas, estas afecciones de la salud recen primordialmente sobre chicos, ancianos y féminas en estado de gestación. Según el

(Tiempo 2021), del agua contaminada

En este nos dice que las enfermedades más frecuentes y que causas daños, tiene que ver con la relación que se da en el cuidado y manejo que se le da al agua también nos informa que el agua es más fuerte aquí en Colombia que en otros países tales como argentina y además que de los países promedio de américa latina

Tan grave es el problema de las biopelículas y su afectación a la salud humana, que en países desarrollados como EUROPA, las enfermedades por infecciones se consideran la segunda causa de muerte, alrededor de 15.000.000 de muertes al año se generan por infecciones que se derivan de la coagregacion y presencia de biofilms en el interior de tuberías de agua potabilizada y siguiente consumo de esta agua, lo anterior según Leiva (2005). Es así como tras el consumo líquido preciado que contiene bacterias, se pueden desarrollar o empeorar enfermedades principalmente de tipo respiratoria y estomacal, como neumonías y diarreas graves entre otras.

Según Aragón (2019), la formación de estas biopelículas no sólo perjudica la salud humana sino además la salud de los animales, puesto que los dos consumen el agua donde residen éstas

bacterias. Se cree que un 80% de las bacterias se encuentran en el interior de las biopelículas, lo que facilita la supervivencia de éstas en el ambiente (Aragón 2019). Otra definición es que estos son organismos microscópicos que se unen a través de una matriz denominada exopolisacáridos y esta se adjunta a una superficie ya sea una tubería o a una formación de tejido microbiano (Lasa 2005). En la siguiente gráfica se muestra la capacidad de la formación de biopelículas.

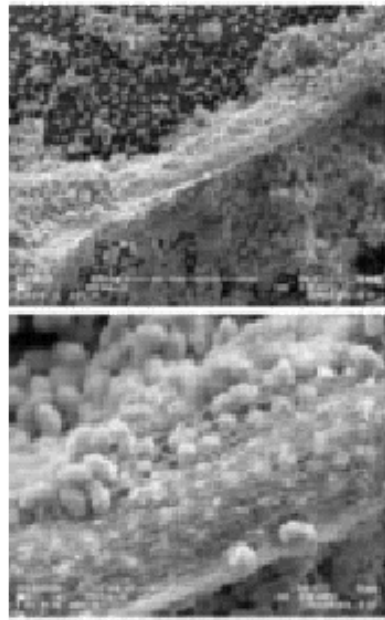


Figura 1. Fotografía de microscopía de barrido de un biofilm de *Salmonella enteritidis*.

Es así como las afectaciones principalmente a la salud humana, a causa de la existencia de las biopelículas en el agua potable y otras consecuencias de esta situación, fundamentan la presente investigación, que pretende presentar de manera clara y concisa cuáles son aquellas consecuencias más relevantes, para también dar conocimiento de la presencia de estas bacterias en el agua potable y así, tener en cuenta acciones que ayuden a controlar, mitigar o eliminar los daños causados a raíz de esta situación.

2. Resultados

2.1 Metodología implementada

El aspecto metodológico por el cual se encaminará el presente proyecto de investigación es el método cualitativo, centrándose este en la revisión de documentos, artículos, proyectos, investigaciones y bibliografía, relacionados con el tema central de estudio.

2.1.1 Recolección de datos

La obtención de datos se dará por medio de recolección, análisis y resumen del tema central de estudio del presente proyecto de investigación, referente con la presencia de Biopelículas en la parte interna de tuberías por la cual se transporta y distribuye agua con un pH óptimo para el consumo humano.

2.1.2 Enfoque de la investigación

La investigación contiene un enfoque cualitativo, ya que se basa en la revisión de documentos, artículos, proyectos, investigaciones y bibliografía, relacionados con el tema central de estudio.

2.1.3 Técnicas de recolección de información

La información bibliográfica del presente proyecto se da por medio de la revisión documental de diferentes proyectos, investigaciones, tesis, monografías y artículos de investigación entre otros.

2.2 Desarrollo de los objetivos.

2.2.1 Antecedentes investigaciones anteriores

2.2.1.1 *Las Biopelículas o Bioflim*

La Biopelículas en superficies o como también es conocida un bioflim es “una capa de limo

compuesta por una matriz polimérica extracelular, en el que se encuentran embebidos diferentes microorganismos, como bacterias, formando una comunidad” (Aqua Free, 2019). Podemos decir que las Biopelículas se forman especialmente entre medios sólidos y en agua como, por ejemplo: mangueras de duchas, accesorios de grifería, tuberías, alcantarillas. Para Aqua Free (2019), especialistas en la higiene del agua, esto se puede ocasionar cuando entre los microorganismos que proliferan se encuentran gérmenes patógenos (por ejemplo, *legionela* y *Pseudónimas aeruginosa*).

La situación se puede poner complicada, ya que las bacterias anteriormente mencionadas pueden llegar a todos nosotros, ya que somos consumidores y pacientes y puede ocurrir un desprendimiento de la Biopelículas y se incorpora en el agua. Normalmente las Biopelículas son pequeñas y poco desarrolladas, así que es un poco complicado para el ojo humano identificarlas a simple vista, pero a medida que van creciendo son más visibles y puede ocurrir en algunos casos que adquieren una apariencia viscosa y brillante.

