



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---



## **FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

BANCO DE IMÁGENES 3D DE LA MORFOLOGÍA DE  
BACTERIAS DE LA CAVIDAD ORAL.

### **T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**C I R U J A N A   D E N T I S T A**

P R E S E N T A:

KAREN IVETTE CASTRO LÓPEZ

TUTOR: Mtra. ADRIANA PATRICIA RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ

ASESOR: C.D. RICARDO ORTIZ SÁNCHEZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **Agradecimientos**

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Odontología por todas las herramientas que me han brindado para concluir mi educación profesional.

A mi tutora la Mtra. Adriana Patricia Rodríguez Hernández y asesor el C.D. Ricardo Ortiz Sánchez por su paciencia, tiempo, guía y aportaciones que ayudaron a la realización de este trabajo.

A la Mtra. Isabel Martínez Sanabria por su guía en este proceso.

A cada uno de los profesores del seminario que me dieron clase, por recordarme la importancia de esta área. A la Dr. Lía Hoz en particular por hacer sus clases tan interesantes, divertidas y por transmitirme esa pasión por los microorganismos.

A la Esp. Daniela Carmona por todo el apoyo, confianza y oportunidades que me ha brindado, no podría estar más agradecida.

A todos mis profesores durante la carrera, mi más grande admiración.

## **Dedicatoria**

Dedicó esta tesina a mi familia, a mis padres Javier y Esther por todas las oportunidades y confianza que me han brindado a lo largo de mi vida, por llenarme de amor, sabiduría y guiarme en todo momento. Por todos los momentos en los cuales necesitaba fortaleza y ustedes me la brindaron; por ayudarme a cumplir mis sueños y ser parte de ellos. A mis hermanos Héctor y Lalo por ser partícipes de este proyecto y permitirme ayudarles en los suyos. A Shiro por llegar a mi vida. Son mi orgullo.

A mis abuelos Dionisio, María, Bertha Y Rodolfo, por todo el amor, lecciones dadas y por ser mi ejemplo a seguir.

A mi Tía Vero por ser como una segunda madre para mí, por darnos tanto apoyo siempre en todos los aspectos. También a mi prima Natalie por ser como una hermana para mí, hacerme este proceso divertido, ser partícipe de cada tarea que hago y enseñarme que todo es posible.

A Adriana por su amistad, paciencia, por todos esos momentos tan divertidos, todas esas risas y llantos, por compartir este momento tan importante, por creer en mí y estar ahí cada vez que lo necesitaba.

A mis amigos durante la carrera, por el apoyo y los momentos de felicidad que pasamos juntos. Sobre todo a Ivannova, Su, Kessi y Karencita.

Y a cada uno de mis pacientes por la confianza que depositaron en mí.

## Índice

1. Introducción.	5
1.1. Resumen.	5
1.2. Propósito.	6
1.3. Objetivos.	7
1.4. Materiales y métodos	8
2. Marco teórico.	9
2.1. Generalidades	9
2.1.1. Morfología y ultraestructura bacteriana.	11
2.2. Ecología oral.	17
2.2.1. Biopelículas.	18
2.2.1.1. Placa dentobacteriana subgingival.	20
2.3. Géneros bacterianos representativos de la cavidad oral.	23
2.3.1. <i>Streptococcus</i> .	23
2.3.2. <i>Actinomyces</i> .	24
2.3.3. <i>Neisseria</i> .	25
2.3.4. <i>Prevotella</i> .	26
2.3.5. <i>Treponema</i> .	27
2.3.6. <i>Porphyromonas</i> .	28
2.3.7. <i>Fusobacterium</i> .	29
2.3.8. <i>Campylobacter</i> .	30
2.3.9. <i>Aggregatibacter</i> .	31
2.3.10. <i>Eikenella</i> .	32
2.3.11. <i>Capnocytophaga</i> .	33
3. Conclusiones.	34
4. Figuras	35
5. Tablas	49
6. Referencias bibliográficas.	50

# **1. Introducción.**

## **1.1. Resumen**

La cavidad oral es un hábitat donde viven un conjunto de microorganismos que conforman el microbioma oral humano, el cual es una comunidad ecológica comensal y simbiótica de microorganismos potencialmente patógenos que comparten el medio sin causarle enfermedad al hospedero. Cada bacteria tiene un nicho determinado dentro de la comunidad y establece relaciones de competencia dando lugar a la creación de ambientes hostiles o producción de sustancias antibacterianas limitando el crecimiento y desarrollo de otras especies bacterianas, o bien estableciendo relaciones de coexistencia permitiendo el crecimiento de otras bacterias. Esta comunidad localizada en las superficies dentales se encuentra incrustada en una matriz de polímeros de origen propio y salivar que da origen a una biopelícula estructurada y funcionalmente organizada, que se diferenciará según su ubicación y en relación con el margen gingival, en supragingival y subgingival, llamada placa dentobacteriana organizada en forma de biopelícula.

El presente trabajo, comprende una serie de imágenes en 3D representativas de especies bacterianas de la cavidad oral, así como sus características ultraestructurales, fenotípicas y organización espacial en forma de biopelícula. Algunos diseños son tomados de imágenes de la literatura y plasmados en maquetas de trabajo que fueron fotografiadas en 3D, otras imágenes fueron tomadas de cultivos bacterianos realizados en laboratorios de la Facultad de Odontología.

El propósito final del presente trabajo, fue el de mostrar de una manera más didáctica e interactiva, imágenes que sirvan como apoyo a la docencia en las materias de Microbiología y Ecología Oral.

## 1.2. Propósito

El propósito del presente trabajo es generar Recursos Educativos Abiertos (REA) para el apoyo de la docencia universitaria de la Facultad de Odontología UNAM, para tratar de evitar barreras del aprendizaje y ofrecer oportunidades estructuradas a partir de la experiencia del alumnado estimulando así un pensamiento crítico.

Se pretende, en una materia básica aparentemente compleja para la mayoría de los alumnos y en el que se estudian estructuras que no pueden ser apreciadas a simple vista, una enseñanza más flexible para los estudiantes en el cual, con conocimientos previos sobre el tema, se pueda ofrecer una experiencia en 3D, teniendo acceso a tecnología multimedia y así en medida de lo posible ofrecer una enseñanza de mejor calidad.

### 1.3. Objetivos

#### Objetivo general

Obtener un banco de imágenes de las principales bacterias de la cavidad oral en 3D como herramienta complementaria de aprendizaje, para el apoyo a la docencia, por medio de la cámara Fujifilm FINEPIX REAL 3DW3.

#### Objetivos particulares

- Describir la ultraestructura bacteriana (DNA, envoltura celular) y generar una imagen 3D a partir de esquemas de la literatura.
- Describir las características y etapas de formación de las biopelículas y generar imágenes en 3D a partir de una maqueta.
- Generar imágenes en 3D de la colonización y coagregación bacteriana de la placa dentobacteriana a partir de una maqueta.
- Describir las características fenotípicas de los principales géneros bacterianos de la cavidad oral.

## 1.4 Materiales y métodos

Se realizó una búsqueda basada en el plan de estudios actual del módulo de Ecología Oral, de la Facultad de Odontología, UNAM, de las imágenes con mayor relevancia con relación a los principales géneros bacterianos de implicación oral.

Después de la selección de las imágenes, se elaboraron maquetas. En base a estas, se utilizaron diversos materiales como: foamy moldeable, alambres de colores, figuras de unicel, pompones, cuentas de plástico, silicón, limpiapipas de colores, estambre entre otros, con de fin de elaborarlas con figuras y colores atractivos.

Posteriormente, con el uso de la cámara Fujifilm FINEPIX REAL 3DW3, de 10 megapíxeles, se generaron fotografías en tercera dimensión de las maquetas con un fondo negro. Estas imágenes fueron convertidas al formato rojo-azul para su visualización en papel por medio del uso de lentes 3D.

## 2. Marco teórico

### 2.1. Generalidades

Anthony van Leeuwenhoek fue un científico holandés a quien se le reconoce como el fundador de la microbiología. Utilizó microscopios simples que había realizado en su taller y observó por primera vez bacterias y microorganismos a quienes les llamó "animalculos." En 1683, tomó "masilla" de entre sus propios dientes, describiendo "un poco de materia blanca, que es tan grueso como si fuera un bote". Al observar una muestra de un anciano que no se había lavado los dientes, van Leeuwenhoek encontró una compañía increíblemente grande de animales vivos, nadando ágilmente. Estas observaciones de la microbiota oral fueron una de las primeras observaciones registradas de bacterias vivas.<sup>(1)</sup> En la actualidad se tiene el conocimiento, de que la cavidad oral humana es un ecosistema altamente dinámico que apoya el crecimiento de un enorme número de organismos muy diversos. Podemos encontrar alrededor de un millón de microorganismos por mililitro de saliva y alrededor de 700 especies que colonizan la cavidad oral.<sup>(2)</sup>

Los organismos que están presentes en la saliva, en su mayoría bacterias y hongos, se desprenden de los tejidos blandos y duros de la cavidad oral y la nasofaringe. El uso de técnicas microbiológicas tradicionales, junto con tecnologías sofisticadas y sensibles en biología molecular, nos han ayudado a comenzar a apreciar la diversidad de la microbiota oral.<sup>(3)</sup> Las estimaciones recientes sitúan el número de diferentes especies de bacterias en la cavidad oral en algún lugar cercano a 700. Las investigaciones sobre la genética, la fisiología y la bioquímica de la microbiota oral han demostrado que los colonizadores normales son un componente crítico en la salud oral y han llevado a una comprensión de la importancia de la ecología oral en el desarrollo de enfermedades.<sup>(4)</sup>

El sistema que se utiliza comúnmente para la clasificación de la vida en la Tierra se deriva de la desarrollada por Carl Linnaeus en el siglo XVIII. Este esquema de clasificación, originalmente destinado a la sistemática de plantas y animales, ha sido útil para acomodar nuevas formas de vida a medida que fueron descubiertas a través de los siglos. Hoy en día, la vida en la Tierra se divide en tres dominios principales: *Eukarya*, que son eucariotas, y *Bacteria* y *Archaea*, que son procariotas, las más antiguas y diversas formas de vida en el planeta.<sup>(5)</sup>

Los biólogos estiman que hay alrededor de 5 a 100 millones de especies de organismos que viven en la Tierra hoy en día. La evidencia de los datos morfológicos, bioquímicos y de secuencias genéticas sugiere que todos los organismos de la Tierra están genéticamente relacionados, y las relaciones genealógicas de los seres vivos pueden ser representadas por un vasto árbol evolutivo, el Árbol de la Vida.<sup>(1)</sup>

El árbol de la vida representa entonces la filogenia de los organismos. La historia de los linajes a medida que cambian a través del tiempo. Esto implica que diferentes especies surgen de formas previas a través del descenso y que todos los organismos, desde el microbio más pequeño hasta las plantas y vertebrados más grandes, están conectados por el paso de genes a lo largo de las ramas del árbol filogenético que une toda la vida.