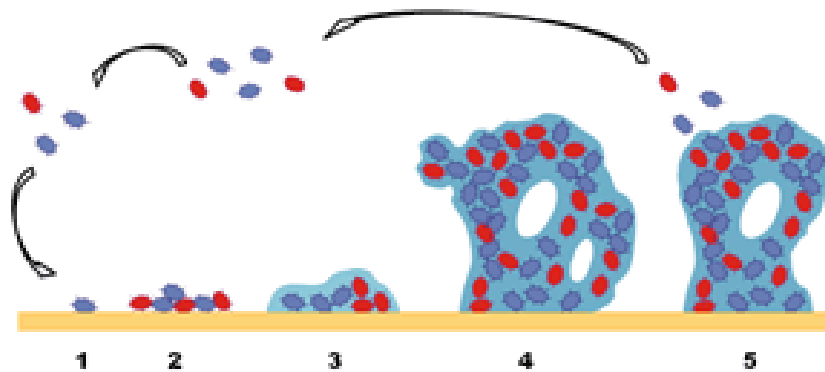
Estos problemas de las Biopelículas están altamente relacionados con situaciones notables como la colocación y la sensación al paladar del agua, la corrosión y obstrucción de las tuberías, por lo que se puede decir que este tipo de situaciones tienen un papel importante en la determinación del agua. (Pipeline infraestructura soluciones 2019).

Muchas son entonces las consecuencias negativas que trae contener las Biopelículas en el agua potable, a raíz de las características anteriormente mencionadas de cada una de estas. Según la revista (Aqua free, 2019), cuando se crean las Biopelículas en el agua puede traer varias consecuencias, a pesar de que es un suceso natural en estos ambientes acuáticos, se constituye principalmente en el interior de las tuberías, en ocasiones cuando los tubos no están en uso, el flujo del agua es mínimo en las paredes de los tubos se estanca esto puede generar consecuencias dañinas.

Dentro de las Biopelículas, los microorganismos normalmente tienden a señalizarse, transfieren nutrientes e intercambian material genético, en caso de que hubiera separación de los microorganismos de las Biopelículas, se pueden producir infecciones.

Figura 1.

Formación de las biopelículas (biofilm)



Fuente: Téllez (2010).

Otra definición de Biofilm, es que se conoce como la acumulación de material orgánico o bacteriológico, formado en las superficies que tienen contacto directo con el agua (Iagua 2018). Estas bacterias se forman en tuberías de agua caliente y fría, dada la concentración de residuos disueltos en el agua.

Figura 2.

Formación de las biopelículas (bioflim) en las tuberías



Fuente: Iagua (2018).

2.2.1.2 Factores que inciden en la proliferación del Bioflim

De igual manera hay componentes que inciden negativamente en la proliferación de las biopelículas, entre los principales están:

- Temperatura
- Tipo de agua (marina, Potable, fría o caliente)
- Tiempo de que se esta expuesta
- Tipo flujo de agua
- La fuerza del agua
- Falta de limpieza
- Falta de desinfección de las redes de transporte de agua

2.2.1.3 Métodos para eliminar las biopelículas

Según estudios realizados por Iagua (2018), existen dos métodos probables, para eliminar las biopelículas, los cuales son con tratamiento de choque y con tratamiento constante en ciclo de riego, bombeo y circulación. Para entender aún más estos métodos, se explican cada uno de estos:

Método de choque

Este procedimiento realmente es definitivamente nocivo para los materiales constructivos y los mas fundamental para la utilización del agua potable, puesto que mediante este se realizan choques químicos, aclarados con consumibles y recargas de productos. (Iagua 2018). Lo mas relevante de este método es el choque químico, pues implementa una cantidad de químicos que buscan eliminar las bacterias existentes, pero al mismo tiempo estos químicos también pueden ser perjudiciales para la salud humana.

Método continuo

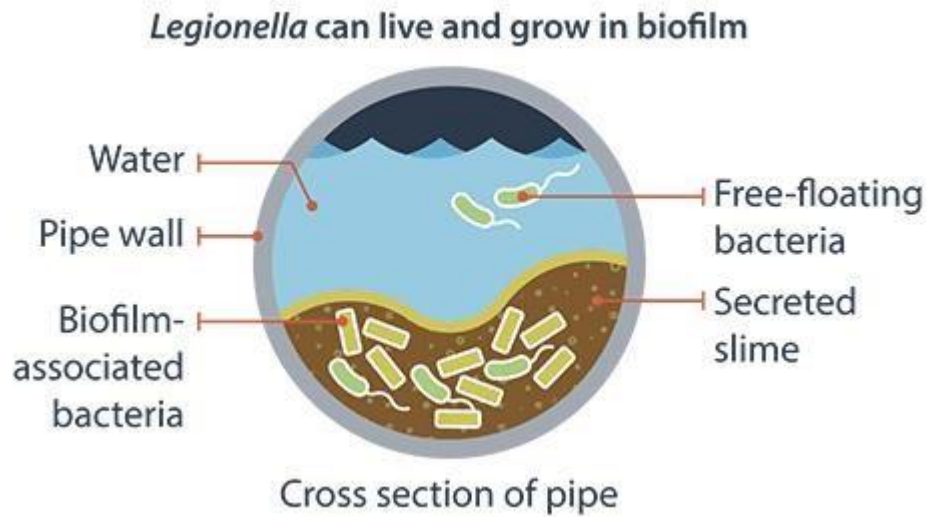
Según investigaciones realizadas este es el método mas efectivo y lógico, se realiza con ozono, el cual es un agente desinfectante con naturaleza oxigenante que logra un proceso de aireación y oxigenación, que desprende y elimina las biopelículas de forma constante, en este método no es necesario los cortes de agua, esto según (Iagua 2018).

Este ozono (O₃), se puede emplear de manera diaria al agua de consumo, ya que no contiene químicos y por ende no representa un peligro importante para la salud humana, este proceso según la página Iagua (2018), es Aireación + Burbujas + Ozono + Oxígeno activo. Otro aspecto de este proceso es que elimina la bacteria *Legionella*, gracias a su gestión de desinfectante biocida.

En la siguiente grafica se muestra el proceso del método mencionado anteriormente:

Figura 3.

Método continuo



Fuente: Iagua (2018).

De los métodos anteriormente mencionados según investigaciones realizadas, el primero método de choque; en realidad no es recomendable ya que cuenta con químicos en su proceso que traen consecuencias para la salud humana y para aquellos alimentos que sean tratados de una u otra manera con esta agua. Referente al segundo método continuo, es el más recomendable a aplicar, pues se utiliza ozono, este elemento no posee químicos y ayuda favorablemente a la eliminación de bacterias tan peligrosas para la salud humana como la *Legionella*; una bacteria que puede ocasionar sobre las personas enfermedades de tipo respiratorias graves, como neumonía. Además de otras afecciones como diarrea e infecciones en el tracto urinario. Este segundo proceso también es recomendable porque se evitan los cortes de agua, su procedimiento consiste en un bombeo constante de aireación y oxigenación.

En un estudio realizado, acerca de la eliminación de biopelículas en el agua potable, se asegura que la mejor manera de atacar estas bacterias es la utilización del dióxido de cloro (OXIDINE 2020). Ya que se conoce como un desinfectante potente sin cloro, el cual ofrece excelentes resultados y lo mejor no genera corrosión en las tuberías de agua potable. Además de esto “MINIMIZA RIESGO DE AVERÍAS Y COSTES DE MANTENIMIENTO, ASÍ COMO INFECCIONES DE ELEVADO RIESGO” (OXIDINE 2020).

Según dicho estudio la utilización de dióxido de carbono, para la reducción de biopelículas es satisfactorio, ya que este elemento cuenta con muchas ventajas las cuales se describen a continuación:

- Su poder de desinfección es 2.5 superior al cloro.
- No es corrosivo.
- Es poco reactivo, minimiza la formación de cloraminas.
- Efecto prolongado.
- Poder desinfectante alto.

2.2.1.4 Comportamiento de biopelículas luego de los procesos

Según Reyes (2005), posterior a la utilización de los diferentes métodos para combatir las biopelículas en las aguas potables, se obtiene un resultado efectivo sobre el control de crecimiento de las bacterias. Principalmente uno de los métodos más utilizados la limpieza profunda que consiste en lavar la redes que transportan el agua, por medio del uso de agua a gran velocidad que impacta esto se vuelve un mantenimiento de gran frecuencia de dichas redes para tener agua en óptimas condiciones y además la formación de biopelículas; por este proceso se ve un deterioro de la pared interna de las tuberías. Tras la presencia de las biopelículas también se fomenta la existencia de

microorganismos que deterioran la calidad del agua, dándole a está mal olor, color amarilleando, sabor extraño y finalmente puede afectar salubridad de la población que la consume. En la siguiente grafica se muestra el proceso de coagregacion de las biopeliculas.

Figura 4.

Congregación de bacterias en la parte interna de la tubería



Fuente: Reyes (2005).

2.2.1.5 Comportamiento de la pérdida de energía

Existe un periodo de tiempo de experimentación, allí se monitorean de forma constante la pérdida de energía esto se realiza mediante lecturas de diferentes piezómetros. Los análisis de las pruebas fueron separados en dos fases que se clasifican como fase de crecimiento y fase de lavados. (Reyes 2005).

Fase 1: crecimiento inicial de la biopelículas

Según Reyes (2005), las fases son crecimiento inicial de las biopelículas y lavados. En esta fase de experimentación que es alrededor de 50 días de circualndo existe un cambio muy notable en

la disipación de energía, siendo un poco más notorio en las pérdidas por fricción que en las pérdidas menores. Está claro que se puede evidenciar cuando transcurre el tiempo, que usualmente el coeficiente de pérdida menores tiende a disminuir, sin embargo, la disminución del coeficiente de pérdidas menores no es muy notable, con esto se le da más fuerza a la hipótesis de que a medida que crece la biopelículas se van suavizando las líneas de flujo, de esta manera se reduce el efecto de estos productos sobre la energía total y se minimiza la pérdida local de energía. (Reyes 2005).

En casi tal de que la pérdida sea por fricción ocurre todo lo contrario, ya que a medida que va creciendo la biopelículas. También el factor de fricción y así se aumenta las pérdidas de energía. La razón por la que esto sucede se debe a que las biopelículas se coagregan de tal manera que su forma cambia y se hace más rugoso el interior de la tubería,

Fase 2: Lavados

Cada lavado tiene un impacto cambiando la pérdida por fricción y después de cada lavado, el factor de fricción tiende a descender debido a la partición de matriz de las biopelículas. En el periodo que transcurre entre cada lavado, las pérdidas van a disminuir, pero vuelven aumentar hasta el próximo mantenimiento aplicando gran energía con el impacto de agua. (Reyes 2005).

2.2.1.6 Estudios anteriores relacionados con el tema

Un estudio realizado en el año 2013, sobre los efectos del crecimiento de Biopelículas sobre las redes de acueducto en la calidad del agua, la formación de Biopelículas parte de la supervivencia de algunos microorganismos, que se alojan en las Biopelículas donde fácilmente se pueden reproducir, crecer y posteriormente desprenderse, lo cual origina que los microorganismos puedan llegar al comestible del consumidor y causar sobre esta contaminación de tipo microbiológica. (Ariza, Martínez y Calvo 2013).

Frente a la causa de esta situación, los autores Ariza, Martínez y Calvo (2013), determinan que:

se dice que a baja presencia de cloro hay más oportunidades que sobrevivan microorganismos ya que se le da un medio ideal para la supervivencia, lo cual trae consigo problemas de salubridad hablando en términos de la calidad del agua , pero también nos menciona que debido a que hay microorganismos que presentan resistencia al cloro trae problemas tanto económicos y técnicos esto a su vez eleva los costos de producir agua de calidad a lo largo de la red y por ende no va ser optima el agua para el consumir final.