### 2.1.1. Morfología y ultraestructura bacteriana

Dentro de los componentes en la ultraestructura bacteriana (Figura 1) tenemos:

#### **Estructuras citoplasmáticas**

El citoplasma de la célula bacteriana contiene ADN cromosómico, ARN mensajero (ARNm), ribosomas, proteínas y metabolitos.

##### ADN cromosómico

El cromosoma bacteriano se compone de una única molécula circular única de doble cadena que no está contenida en una zona definida conocida como nucleóide. Su tamaño varía de 0.58 a casi 10 millones de bases. Así mismo este cromosoma carece de histonas que mantengan la conformación del ADN y este no forma nucleosomas (figura 2).<sup>(2, 5)</sup>

La ausencia de membrana nuclear simplifica las necesidades y mecanismos de control de la síntesis de proteínas. La falta de esta membrana nuclear conlleva el acoplamiento de los procesos de transcripción y de traducción; en otras palabras, los ribosomas se fijan al ARNm y fabrican proteínas a medida que se están sintetizando el ARNm aún unido al ADN.<sup>(6)</sup>

##### Plásmidos

La célula también puede poseer plásmidos, unas moléculas cromosómicas extracelulares circulares más cortas de ADN. Los plásmidos, aunque por regla general no son esenciales para la supervivencia de la célula, le proporcionan a menudo una ventaja selectiva: muchos de ellos confieren resistencia frente a uno o más antibióticos.<sup>(5, 6)</sup>

##### Ribosoma bacteriano

Consta de dos subunidades de 30S y 50S que forman un ribosoma 70S. Las proteínas y ARN del ribosoma bacteriano son muy distintos de los

observados en los ribosomas de las eucariotas y constituyen un señalado objetivo de los fármacos antibacterianos.<sup>(3, 5)</sup>

### **Membrana citoplasmática**

La membrana celular o membrana citoplasmática posee una estructura lipídica de doble capa, compuesta por fosfolípidos y hasta 200 diferentes tipos de proteínas que van a constituir casi el 70% de la membrana, la cual no contiene esteroides; una excepción a esta regla son los micoplasmas.<sup>(5)</sup>

La membrana citoplasmática lleva a cabo muchas de las funciones atribuibles a los orgánulos de las eucariotas. Entre estas tareas destacan el transporte y la producción de energía que normalmente se realizan en las mitocondrias. Además, la membrana contiene proteínas de transportes que permiten la captación de metabolitos y la liberación de otras sustancias, así como bombas de iones (para mantener un potencial de membrana) y enzimas. La cara interna de la membrana se encuentra tapizada de filamentos proteicos tipo actina los cuales participan en la determinación de la forma de la bacteria y el lugar de formación del tabique en la división celular. Estos filamentos determinan la forma helicoidal de los treponemas.<sup>(2, 4, 5)</sup>

### **Pared celular**

La presencia de una pared celular con fuerza ténsil elevada evita que la célula estalle a consecuencia de la presión osmótica interna que varía de 5 a 20 atm debido a la concentración de solutos por medio del transporte activo, ésta resistencia se debe a que está compuesta por peptidoglucanos o también llamados mucopéptidos o mureína, los cuales determinan la morfología de cada célula bacteriana (Figura 3).<sup>(1,2)</sup>

Los componentes de la pared celular son exclusivos de las bacterias, y su estructura repetitiva se une a receptores de tipo *toll* de las células humanas para desencadenar respuesta inmunes innatas.<sup>(5)</sup>

La mayor parte de las bacterias se clasifican como Gram positivas o Gram negativas con base a su respuesta al procedimiento de tinción de Gram, desarrollado por el histólogo Hans Christian Gram. Las bacterias Gram positivas tienen la capacidad de retener un complejo de cristales de color violeta además de yodo después de un breve lavado con alcohol o acetona, mientras que las bacterias Gram negativas no retienen el complejo de colorante yodo, volviéndose traslúcidas y posteriormente tiñéndose con safranina, dando como resultado un color rojizo-rosado bajo el microscopio (figura 4) y el primer grupo un aspecto violáceo, esto se debe a las diferencias fundamentales en sus envolturas celulares (Tabla 1).<sup>(6)</sup>

### Bacterias Gram positivas

Poseen una pared celular gruesa que consta de varias capas y está formada principalmente por peptidoglucano que rodea la membrana citoplasmática.<sup>(2)</sup>

La célula Gram positiva puede contener otros componentes, como proteínas, ácidos teicoicos y lipoteicoicos, y polisacáridos complejos. La proteína M de los estreptococos y las proteínas R de los estafilococos se asocian al peptidoglucano. Los ácidos teicoicos son unos polímeros hidrosolubles de fosfatos de poli-ol que están unidos al peptidoglucano mediante enlaces covalentes y son fundamentalmente para la viabilidad celular. Los ácidos lipoteicoicos poseen un ácido graso y se encuentran unidos a la membrana citoplasmática. Estas moléculas son antígenos de superficie frecuentes que diferencian los serotipos bacterianos y favorecen la fijación a otras bacterias y a receptores específicos localizados en la superficie de las células de los mamíferos.<sup>(4)</sup>

Los ácidos teicoicos constituyen unos señalados factores de virulencia. Los ácidos lipoteicoicos son expulsados hacia el medio circundante y al medio intercelular del organismo hospedador y, aunque débiles, son capaces de desencadenar respuestas inmunitarias del hospedador semejantes a las de las endotoxinas.<sup>(6)</sup>

## Bacterias Gram negativas

Estructuralmente una pared celular Gram negativa contiene dos capas situadas en el exterior de la membrana citoplásmica, inmediatamente por fuera de ésta, se encuentra una delgada capa de peptidoglucano que representa tan sólo entre un 5% y 10% del peso de la pared celular. Además, la pared celular Gram negativa no contiene ácidos teicoicos ni lipoteicoicos. En la parte externa de la capa de peptidoglucano se halla la membrana externa, la cual es exclusiva de las bacterias Gram negativas. La zona comprendida entre la superficie externa de la membrana citoplásmica y la superficie interna de la membrana externa se conoce como espacio periplásmico. Este espacio es un compartimiento que contiene diversas enzimas hidrolíticas importantes para la degradación y metabolización de las macromoléculas. En el caso de las especies bacterianas Gram negativas patógenas, muchos de los factores de virulencia líticos se encuentran en el espacio periplásmico.<sup>(5)</sup>

La membrana externa mantiene la estructura bacteriana y constituye una barrera impermeable a moléculas de gran tamaño y moléculas hidrófobas, así como protección frente a condiciones ambientales adversas. Posee una configuración asimétrica y es una bicapa lipídica que difiere de cualquier otra membrana biológica por la estructura de su zona externa que esta formada fundamentalmente por lipopolisacáridos (LPS).<sup>(5)</sup>

El LPS también es conocido como endotoxina y constituye un potente estimulador de las respuestas inmunitarias.

Un grupo de proteínas presentes en las membranas externas recibe el nombre de porinas puesto que forman poros que permiten la difusión a través de la membrana de moléculas hidrófilas de menos de 700 Dalton de peso. El canal de la porina permite el paso de metabolitos y antimicrobianos hidrófilos de pequeño tamaño. Igualmente, la membrana externa contiene

proteínas estructurales y moléculas receptoras para los bacteriófagos y otros ligandos y componentes del sistema de transporte y secreción.<sup>(6)</sup>

## **Estructuras externas**

### Cápsula y capa de limo

Algunas bacterias se encuentran rodeadas por unas capas laxas de proteínas o polisacáridos denominadas cápsulas. En los casos en que la adhesión es muy débil y el grosor o la densidad no son uniformes, se habla de capa de limo. Las cápsulas y la capa de limo se conocen también como glucocálix. Aunque la cápsula apenas es visible al microscopio, puede visualizarse por la exclusión de partículas de tinta china.<sup>(5)</sup>

La cápsula es poco antigénica y es antifagocítica; además, constituye un factor de virulencia significativo. Puede actuar también como barrera frente a moléculas hidrófobas tóxicas, así como facilitar la adherencia a otras bacterias o a las superficies de los tejidos del hospedador. En el caso de *Streptococcus mutans*, las cápsulas de dextrano y levano posibilitan su fijación y adhesión al esmalte dental.<sup>(2)</sup>

### Flagelos

Están formados por unas subunidades proteicas enrolladas helicoidalmente (flagelina), se unen a las membranas de las bacterias mediante unas estructuras (gancho y cuerpo basal) y se impulsan por el potencial de membrana. Las especies bacterianas pueden tener uno o varios flagelos en su superficie, los cuales pueden anclarse en diferentes partes de la célula. Proporcionan motilidad a las bacterias y permiten que la célula se dirija hacia los nutrientes y evite las sustancias tóxicas. Los flagelos portan también factores antigénicos y determinantes de la cepa bacteriana y constituyen un ligando para el receptor de tipo *toll* 5 para activar las protecciones innatas del hospedador.<sup>(5, 6)</sup>

### Fimbrias y *pilli* sexual

Las fimbrias (*pilli*) son unas estructuras piliformes que se localizan en la parte externa de las bacterias y están formadas por unas subunidades proteicas (pilina). Se diferencian morfológicamente de los flagelos por su menor diámetro (3-8 nm frente a 15-20 nm) y carecen de una estructura helicoidal. Por regla general, a lo largo de toda la superficie de la célula bacteriana existen varios centenares de fimbrias dispuestas de forma uniforme. Su tamaño puede ser de hasta 15-20  $\mu\text{m}$  o muchas veces el tamaño de la célula.<sup>(5)</sup>

Las fimbrias favorecen la adhesión a otras bacterias o al organismo hospedador (sus nombres alternativos son: adhesinas, lectinas, evasinas y agresinas).<sup>(6)</sup>

Los *pilli* F (*pilli* sexuales) se unen a otras bacterias y configuran una estructura tubuliforme para la transferencia horizontal de grandes segmentos de los cromosomas bacterianos. Estos *pilli* están codificados por un plásmido (F).<sup>(2)</sup>

## 2.2. Ecología oral.

La cavidad oral promueve el crecimiento de diversas comunidades de microorganismos: virus, bacterias, *Archea*, hongos y protozoos; en superficies dentales, surco gingival, lengua, mejillas, paladar duro y blando y amígdalas.<sup>(2)</sup>

Es colonizada por más de 700 taxones bacterianos prevalentes a nivel de especie, con subconjuntos distintos, repartidos en 13 *phylum*: *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Chlamydiae*, *Chloroflexi*, *Euryarchaeota*, *Firmicutes*, *Fusobacteria*, *Proteobacteria*, *Spirochaetes*, *SR1*, *Synergistetes*, *Tenericutes*, y *TM7*. Los taxa orales no identificados son referenciados por números de clones o números de acceso, a menudo sin anclas taxonómicas.<sup>(7)</sup>

La cavidad oral proporciona un ambiente excelente para el desarrollo de la biopelícula compuesta de múltiples especies que forman el microbioma oral y que generalmente existe en armonía con el huésped y otorga beneficios importantes que contribuyen al bienestar general y salud.<sup>(8)</sup>

Dada la proximidad en la viven estos microorganismos, resulta en una amplia gama de interacciones que pueden ser sinérgicas o antagonistas. La composición del microbioma oral está influenciada por el ambiente oral, los cambios en las condiciones locales pueden afectar las interacciones microbianas entre estas comunidades orales y determinan en parte, si la relación entre microbioma oral y el huésped es simbiótica o potencialmente dañina (disbiótica), de este modo incrementa el riesgo a padecer enfermedades como caries o enfermedad periodontal.<sup>(9)</sup>

### 2.2.1. Biopelículas.

Las bacterias pueden estar en la naturaleza en dos estados: bacterias planctónicas, de libre flotación y bacterias sésiles que forman parte de las biopelículas.<sup>(2)</sup>

Una biopelícula es una comunidad microbiana sésil, caracterizada por células irreversiblemente unidas a un sustrato o interfase y entre sí, embebidas en una matriz extracelular de sustancias poliméricas (EPS) y que exhiben un fenotipo alterado con respecto al grado de multiplicación celular y transcripción de genes.<sup>(2)</sup>

Las EPS se componen de varios tipos de polímeros como polisacáridos, proteínas, ácidos nucleicos y lípidos. Estos polímeros forman una red y son producidos por los microorganismos unidos a las superficies sólidas, desempeñando papeles cruciales en sostener la propia biopelícula, encerrando las conservando diversos materiales.<sup>(10)</sup>

El movimiento de los materiales dentro de la biopelícula está limitado por la estructura de la red, lo que resulta en un gradiente de materiales tales como nutrientes y oxígeno. Estos gradientes y sus combinaciones producen ambientes complejos a micro escala dentro de la biopelícula y hacen que esta sea heterogénea.<sup>(11)</sup>

En esta comunidad heterogénea, de estructura compleja, los microorganismos conviven, cooperan, se comunican por sistemas de señales (*quorum sensing*) que dirigen el fenotipo y regulan la expresión de genes que nunca se expresan en formas planctónicas. Las bacterias de la biopelícula son fenotípicamente distintas de las células planctónicas.<sup>(1, 2)</sup>

La hidrodinámica juega un papel importante en el desarrollo de la biopelícula, pues estas organizaciones se desarrollan en una interfase líquido-sólido, donde la velocidad del flujo que lo atraviesa influye en el desprendimiento físico de los microorganismos.<sup>(2)</sup>

La biopelícula en la naturaleza, alberga bacterias que se quedan y se desprenden con el propósito de compartir su material genético a altas tasas y llenar distintos nichos.<sup>(12)</sup>

Su formación se ha considerado como el resultado de los siguientes procesos:

En primer lugar, la bacteria se acerca a la superficie disminuyendo motilidad. Se forma una asociación transitoria con la superficie y/u otros microorganismos previamente unidos a la superficie. Esta asociación transitoria le permite buscar un lugar para establecerse como miembro de una microcolonia. Por último, se forma una biopelícula tridimensional y ocasionalmente, las bacterias asociadas a esta se separan de la matriz (Figura 5).<sup>(12)</sup>

Las tasas aceleradas de conjugación bacteriana en biopelículas sugieren que la evolución por transferencia horizontal de material genético puede ocurrir rápidamente, convirtiendo a la biopelícula en el medio perfecto para la aparición de nuevos patógenos, mediante la adquisición de resistencia a antibióticos, factores de virulencia y capacidades de supervivencia ambiental.

(2, 12)

### 2.2.1.1. Placa dentobacteriana.

La placa dentobacteriana es una biopelícula estructural y funcionalmente organizada, formada en los órganos dentarios, definida como la diversa comunidad microbiana encontrada en las superficies dentarias e incrustada en una matriz de polímeros de origen bacteriano y salivar.<sup>(13)</sup>

Se puede desarrollar por medio de dos procesos: a partir de células planctónicas contenidas en la saliva, o a partir de otras células desprendidas de otra biopelícula conservando las propiedades adquiridas en esta.<sup>(8)</sup>

Las bacterias expresan ciertos genes y comienzan a excretar una matriz de exopolisacárido, la cual actúa como una reserva de nutrientes y une a los organismos entre sí y a las superficies. Esta matriz va a depender de la bacteria de la que se trate, pero también va a estar influenciada por el medio.<sup>(8, 14)</sup> Tienen la capacidad de comunicarse entre ellas, *quorum sensing*, que se refiere a la expresión de genes específicos por la acumulación de señales en el medio ambiente que median la comunicación intercelular.<sup>(8)</sup>

Su estructura puede restringir la penetración de agentes antimicrobianos, mientras las bacterias crecen lentamente en una superficie y muestran un nuevo fenotipo, teniendo como consecuencia una sensibilidad reducida a los inhibidores.<sup>(14)</sup>

La composición de la placa es variable, dependiendo de los sitios en el mismo diente, el mismo sitio en dientes diferentes, y diferentes veces en el mismo sitio del diente.<sup>(14)</sup> En salud permanece relativamente estable en el tiempo (homeostasis microbiana). Las especies predominantes de los sitios enfermos son diferentes de las encontradas en sitios sanos, aunque los patógenos putativos se pueden detectar a menudo en números bajos en sitios normales.<sup>(9)</sup>

La placa dentobacteriana se diferencia según su ubicación y en relación con el margen gingival, en supragingival y subgingival. Al ser diferentes las

superficies a colonizar y el fluido circundante la microbiota que las coloniza es distinta.<sup>(2)</sup>

La zona subgingival presenta dos superficies, la superficie dentaria y el epitelio; el líquido que circunda el área subgingival es fluido crevicular.<sup>(2)</sup>

Debido a los aspectos morfológicos del surco gingival y la bolsa periodontal, crean un área retentiva determinando un medio en el cual los microorganismos que no se adhieren con facilidad a las superficies duras, pero sí se adhieren a otras bacterias y al epitelio del surco, teniendo accesos a los nutrientes presentes en el exudado gingival. La biopelícula supragingival proporciona un ambiente físico que permite el establecimiento de bacterias anaerobias.<sup>(2, 14)</sup>

Los patógenos periodontales no actúan aisladamente, y la interacción entre especies patogénicas y benéficas afectan la progresión de la enfermedad y la respuesta al tratamiento.<sup>(2)</sup>

En un ecosistema en desarrollo como lo es la placa dentobacteriana algunas especies denominadas organismos pioneros colonizan primero. Estas especies son frecuentemente reemplazadas por otras especies después de haber alterado el hábitat, haciéndolo apto para la colonización por otras especies. Hay dos tipos de sucesión microbiana: en la sucesión autogénica, la comunidad en desarrollo es influenciada por factores microbianos alterando su entorno de tal manera que son reemplazadas por especies más adecuadas al hábitat modificado. En la sucesión alogénica, los factores de origen no microbiano son responsables de un patrón alterado de la comunidad, tales factores pueden ser cambios en las propiedades físicas o químicas de la región o cambios en el huésped (Figura 6).<sup>(3, 8)</sup>

Socransky y colaboradores describieron cinco complejos microbianos. La colonización inicial involucra a los miembros de los complejos amarillo y púrpura junto con las especies de *Actinomyces*. Esto lleva a la sucesión

autogénica, luego colonizan los miembros del complejo verde y posteriormente los del naranja pasan a ser dominantes y actúan como puentes entre los colonizadores tempranos y los colonizadores más tardíos constituidos por el complejo rojo. Los colonizadores del complejo naranja y rojo son prevalentes en etapas avanzadas de la enfermedad periodontal (Figura 7).<sup>(2)</sup>

El desarrollo de una biopelícula tal como la placa dental comienza una vez que las superficies dentales se encuentran limpias; las proteínas y glicoproteínas salivales son adsorbidas formando una película de condicionamiento superficial llamada película adquirida. Los microorganismos son generalmente transportados por el flujo salival, pocas especies bacterianas orales presentan movilidad, la unión irreversible de estos microorganismos a las superficies dentales implican interacciones específicas, de corto alcance y estereoquímicas entre el componente en la superficie microbiana de la células (adhesinas) y los receptores complementarios de la película adquirida. Estas interacciones específicas contribuyen a las asociaciones a menudo observadas (tropismos) de ciertos organismos con una superficie particular o hábitat.<sup>(3)</sup>

En algún punto la microflora de la placa llega a ser más diversa gracias a la coagregación y sucesión bacteriana; posteriormente hay un incremento de la tasa de crecimiento de los microorganismos produciendo una biopelícula tridimensional madura la cual exhibe una microflora con máxima diversidad. Finalmente si las condiciones son desfavorables algunas bacterias pueden separarse activamente dentro de la biopelícula para poder colonizar otra parte.<sup>(3)</sup>

## 2.3 Géneros bacterianos representativos de la cavidad oral.

### 2.3.1 *Streptococcus* sp.

Las especies de género *Streptococcus* se compone de células esféricas u ovoides que miden menos de 2µm de diámetro, Gram positivos, catalasa negativos, que normalmente se disponen en parejas o cadenas. La mayoría de las especies son anaerobias facultativas y capnofílicas.<sup>(15)</sup>

Cuando crecen en medios sólidos las células resultan en parejas, racimos o cadenas cortas, en medios líquidos forman cadenas características. Las células no presentan movilidad y no forman endosporas. Algunas especies producen cápsulas de ácido hialurónico o polisacárido. Las fimbrias median la adherencia y la agregación interespecies en varias especies.<sup>(3, 16)</sup>

Sus exigencias nutricionales son complejas, y su aislamiento requiere el uso de medios enriquecidos con sangre o suero. Son capaces de fermentar carbohidratos proceso por el cual producen ácido láctico. Se cultivan bien en triptasa de soja o infusión de corazón-cerebro complementada con 5% de sangre de caballo o de oveja (Figura 8).<sup>(2)</sup>

Para distinguir especies y grupos se utiliza el grupo serológico Lancefield, el cual se basa en la distinción de los polisacáridos de la pared celular. El género *Streptococcus* es especialmente difícil de distinguir de los géneros *Enterococcus* y *Lactococcus*, por lo tanto la identificación del género debe ser complementada por métodos de identificación molecular.<sup>(15)</sup>

Son los microorganismos de mayor interés en la etiopatogenia de caries dental y enfermedades periodontales.<sup>(2)</sup>

### 2.3.2 *Actinomyces* sp.

Las especies del género *Actinomyces* son bacilos rectos o pleomorfos, Gram positivos que miden aproximadamente 0.2-1.0  $\mu\text{m}$  de diámetro, que varían considerablemente en forma y tamaño; algunas células muestran una morfología de ramificación verdadera, mientras que *A. israelii* pueden tener una forma filamentosas; algunas especies como *A. naeslundii* presentan un gran número de fimbrias y otras tienen superficies relativamente lisas. No presentan movilidad.<sup>(17)</sup>