Según (Trujillo 2011), también resalta que la presencia de Biopelículas, en los medios de transporte y distribución , no solo es un problema de salubridad, sino también para el bienestar público. Gracias a que estas favorecen la formación de microorganismos, que sobreviven en tratamientos para desinfectar el agua, los cuales además son altamente patógenos. Varios son los microorganismos o bacterias, detectadas dentro de las Biopelículas, algunos de estos se presentan en la siguiente gráfica.

Figura 5.

Organismos detectados en las Biopelículas

Tabla 1. Organismos detectados en biopelículas.

| Patógenos oportunistas | Efectos sobre la salud | Información en | | |
|------------------------------------|--|-----------------|---|--------------------------|
| | | Presencia SD | Enfermedad | Presencia biopelículas |
| <i>Acinetobacter calcoaceticus</i> | Neumonía, meningitis, infecciones del tracto urinario, septicemia | Geldreich, 1990 | LeChevallier, 1987 ; Geldreich, 1990 | Davis, 1973, Horan, 1988 |
| <i>Aeromonas hydrophila</i> | sepsis, enfermedades gastrointestinales, infecciones del tracto respiratorio | Geldreich, 1990 | Reasoner, 1991, van der Kooij, Hijnen, 1988 | Davis, 1973 |
| <i>Citrobacter spp. *</i> | septicemia, neumonía | Geldreich, 1990 | Geldreich, 1990 | Keusch and Acheson, 1998 |
| <i>Enterobacter spp. *</i> | septicemia, neumonía | Geldreich, 1990 | Geldreich, 1990 | Keusch and Acheson, 1998 |
| <i>Flavobacterium spp.</i> | septicemia, meningitis | Geldreich, 1990 | Geldreich, 1990 | Davis et al., 1973 |

| | | | | |
|--------------------------------|---|--------------------|-------------------------|--|
| <i>Klebsiella pneumoniae</i> * | septicemia, neumonía | Geldreich, 1990 | 1990 Geldreich, 1990 | Keusch y Acheson, 1998 |
| <i>Moraxella spp.</i> | neumonía, conjuntivitis, septicemia, otitis, uretritis, meningitis, bronquitis, sinusitis | LeChevallier, 1987 | LeChevallier, 1987 | Benenson, 1995, Davis., 1973, Walker, 1998 |
| <i>M. avium complex</i> | Diarrea crónica, enfermedad crónica pulmón | Geldreich, 1990 | Norton et al., 2000 | Schaechter et al. 1998 |
| <i>Pseudomonas cepacia</i> | Infecciones en los pies | Geldreich, 1990 | LeChevallier, 1987 | Tally, 1998 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | Infecciones con severas quemaduras, pulmones en la fibrosis cística, neumonía, meningitis | Geldreich, 1990 | Geldreich, 1990 | Toder, 1998 |
| <i>Serratia marcescens</i> * | Septicemia y neumonía | Geldreich, 1990 | | Schaechter et al. 1998 |

Fuente: Estudio realizado por EPA 2019.

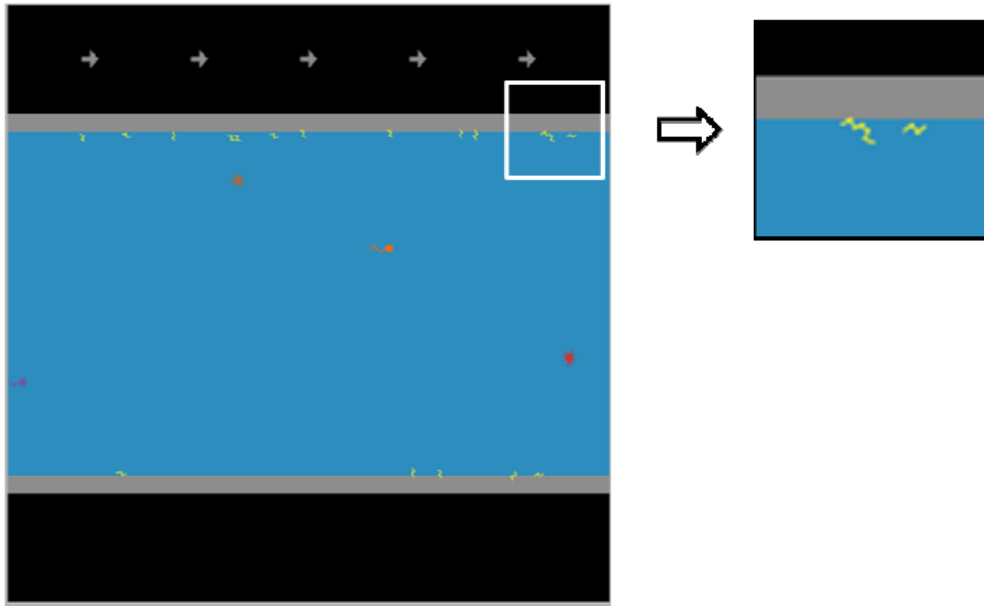
Según un estudio realizado por (EPA 2019), los organismos principales detectados en las Biopelículas son los que se describen en la gráfica anterior y estos causan sobre la salud humana enfermedades principalmente respiratorias, cómo son la neumonía de varios tipos, infecciones severas y diarreas crónicas.

Un estudio realizado por Ramos (2012), concluyó que las biopelículas además de representar un riesgo para la salud debido a su papel como reservorio de patógenos microbianos, éstas también causan otras problemáticas como el deterioro del agua, la proliferación de los organismos superiores, la corrosión y consumo de desinfectantes, entre otros. En este estudio también se mostró el proceso

de adhesión de estas bacterias.

Figura 6.

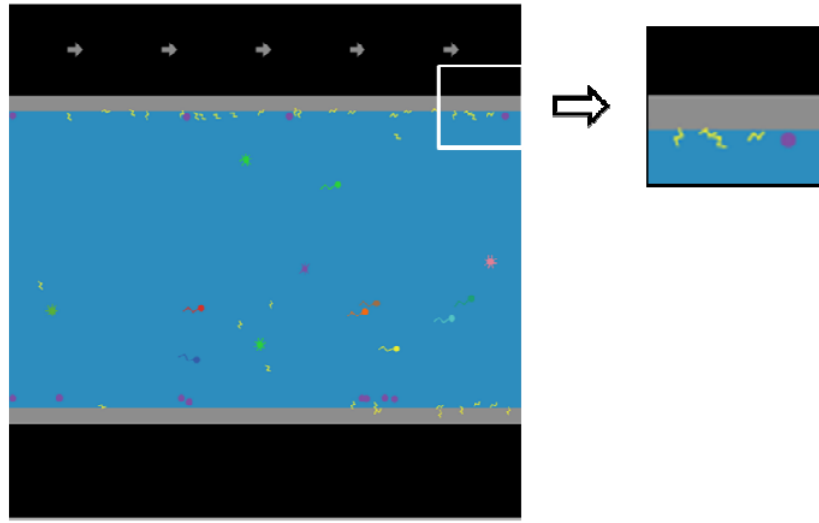
Adhesión de materia orgánica



Fuente: Ramos (2012).

Figura 7.

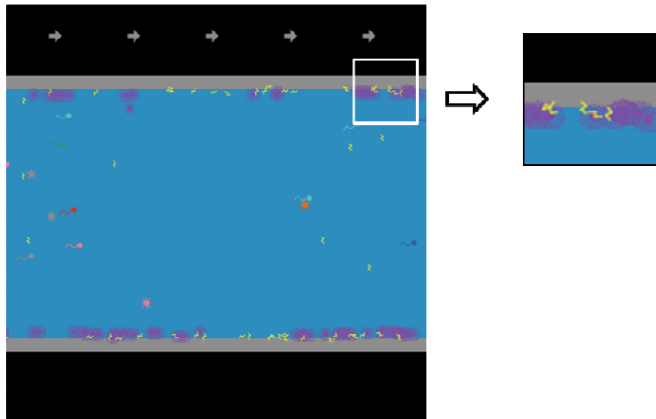
Adhesión de bacterias pioneras



Fuente: Ramos (2012).

Figura 8.

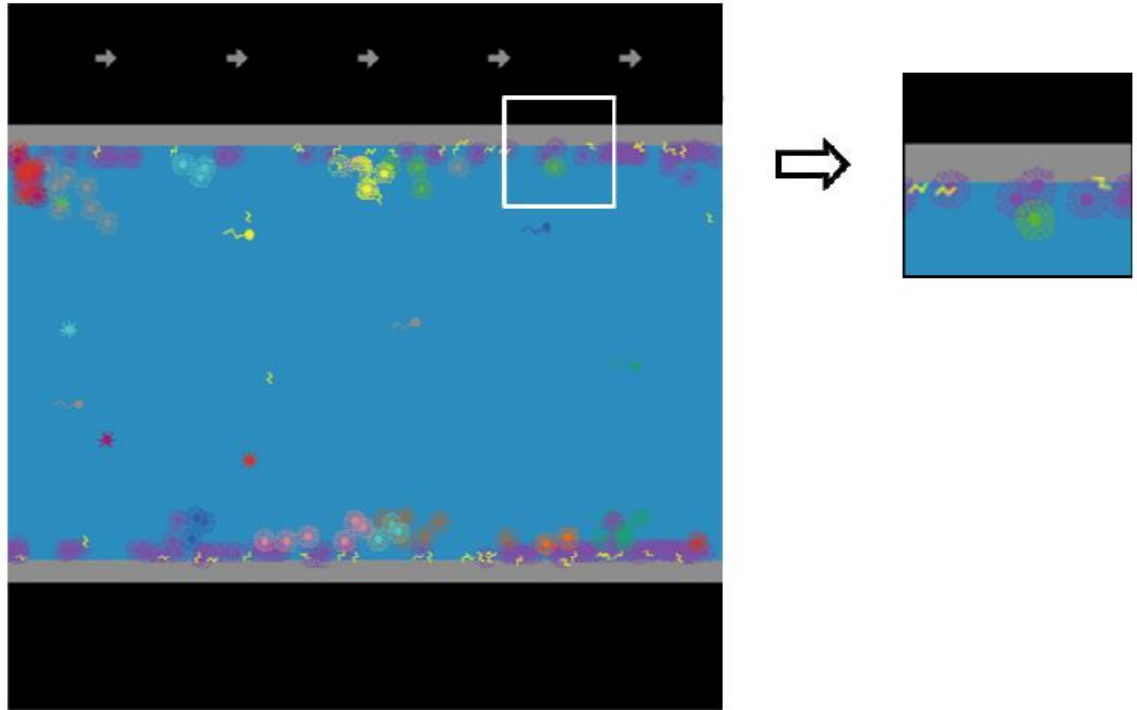
Formación del glycocalix



Fuente: Ramos (2012).

Figura 9.