Las ramificaciones con frecuencia se muestran como vástagos cortos, aproximadamente de 0.5 a 5.0  $\mu\text{m}$  de longitud. Estas pueden ser rectas u onduladas y presentan diversos grados de ramificación.<sup>(2)</sup>

Los *Actinomyces* fermentan la glucosa a un patrón característico de productos metabólicos finales, a saber los ácidos succínicos, acéticos y lácticos, y esta propiedad es usada para la identificación de este género (figura 9).<sup>(4)</sup>

La morfología de las colonias, puede variar considerablemente, dependiendo de los medios y las condiciones de incubación empleadas. Sin embargo, la mayoría de las especies son de crecimiento rápido, de modo que sus colonias son macroscópicamente visibles después de 24 o 48 horas. Se observan mejor en medios de agar transparente como agar de infusión de cerebro corazón o incubadas anaeróticamente durante 18 a 48 horas y vistas in situ bajo el microscopio en luz transmitida utilizando la técnica de cultivo de diapositivas.<sup>(16, 17)</sup>

Las especies del género *Actinomyces* forman una porción importante de la microflora de la placa dentobacteriana, particularmente en los sitios proximales y el surco gingival. Han sido asociados a las lesiones cariosas de la superficie de la raíces de los órganos dentarios y se encuentran en mayor cantidad en la gingivitis.<sup>(2)</sup>

### 2.3.3 *Neisseria* sp.

Las especies del género *Neisseria* son bacterias Gram negativas, aerobios normalmente con forma cocoide, su diámetro es entre 0.6 y 1µm, que se disponen en parejas (diplococos) cuyos lados adyacentes se aplanan para adoptar una morfología semejante a la de un grano de café; la especie *Neisseria elongata* es la excepción ya que consiste en bacilos cortos de 0,5 µm de ancho, a menudo dispuestas como diplobacilos o en cadenas cortas.<sup>(18)</sup>

Todas las especies son oxidasa positivas y casi todas sintetizan catalasa. Generan ácido por oxidación de carbohidratos (no por fermentación).<sup>(1)</sup>

Las especies no patógenas de *Neisseria* crecen en agar sangre nutriente incubado a una temperatura de 35°C a 37°C. Algunas especies producen pigmento carotenoide amarillo verdoso y otros son moderadamente α-hemolítico.<sup>(1, 18)</sup>

Las cepas patógenas y no patógenas de *Neisseria* sp. poseen *pili* que se extienden desde la membrana externa. Los *pili* intervienen en diversas funciones, como la unión a las células del hospedador, la transferencia del material genético y la movilidad.<sup>(16)</sup>

Los miembros del género *Neisseria* son habitantes normales de la mucosa y membranas de mamíferos confinadas en gran parte al tracto respiratorio superior de los seres humanos; especies como *Neisseria gonorrhoeae* y *Neisseria meningitidis* son reconocidas como patógenos importantes en humanos.<sup>(2)</sup>

### 2.3.4 *Prevotella* sp.

Las especies del género *Prevotella* son bacilos cortos, no formadores de esporas, carentes de motilidad. Tienen un tamaño aproximado de 1.0 a 8.0 µm. Sus extremos son redondeados y presentan cápsula. Las células contienen cuerpos de inclusión después de varios días de crecimiento en un medio de cultivo.<sup>(19)</sup>

Son células Gram negativas, anaeróbicas y moderadamente sacarolíticas. Los ácidos succínico y acético son los principales productos metabólicos finales en el caldo peptona-extracto de levadura-glucosa, pero pueden producirse niveles más bajos de otros ácidos de cadena corta.<sup>(1)</sup>

Las porfirinas son producidas por especies pigmentadas, mientras que las menaquinonas son las únicas quinonas respiratorias encontradas en todas las especies hasta ahora estudiadas.<sup>(19)</sup>

Crece en un medio carbonatado produciendo lodo y sedimento, con un pH terminal entre 4.6 y 5.7. La mayoría de las cepas requieren un medio definido que contiene glucosa, CO<sub>2</sub>, sales minerales, heme, vitaminas B, ácidos grasos volátiles, metionina o cisteína y amoníaco o péptidos como fuente de nitrógeno. Las colonias de superficie en placas de agar de sangre son de 0.5 a 1 mm de diámetro, circulares con un borde entero, ligeramente convexas, que van de translúcidas a semiopacas, blancas y lisas (Figura 10).<sup>(5, 19)</sup>

Este género incluye algunas especies que presentan pigmentación negra de sus colonias (*Prevotella intermedia*, *Prevotella melaninogenica*, *Prevotella nigrescens* y *Prevotella loescheii*), la producción de estos pigmentos se ve estimulada por medios enriquecidos con sangre lisada.<sup>(2)</sup>

El hábitat primario de este género es el surco gingival. Esta relacionado con la progresión de las enfermedades periodontales y las infecciones sinérgicas de los conductos radiculares infectados y abscesos periapicales.<sup>(2)</sup>

### 2.3.5 *Treponema* sp.

El género *Treponema* se compone de bacterias helicoidales móviles por medio de un sistema de endoflagelos que se ubican en el espacio periplásmico; son Gram negativas y no esporuladas, poseen extremos afilados, puntiagudos, y miden de 5 a 20  $\mu\text{m}$  de largo por 0.5  $\mu\text{m}$  o menos de diámetro. Bajo condiciones ambientales desfavorables, se forman células esféricas.<sup>(2, 20)</sup>

Las células tienen movimiento rotacional en medios líquidos y movimiento de traslación en medios con alta viscosidad.<sup>(2)</sup>

Los miembros pertenecientes a este género no son cultivables; antes se les consideraban anaerobios, pero cuando se demostró que oxidan la glucosa, se les ubicó dentro de los microaerófilos. Se estima que el tiempo de crecimiento es de 30 hrs. Se pueden cultivar en células epiteliales de conejo.<sup>(16, 20)</sup>

Son bacterias muy sensibles a la desecación y al calor. Puede inactivarse con compuestos mercuriales, arsenicales y bismuto. Se observan mejor con microscopía de campo oscuro o contraste de fase.<sup>(2)</sup>

*T. denticola* tiene actividad de proteasa específica de arginina y puede degradar colágeno y gelatina. Algunas espiroquetas orales se pueden unir al epitelio oral por uno de sus polos, facilitar la destrucción de las células y penetrar en los tejidos más profundos. Su número aumenta en la enfermedad periodontal avanzada.<sup>(2)</sup>

### 2.3.6 *Porphyromonas* sp.

El género *Porphyromonas* son cocobacilos Gram negativos, de un tamaño aproximado de 0.3 a 1 por 0.8 a 3.5  $\mu\text{m}$  y carecen de motilidad.<sup>(2)</sup>

La mayoría de las especies son asacarolíticas, el crecimiento no se ve afectado de manera significativa por los hidratos de carbono, sino que se refuerza mediante hidrolizados de proteínas tales como proteasa peptona o extracto de levadura.<sup>(21)</sup>

Los principales productos de fermentación son generalmente el ácido n-butírico y el ácido acético; propiónico, isovalérico, isobutírico y fenilacético.. El indol es producido por la mayoría de las cepas.<sup>(21)</sup>

Generalmente estas bacterias anaerobias estrictas, forman colonias marrón a negro en agar de sangre debido a la producción de protoheme. La temperatura óptima para el crecimiento es 37 °C y un pH ambiental ligeramente alcalino y una humedad del 100% (Figura 11).<sup>(2)</sup>

*Porphyromonas gingivalis* se encuentra casi exclusivamente en los sitios subgingivales, especialmente en las lesiones periodontales avanzadas. En animales experimentales, es altamente virulento. Produce proteasas específicas para los enlaces peptídicos adyacentes a arginina o lisina que degradan proteínas del complemento, inmunoglobulinas y proteínas que sequestran hierro y hemoglobina.<sup>(2, 16)</sup>

También tiene una hemolisina y enzimas de degradación de colágeno. Sus fimbrias median la unión a las células epiteliales orales y a las superficies dentales recubiertas de saliva. *Porphyromonas endodontalis* se ha identificado principalmente en los conductos radiculares infectados.<sup>(2)</sup>

### 2.3.7 *Fusobacterium* sp.

El género *Fusobacterium* son bacilos que tienen forma de huso. Todas las especies no forman esporas y no presentan motilidad. Son ligeramente fermentativos. Utilizan aminoácidos y péptidos para su metabolismo energético. El ácido n-butírico y nitrato son los principales productos metabólicos.<sup>(2, 22)</sup>

Son bacterias pleomorfas Gram negativas y anaeróbicas estrictas. El crecimiento es mejor a una temperatura de 35 a 37°C y a un pH cercano a 7. Todas las especies de este género crecen fácilmente en agar de sangre basado en proteosa-peptona, triptona o tripticasa. Un buen crecimiento se obtiene generalmente en un medio semifluido rico, tal como el medio de cerebro-corazón suplementado con extracto de levadura.<sup>(22)</sup>

Las fusobacterias no son particularmente exigentes con respecto a un potencial bajo de oxidación-reducción. Sin embargo, mueren fácilmente por la exposición al oxígeno, esto es posiblemente debido a su susceptibilidad a los peróxidos.<sup>(5)</sup>

Las colonias superficiales de *F. nucleatum* tienen un diámetro de 1-2 mm después de la incubación durante 2 días. Son de color blanco a amarillo grisáceo, moteado, liso o parecido a pan. Los cultivos de esta especie producen un olor desagradable, pero no fétido.<sup>(16, 22)</sup>

*Fusobacterium nucleatum* subsp. *polymorphum* se encuentra en el surco gingival normal. *F. nucleatum* subsp. *nucleatum* se aísla principalmente de las bolsas periodontales. Se coagregan con la mayoría de las otras bacterias orales, son un importante colonizador puente entre colonizadores tempranos y tardíos durante la formación de la placa. Estas bacterias eliminan el azufre de la cisteína y la metionina para producir sulfuro de hidrógeno y metil mercaptano, que son altamente olorosos y causan halitosis. Están involucradas en la enfermedad periodontal.<sup>(2)</sup>

### 2.3.8 *Campylobacter* sp.

El género *Campylobacter* se compone de bacilos Gram negativos pequeños (0.2 a 0.5  $\mu\text{m}$  de ancho y 0.5 a 5.0  $\mu\text{m}$  de largo) y con forma de coma o S. Tienen una membrana polar multilaminar en ambos extremos de la célula que se encuentra debajo de la membrana citoplásmica.<sup>(5)</sup>

Las células de la mayoría de las especies son motiles con un movimiento característico de sacacorchos por medio de un único flagelo polar en uno o ambos extremos de la célula. Los flagelos pueden ser 2 a 3 veces la longitud de las células. Algunas especies no son móviles (*Campylobacter gracilis*) o tienen múltiples flagelos (*Campylobacter showae*). Ocasionalmente se observan diferencias en el número de flagelos mostrados por células en un solo cultivo.<sup>(23)</sup>

En los cultivos viejos pueden tener aspecto cocoide. La mayoría de las especies son microaerobias y necesitan para el crecimiento aerobio una atmósfera con menor concentración de oxígeno y concentraciones mayores de dióxido de carbono; por tanto, se requieren condiciones de cultivo especiales para el aislamiento de estos microorganismos a partir de muestras clínicas.<sup>(5, 23)</sup>

*Campylobacter rectus* se encuentra a menudo en sitios de enfermedad periodontal, particularmente en pacientes inmunocomprometidos.<sup>(2)</sup>

### 2.3.9 *Aggregatibacter* sp.

El género *Aggregatibacter* se compone de cocobacilos Gram negativos, transparentes, de bordes irregulares. Su tamaño aproximado es de 0,4-0,5 µm x 1,0-1,5 µm, facultativamente anaeróbico y no presenta motilidad.<sup>(1)</sup>

El antígeno inmunodominante de *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* es un polipéptido de O-polisacárido del lipopolisacárido y seis serotipos (a-f) son actualmente reconocidos. La mayoría de las personas albergan un único estereotipo que permanece estable en el huésped a lo largo del tiempo, aunque algunos pacientes han demostrado tener dos o tres serotipos de *A. actinomycetemcomitans*.<sup>(24, 25)</sup>

Se pueden aislar de muestras clínicas de rutina en agar de sangre o agar chocolate suplementado con 5-7% de sangre de caballo desfibrinada si se incuba en atmósferas aerobias con un 5-10% de dióxido de carbono. Las colonias pueden ser visibles después de 24 horas de incubación. Sin embargo, se requiere una incubación 48 a 72 para que aparezcan colonias con un diámetro de 1 a 3 mm. Mediante microscopia, las células pueden parecer cocobacilares, particularmente si las colonias han sido directamente aisladas de un medio sólido. En cultivos mayores a tres días, o en células cultivadas en un medio líquido se observan formas más alargadas.<sup>(25)</sup>

*A. actinomycetemcomitans* es una bacteria periopatógena asociada a periodontitis agresiva localizada. Después de la colonización y la inserción en la cavidad oral, esta bacteria emplea factores de virulencia tales como la toxina distensora citoletal, leucotoxinas y lipopolisacáridos para evadir mecanismos innatos de defensa del huésped y dirigir una respuesta inflamatoria patofisiológica. Esto altera los procesos de remodelación y renovación del tejido periodontal y en última instancia tiene efectos catabólicos sobre la homeostasis del tejido periodontal.<sup>(24)</sup>

### 2.3.10 *Eikenella* sp.

El género *Eikenella* se compone de bacilos con un tamaño aproximado de 0.3 a 0.4 por 1.5 a 0.4  $\mu\text{m}$ , no presenta ramificaciones, sus extremos son redondeados y una morfología regular.<sup>(26)</sup>

Células Gram negativas carentes de flagelos y motilidad; sin embargo, puede ocurrir una "motilidad espasmódica" en las superficies de medios de cultivo en agar. Son anaerobios facultativos y su temperatura óptima de crecimiento es de 35 a 37 °C. Las colonias pueden corroer la superficie del agar, debido a su capacidad para romper el ácido poligalactourónico; pero también pueden presentarse cepas no corrosivas. Se requiere hemina generalmente para el crecimiento bajo condiciones aerobias. Produce un olor característico a lejía.<sup>(16, 26)</sup>

Oxidasa positiva y catalasa negativo. Reduce nitratos a nitritos. No se forma ácido a partir de glucosa u otros carbohidratos.<sup>(26)</sup>

La especie *Eikenella corrodens* es un habitante normal de las vías respiratorias superiores. Es un patógeno oportunista que produce infecciones en pacientes que están inmunodeprimidos o tienen enfermedades o traumatismos de la cavidad oral.<sup>(6)</sup>

Algunas infecciones de donde se aísla son la endocarditis, la sinusitis, la meningitis, los abscesos cerebrales, la neumonía y los abscesos pulmonares.<sup>(6)</sup>

### 2.3.11 *Capnocytophaga* sp.

El género *Capnocytophaga* se compone de bacilos de un tamaño aproximado de 0.42-0.6  $\mu\text{m}$  de diámetro y de 2.5-5.7  $\mu\text{m}$  de longitud. Los extremos de las células suelen ser redondeados a cónicos y algunas llegan a ser pleomórficas.<sup>(27)</sup>

Son células Gram negativas, anaerobias facultativas que carecen de flagelos, pero presentan motilidad sobre medios de cultivo sólidos (translocación superficial). El crecimiento se produce en un medio con 5% de  $\text{CO}_2$ . Donde su temperatura óptima de proliferación es de 35 a 37 °C (Figura 12).<sup>(2, 5)</sup>

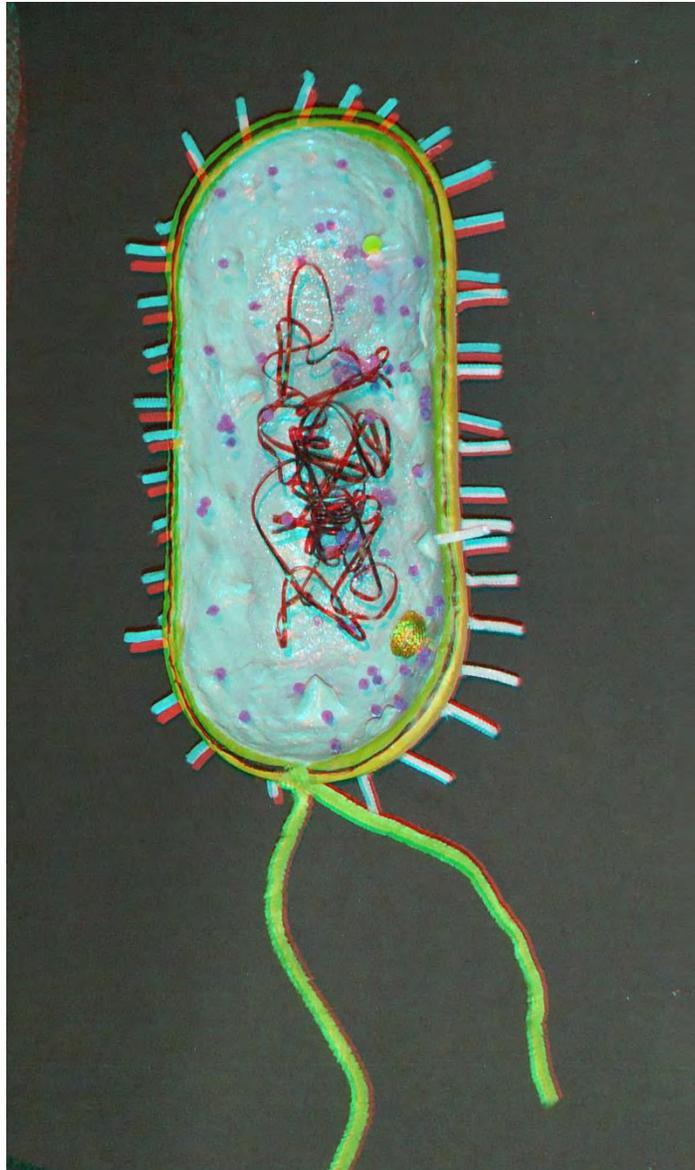
Quimio-organotróficas, presentan un metabolismo fermentativo. Los carbohidratos se utilizan como sustratos fermentables y fuentes de energía. La fermentación de glucosa produce principalmente acetato y succinato como principales productos finales. Pueden fermentar también polisacáridos complejos tales como dextrano, glicógeno, inulina y almidón.<sup>(27)</sup>

Son aisladas de la cavidad oral humana donde se encuentran las bolsas periodontales. Las especies *Capnocytophaga ochracea*, *C. gingivalis* y *C. sputigena* posiblemente tienen papel en la periodontitis crónica y agresiva.<sup>(2)</sup>

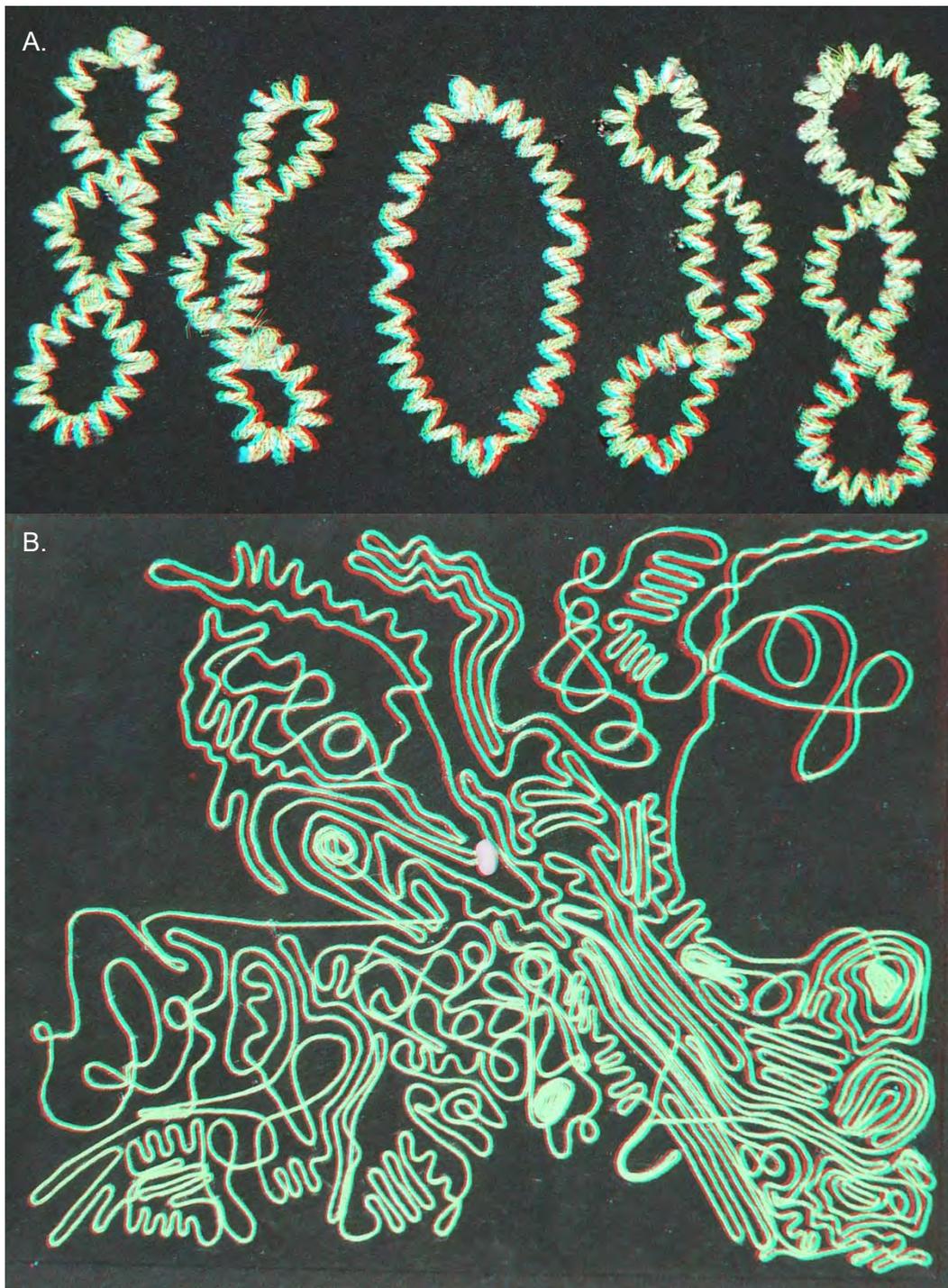
### 3 Conclusiones.