Adhesión de colonizadores secundarios

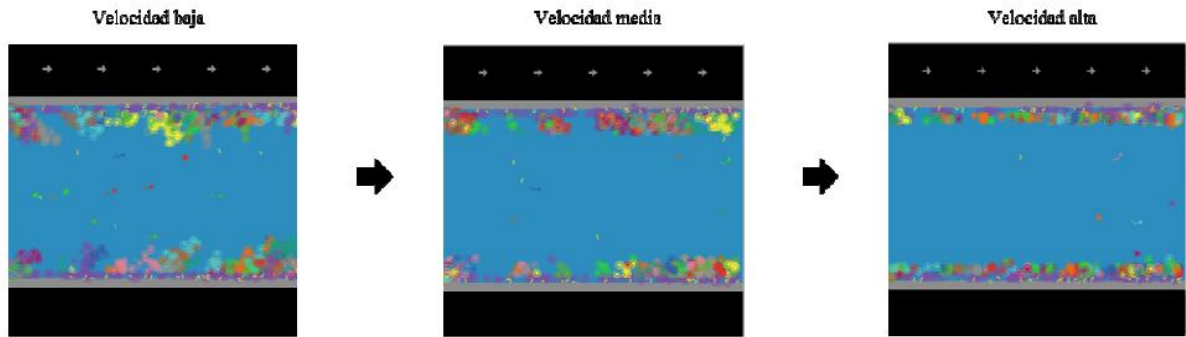


Fuente: Ramos (2012).

También es importante mencionar que dicho estudio realizado, concluyó que el Biofilm tiene varias velocidades de adhesión en el agua o las tuberías; una velocidad alta puede limitar el grosor de la Biopelícula, como se muestra en las siguientes gráficas.

Figura 10.

Diferencias en el grosor del biofilm según la velocidad



Fuente: Ramos (2012).

2.2.1.7 Las bacterias

Acinetobacter calcoaceticus

Es considerada como una especie de bacteria y va por parte de la Flora natural del cuerpo de los seres humanos, se clasifican como bacilos aeróbicos y pertenecen a la familia Moraxellaceae, estos pueden sobrevivir en superficies secas hasta en un periodo de un mes y como lo mencionamos anteriormente es normal del cuerpo así que mayormente los trabajadores de la salud son los portadores de este, esto conlleva a que los pacientes carguen la bacteria, pero normalmente no genera infección, pero si se contaminan los equipos médicos, aunque si puede causar enfermedades al ser humano. (Bush L, 2020).



Aeromonas Hydrophila

Según Sánchez (2018). Es catalogada como una eubacteria heterótrofos Gram negativa, que existen por lo general en clima cálido. Como también se evidencia y puede mantener con vida en territorios de aguas saladas, estuarinas etc.

Normalmente se relaciona con infecciones tanto como intra como extraintestinales, las infecciones extra se originan debido al contacto u expoiscion de ua herida con el agua , o también el suelo o productos derivados del mar , normalmente puede ser causa de una diarrea secretoria. Se relaciona con infecciones en niños menores de los 5 años.



Enterobacter

Es un bacilo gramnegativo que genera infecciones como urinarias, pulmonares, bacteriemia, como también por estudios realizados se ha encontrado contaminación de percusiones que son preparados de comida para niños lactantes y en infecciones de la herida quirúrgica. (Sánchez 2018).



2.2.2 Problema de investigación

2.2.2.1 Descripción del problema

Con la presencia de biofilm o también llamado biopelículas en el sistema por el cual se transporta el agua potabilizada, puede traer resultados muy graves, en la salubridad de las personas; niños, hombres, mujeres, ancianos y, que consumen agua, además de los efectos negativos que causa en la calidad del agua y las tuberías.

Aunque como menciona (Aqua free) 2019, las biopelículas pueden ser muy útiles en ciertos entornos como las aguas y suelos que tienen procesos de autodepuración, en otros entornos representa un efecto muy grave, como ya se mencionó anteriormente principalmente para la salud del ser humano, que incluye la población más vulnerable, como niños y ancianos. Aqua free (2019), también menciona:

Bacterias como la *Legionella* y *Pseudomonas* (Ej. *Pseudomonas aeruginosa*), entre otras, son microorganismos patógenos presentes en las biopelículas que representan un riesgo para la salud humana. Las *Pseudónimas* pueden causar infecciones pulmonares, del tracto urinario o en heridas. Otros patógenos comunes en las biopelículas son el *Staphylococcus epidermidis*, el *Staphylococcus aureus*, la *Escherichia coli* y la *Candida albicans*. Aqua free (2019),

Es decir que las biopelículas contienen este tipo de bacterias, de las cuales las pseudomonas, son las que pueden causar infecciones respiratorias, en la piel, heridas y el tracto urinario entre otras, afecciones que recaen especialmente en población más vulnerable como niños, ancianos o mujeres embarazadas. A esta problemática, se le agrega que muchas personas no saben de la presencia de las biopelículas en las redes de distribución de agua potable (ya que es un tema poco tratado) y por ende no ejercen acciones para disminuir o mitigar los daños de estas bacteria en el agua que consumen.

Con esta investigación, se pretende establecer de manera precisa y concisa cuales son las consecuencias de las biopelículas sistema por el cual se transporta el de agua potable, lo cual afecta principalmente la salud humana, que la existencia de estas es real y verídica, y así presentar un artículo que puedan consultar los diferentes interesados, para que esta problemática se conozca y de esta manera sea más fácil realizar acciones que mitiguen o disminuyan los daños de estas bacterias en el agua consumida por las personas o utilizada en el diario vivir.

2.2.2.2 Formulación del problema

En resumen, la problemática expuesta, trata de las consecuencias negativas que tienen las biopelículas existentes en las redes de por medio del cual se transporta y se distribuye de agua optima para ser consumida, sobre principalmente la salud humana, la calidad del agua y las tuberías.