Las dos enfermedades de la cavidad oral de mayor prevalencia a nivel mundial, son la caries y las enfermedades periodontales, las cuales tienen como microorganismos principales a bacterias que son el factor etiológico. Dichos microorganismos se coagregan y forman biopelículas en las estructuras dentales, haciéndose más resistentes a agentes antimicrobianos del huésped y a factores externos. Por lo tanto, es de suma importancia que el estudiante de odontología adquiera conocimientos sobre estos microorganismos y sus diferentes interacciones, nicho, sitios de localización y patologías que puedan desencadenar. Para esto, se debe conocer su ultraestructura, fases de la formación de la biopelícula, principales especies bacterianas presentes en la cavidad oral y su participación en las distintas patologías. Todo esto para hacer un buen diagnóstico de dichas infecciones, y tener presente el agente causal de estos padecimientos, para así ofrecer un tratamiento adecuado antimicrobiano. La generación de imágenes en 3D a partir de maquetas, facilitan la comprensión de estos temas, sirviendo como apoyo a la docencia y promover así una educación de calidad, a partir del uso de la tecnología más reciente con la que cuenta la Facultad de Odontología, UNAM.

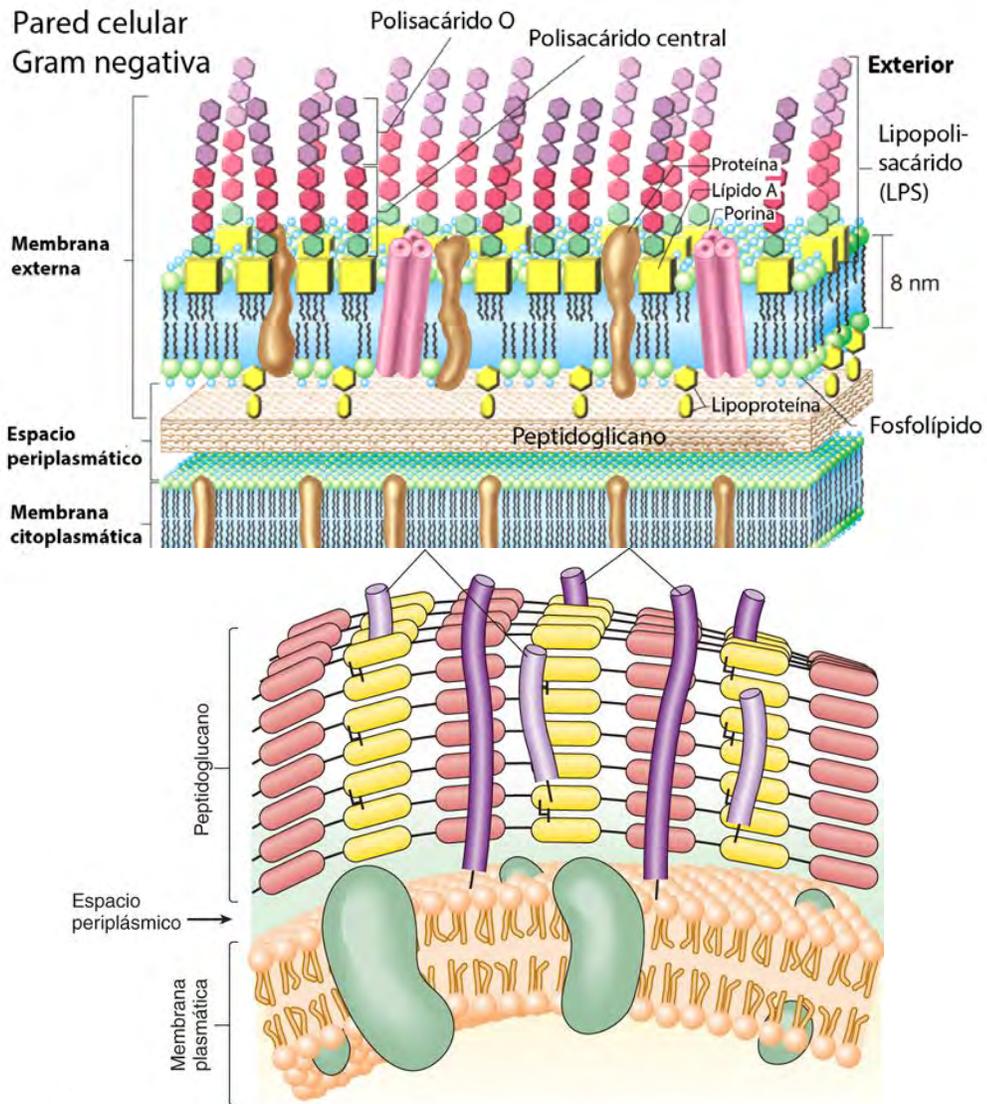
## 4 Figuras



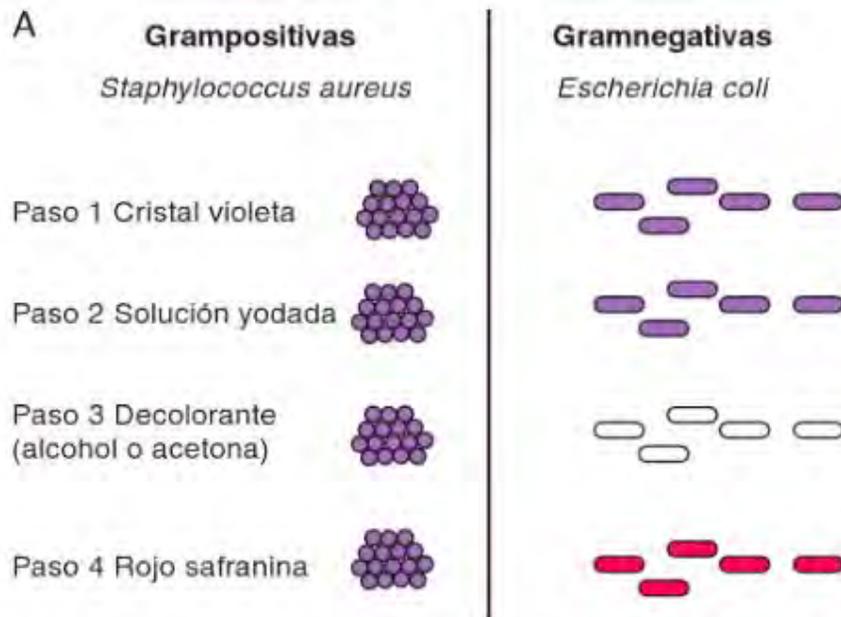
**Figura 1.** Ultraestructura bacteriana 3D. Se observa la pared celular, membrana celular, mesosomas, citoplasma, ribosomas, nucleoide, cápsula, flagelo, pili e inclusiones.



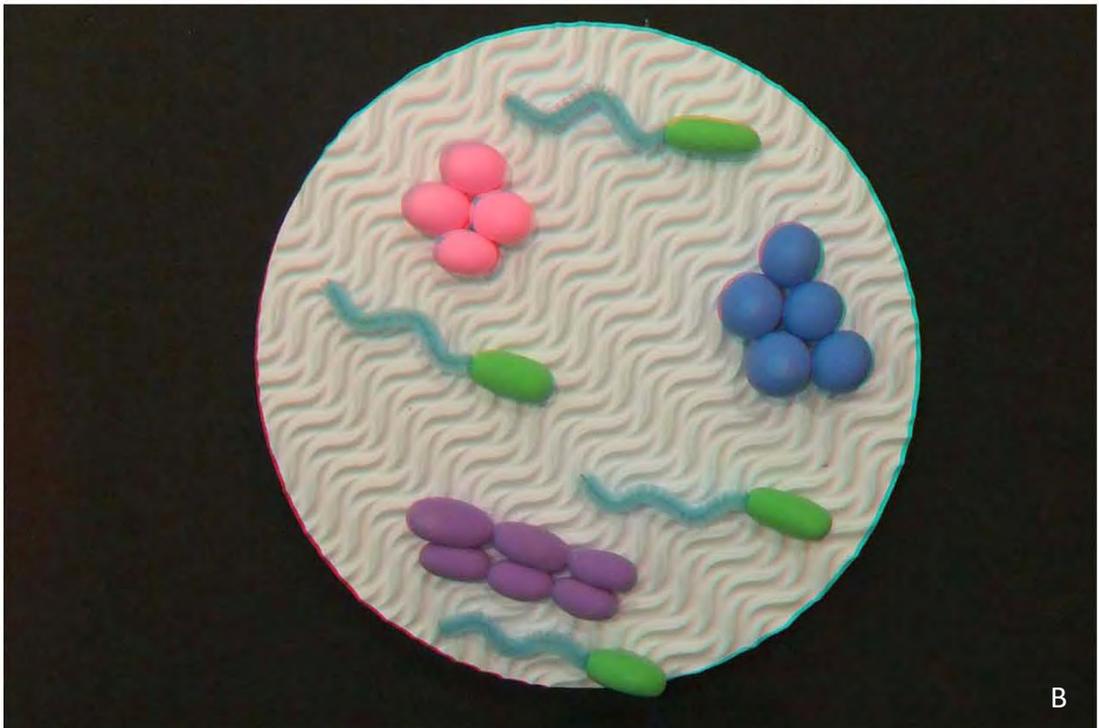
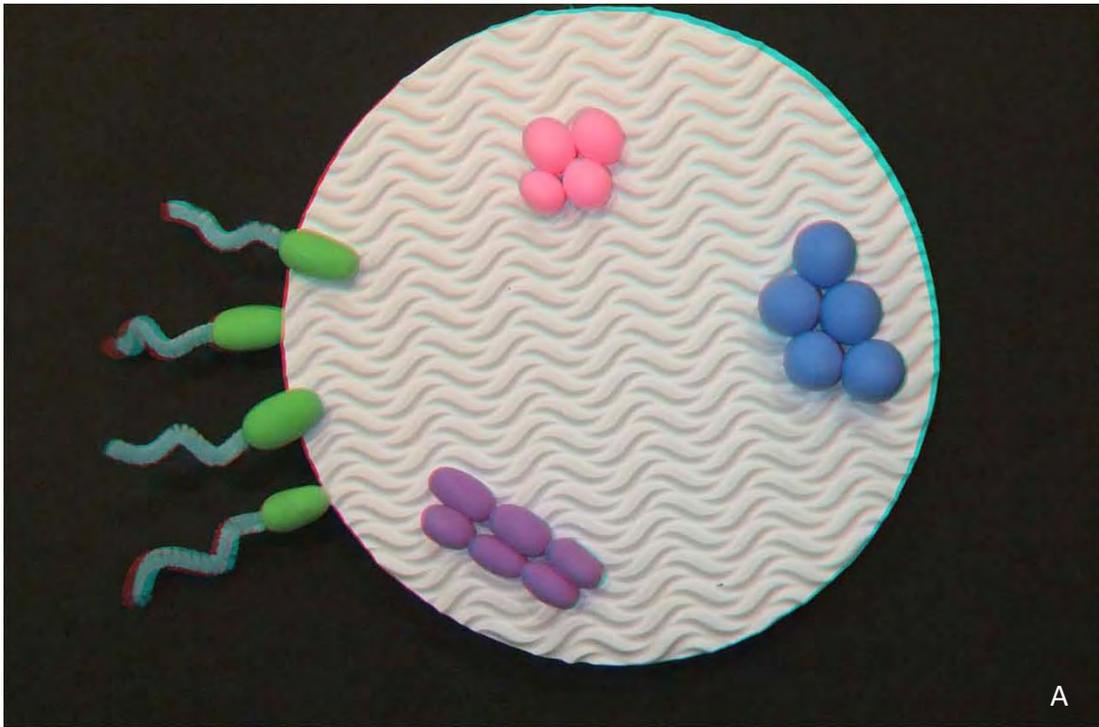
**Figura 2.** A. Estructura del ADN 3D. B. ADN de *Escherichia Coli* desenrollado, relajado y superenrollado.

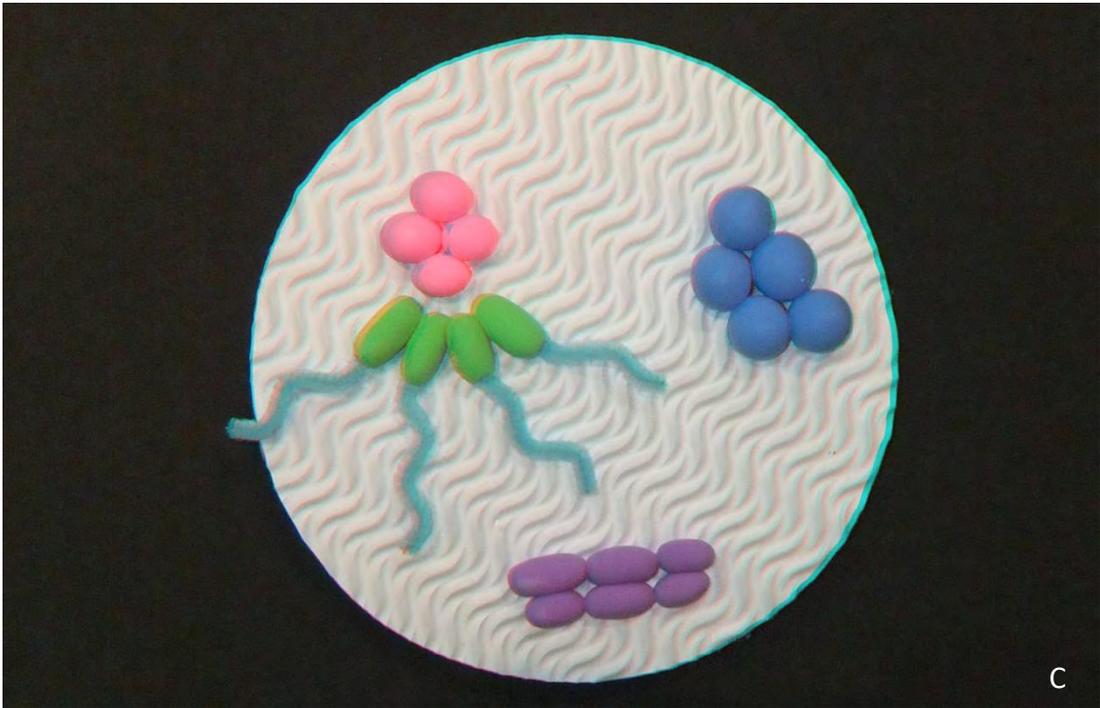


**Figura 3.** Pared celular de bacterias Gram positivas y Gram negativas. Esquema de una pared celular Gram negativa (a) y Gram positiva (b) donde se observa: (a): membrana celular, espacio periplasmático, lipopolisacáridos, peptidoglucano. (b): membrana celular, pared celular, ácidos lipoteicoicos, peptidoglucano, y ácidos teicoicos.<sup>(6)</sup>



**Figura 4.** Tinción Gram positiva y Gram negativa. Esquema de los cuatro pasos para realizar una tinción Gram tras la fijación de la muestra y la coloración final.<sup>(6)</sup>





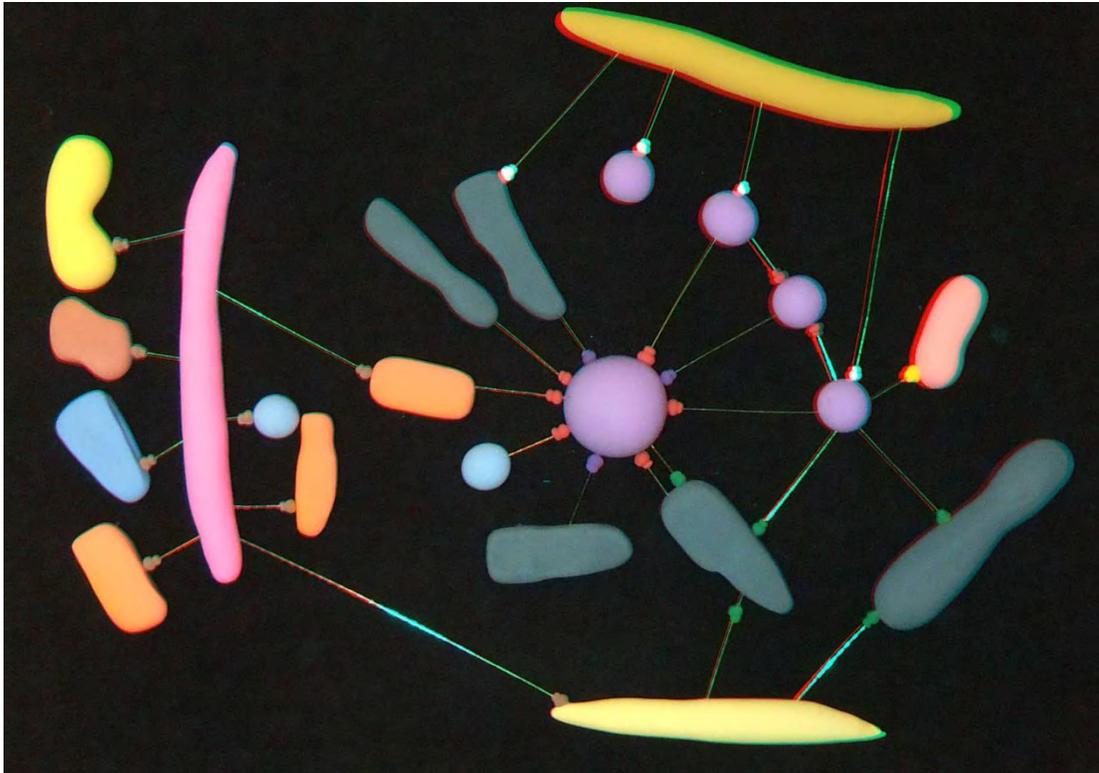
C



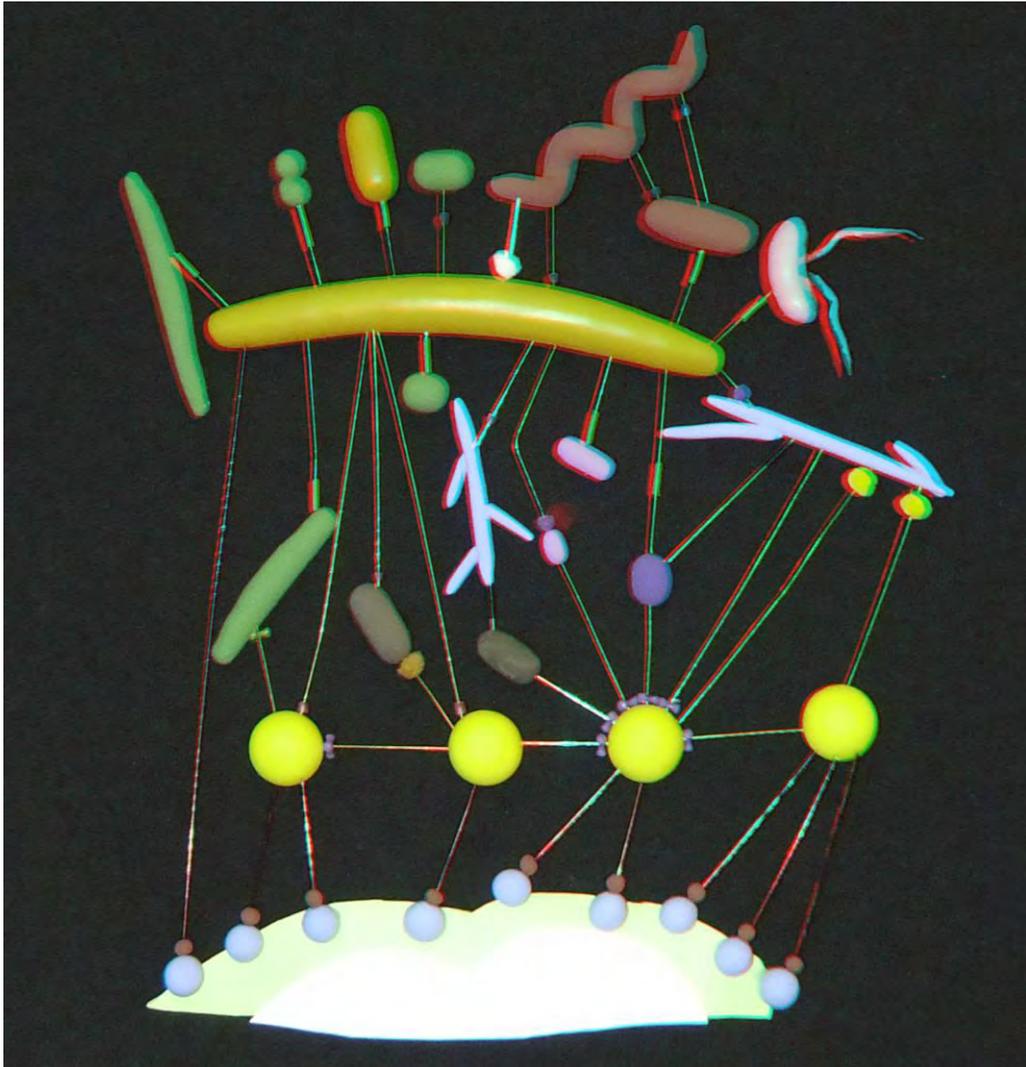
D



**Figura 5.** Etapas en la formación de una biopelícula 3D. Una bacteria en estado planctónico se acerca a una superficie (A y B). Se forma una asociación transitoria con la superficie y/u otros microorganismos (C). Se establece como miembro de una microcolonia (D). Por último, se forma una biopelícula tridimensional y ocasionalmente, las bacterias asociadas a esta se separan de la matriz (E).<sup>(12)</sup>