Además, que el conocimiento de dichas bacterias en el agua es casi nulo, pues es un tema poco tratado, a raíz de lo anterior se determina la importancia de exponer en el presente proyecto:

¿Cuáles son las consecuencias principales de la presencia de biopelículas en las tuberías de distribución de agua potable?

2.2.3 Marco legal contaminación del agua en Colombia

A continuación, se relacionan aquellas leyes, normas o decretos que se relacionan directamente con el tema de investigación del presente proyecto

Tabla 1.

Contaminación de agua – Leyes

| Ley, decreto o norma | Descripción |
|------------------------|---|
| Ley 99 de 1993 | Por medio de esta ley, se reordena el sector público encargado, de la conservación de los recursos naturales renovables. (DNP 2022) |
| Decreto 475 de 1998 | Por medio de este decreto se expiden, las normas técnicas para el tratamiento del agua potable en Colombia. (DNP 2022) |
| Resolución 0693 - 2012 | Por medio de esta resolución, se adopta una guía que estipula proyecto, en pro del sector del agua potable y saneamiento básico de esta. (DNP 2022) |

| | |
|---------------------------------------|---|
| Decreto 1575 y resolución 2115 (2007) | Por medio de este se establece un sistema especializado de protección y control del agua potable. (Acuate nica 2019). |
| LEY 373 DE 1997 | Por medio de esta ley, se establecen programas para el uso eficiente y ahorro de agua, y las acciones o proyectos que deben llevar a cabo las entidades prestadoras de este servicio en Colombia, en pro de la prestación del servicio y el tratamiento del agua. (Salud capital 2021). |

Fuente: Elaboración propia. (2022).

2.3 Consecuencias de la formación de biopelículas en las tuberías de distribución de agua potable.

Ante la problemática que se ha expuesto en el presente trabajo sobre la presencia de biofilms en las redes de repartición de agua optima de consumo humano, es fundamental nombrar que hay procedimientos para borrar esas bacterias que generan estos microorganismos, como por ejemplo antibióticos y desinfectantes, sin embargo lastimosamente dichos no son 100% efectivos. Según (Vargas 2004) para que los resultados fueran 100% efectivos es necesario implementar en las redes de transporte de agua potable una cantidad muy alta de desinfectantes o antibióticos, según sea el caso pero el resultado de esta acción afectaría la salud humana, lo cual sería un total desacierto, pues se causaría el problema que se está tratando de mitigar.

Y es que no los más usuales son los problemas que se dan por la presencia de matrices de biopelículas que viven en las redes de distribución de agua potable, se relacionan con consecuencias en la salud humana dada por el consumo de esta agua, y por ende la pérdida de calidad del agua

2.3.1 Salud humana

Según (Vargas 2004) cualquier organismo que se pueda ver bajo microscopio o microbio que se encuentre presente en el agua puede adherirse fácilmente a la biopelículas y como se mencionó anteriormente estas favorecen el crecimiento y reproducción de dichos patógenos, de los cuales muchos afectan la salud humana (Figura 2), entre las enfermedades más comunes que pueden producir estas en las personas, incluyendo a niños, ancianos y mujeres en gestación, son problemas de tipo respiratorios como neumonía y otras como la diarrea; de los cuales se desprende también la fiebre y la gastroenteritis. Dichas enfermedades pueden ser fácilmente tratadas y en otras ocasiones no, y se convierten en enfermedades severas que pueden afectar de forma permanente a la persona. En resumen, estas son los patógenos que pueden ocasionar problemas de salubridad :

- Neumonía leve
- Neumonía crónica
- Diarrea
- Gastroenteritis
- Fiebre crónica
- Empeoramiento heridas o quemaduras

2.3.2 Deterioro del agua

Otra de los problemas al estar presentes biopelículas en las redes de transporte de agua potable, es el deterioro en la calidad esta. Lo cual se relaciona directamente con el apartado anterior, ya que al cambiar la calidad del agua por la presencia de estos microorganismos se eleva el riesgo de la transmisión de patógenos que causan enfermedad a las personas a causa de estas bacterias, esto también afecta el color, olor y sabor del agua.

La presencia de estas bacterias en el agua potable, se derivan muchas veces de un mal mantenimiento de la red o un tratamiento inadecuado de este y precisamente ahí es cuando nacen estos microorganismos que se adhieren a las biopelículas. Según el Ministerio de medio ambiente el 50% del agua en Colombia es de mala calidad, es decir la mitad del agua de todo el país, lo cual es una cifra muy alta y por supuesto negativa, que incrementa ciertamente la posibilidad de la existencia de más y más bacterias en el agua que se consume a diario por los colombianos.

Conclusiones

- Frente a la problemática de la tener biopelículas en las redes de transporte de agua potable, se encuentra que sobre la salud humana la presencia de estas, genera varias enfermedades que pueden ser leves o graves y que pueden dejar daños permanentes en las personas, tales enfermedades son neumonía, diarrea, gastroenteritis, fiebre crónica o afectación en las heridas o quemaduras. En sí, el consumo de estas bacterias por medio del consumo del agua potable, trae daños a la salud de las personas con enfermedades crónicas tales como diabetes, cáncer o sida.
- Las principales efectos que se dan al tener biopelículas en el proceso de llevar el agua a través de tuberías, se presentan en la salud humana y en el deterioro de la calidad del agua. Las enfermedades principales causadas por este tipo de patógenos son enfermedades como la neumonía leve, la neumonía Crónica, la diarrea, la gastroenteritis la fiebre Crónica y el empeoramiento en heridas o quemaduras. Es decir que el consumo de agua potable que contenga en sí este tipo de patógenos, puede desarrollar estas enfermedades en las personas o empeorar éstas cuando la víctima ya las posee.
- Aunque muchas son las bacterias que pueden estar presentes en las biopelículas unas de las más peligrosas son Legionella y Pseudomonas según investigaciones anteriores realizadas, los cuales son microorganismos patógenos representan un riesgo muy desastroso en la salud humana, causando como infecciones pulmonares graves que originan en muchos casos la muerte, infecciones en el tracto urinario y en heridas.

- Otros estudios anteriores realizados demostraron que aunque actualmente según el Ministerio de ambiente aproximadamente el 50% del agua en no muy buena calidad, existen leyes, normativas y decretos que exigen el tratamiento adecuado del agua, para el consumo humano, aún no se implementan estrategias que sean 100% efectivas para la mitigación total de las bacterias existentes en esta.
- Las leyes y normas principales relacionadas con la contaminación del agua potable en Colombia son la ley 99 de 1993, en esta ley nos indica cómo se reorganiza el sector público que es el encargado de lo relacionado preservar los recursos de la naturaleza que se pueden renovar. El decreto 475, por medio de este se expiden las normas técnicas para el tratamiento del agua potable. Y finalmente el decreto 1575; se establece un sistema especializado para la protección y control del agua potable.

4. Bibliografía

Ariza, J., Martínez, A., y Calvo, D (2013). Efecto del desprendimiento de las biopelículas formadas en una red de acueducto sobre la calidad del agua. Artículo de investigación. Bogotá: Universidad de los andes.

Aqua free. (2019). ¿Qué es el biofilm?. Recuperado de: <https://www.aqua-free.com/es/revista/que-es-el-biofilm>

Acuatecnica. SAS. (2019). **NORMATIVIDAD DEL AGUA POTABLE EN COLOMBIA.** Recuperado de: <https://acuatecnica.com/normatividad-del-agua-potable-en-colombia/#:~:text=La%20principal%20norma%20que%20orige,del%20agua%20para%20consumo%20humano.>

Bush, L. (2020). Shigelosis (Disentería bacilar). Manual MSD. Recuperado de: <https://www.msdmanuals.com/es/professional/enfermedades-infecciosas/bacilos-gramnegativos/shigelosis>

DNP. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Agua Normatividad. Recuperado de: <https://www.dnp.gov.co/programas/vivienda-agua-y-desarrollo-urbano/Paginas/Agua-Normatividad-.aspx#:~:text=Ley%20286%20de%201996%3A%20Por,1995%20y%20286%20de%20199>

6

El Tiempo (2021). Causas y consecuencias de la contaminación del agua en Colombia.

REDACCIÓN MEDIOAMBIENTE. Recuperado de:
<https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/causas-y-consecuencias-de-la-contaminacion-del-agua-en-colombia-587364>

Health Risk from Microbial Growth and Biofilm in Drinking. Water Distribution Systems. Proceedings, Annual Water environment Federation, Conference. EPA, 2019.

Istock. (2014). Mapa político de Colombia - Ilustración de stock. Recuperado de:
<https://www.istockphoto.com/es/vector/mapa-pol%C3%ADtico-de-colombia-gm507155527-45372600>

Iagua. (2018). El ozono elimina biofilm y legionela en las tuberías de agua con su acción continua y efervescente. Recuperado de: <https://www.iagua.es/noticias/interozono/ozono-elimina-biofilm-y-legionela-tuberias-agua-accion-continua-y-efervescente>

Lasa. I. (2005). Biofilms bacterianos e infección. COLABORACIÓN ESPECIAL. Trabajo de grado.

Leiva, J. (2005). Biofilms bacterianos e infección. Artículo de investigación.

Oxidine. (2020). ELIMINACIÓN BIOFILM TUBERÍAS AGUA. Recuperado de:
<https://oxidine.net/circuitos/eliminacion-biofilm-tuberias/>

Pipeline infrastructure. (2021). CONTROL DE BIOFILM Y CALIDAD DEL AGUA EN RED DE ABASTECIMIENTO. Recuperado de: <https://www.pipelineinfrastructure.com/limpieza-tuberias-abastecimiento-agua/cupones-control-biofilm-calidad-agua-abastecimiento>

Ministerio de ambiente. (2021). El 50% del agua en Colombia es de mala calidad. Recuperado de:
<https://rds.org.co/es/novedades/el-50-del-agua-en-colombia-es-de-mala->

[calidad#:~:text=Pese%20a%20que%20Colombia%20es,h%C3%ADdricos%20tienen%20problemas%20de%20calidad.](#)

Reyes, P. (2005). Comportamiento de biopelículas luego de lavados sucesivos en tuberías de agua a presión. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932005000200017

Ramos, E. (2012). BIOFILMS EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE: APROXIMACIÓN BASADA EN SISTEMAS MULTI-AGENTE. Convención científica de ingeniería y arquitectura.

Sánchez, M. (2018). Infección de vías respiratorias bajas por *Enterobacter gergoviae*. Anales de Medicina Interna. An. Med. Interna (Madrid) vol.22 no.11 nov.

Salud pública. (2021). LEY 373 DE 1997 (junio 6). Recuperado de: http://www.saludcapital.gov.co/Normo/gsp/ley_373_de_1997.pdf

Téllez, S. (2010). Los Biofilms y su repercusión en la Industria Alimentaria. VISAVET. Recuperado de: <https://www.visavet.es/es/articulos/biofilms-repercusion-industria-alimentaria.php>

Trujillo, M. (2011). MODELACIÓN FÍSICA DE BIOPELICULAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE ALIMENTADAS CON CARBONO ORGANICO DISUELTO. Bogotá: Universidad de los Andes

Vargas, A. (2004). Factores que favorecen el desarrollo y el crecimiento de biopelículas en las tuberías de los sistemas de distribución de agua potable. Tesis de grado. Bogotá: Universidad de los andes.