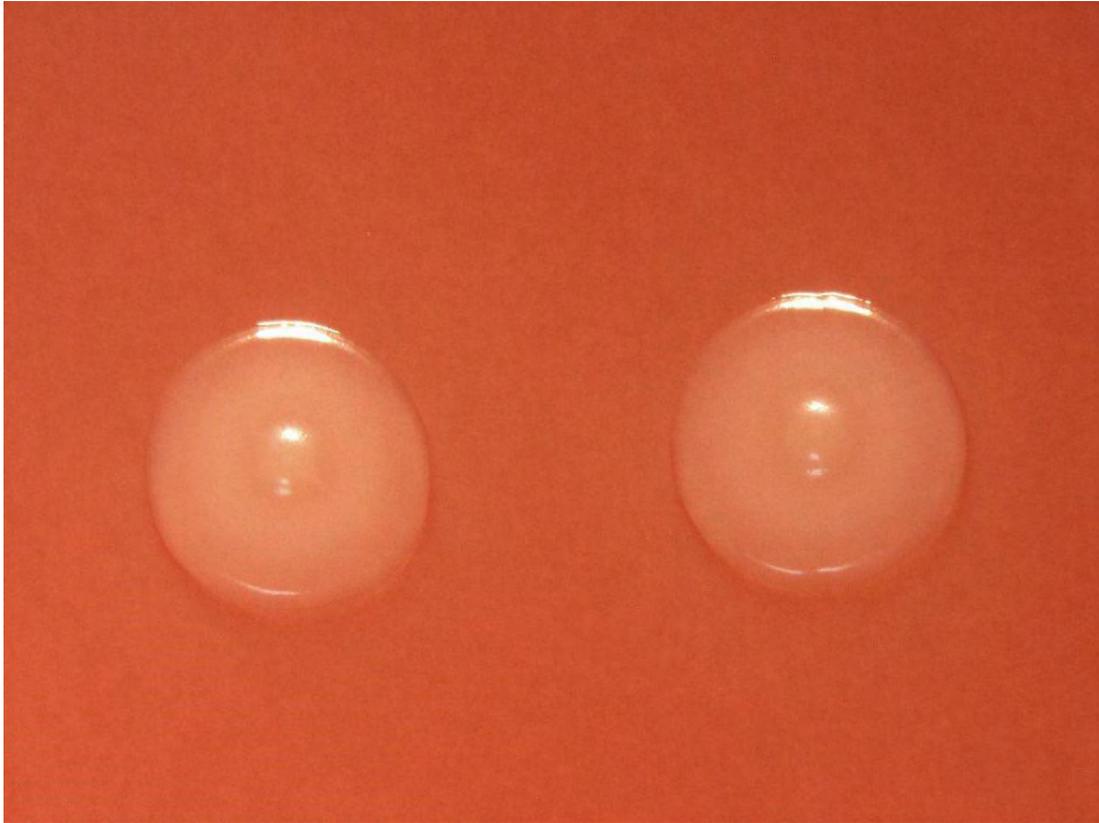
**Figura 6.** Esquema de coagregación bacteriana 3D. Cada una de las formas celulares representa una bacteria asociándose con otra. Cada célula presenta una (adhesina) o un polisacárido (receptor). Algunas células exhiben un polisacárido receptor que es complementario a una adhesina de otra especie bacteriana, y exhiben una adhesina que es complementaria a un polisacárido receptor distinto de una bacteria distinta.<sup>(28)</sup>



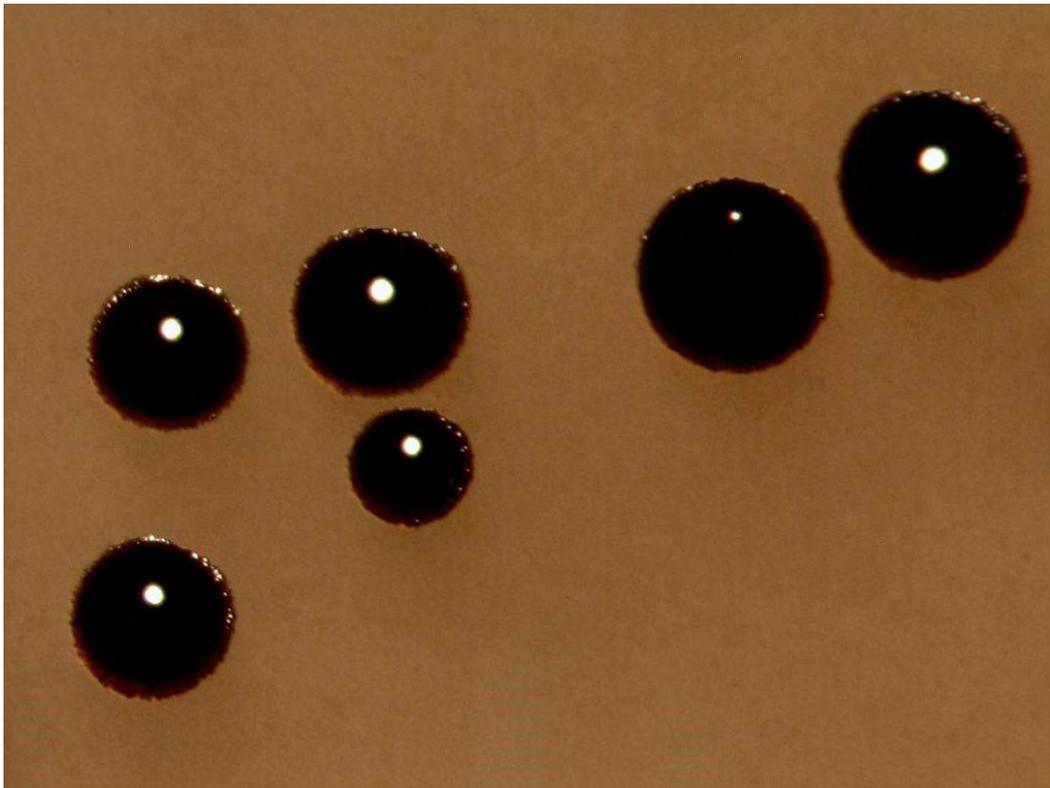
**Figura 7.** Placa dentobacteriana subgingival. Interacciones bacterianas por medio de adhesinas y receptores 3D. Desarrollo de la placa dental por la unión irreversible de los microorganismos a las superficies dentales por interacciones específicas, de corto alcance y estereoquímicas entre el componente en la superficie microbiana de la células (adhesinas) y los receptores complementarios de la película adquirida.<sup>(28)</sup>



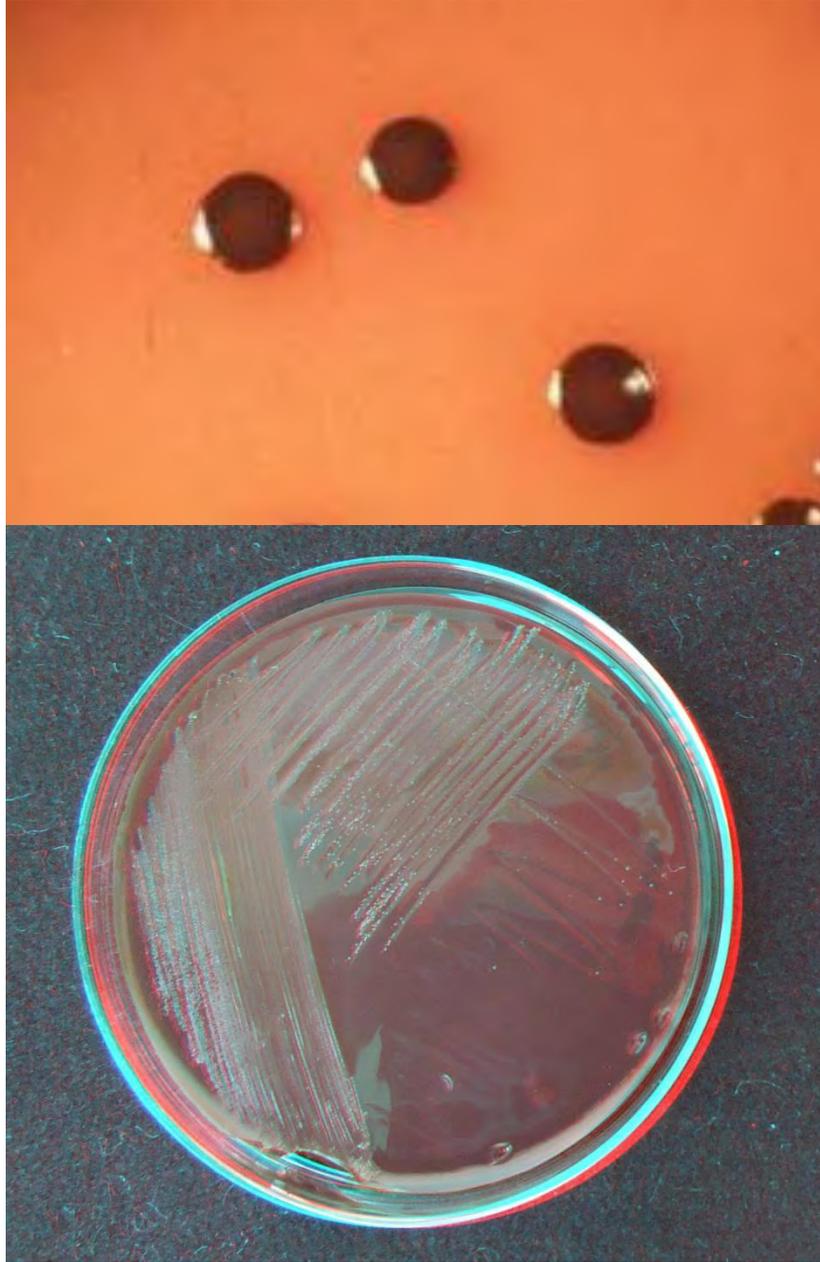
**Figura 8.** *Streptococcus mutans*. Se aprecia la morfología de las colonias de la especie *S. mutans*.



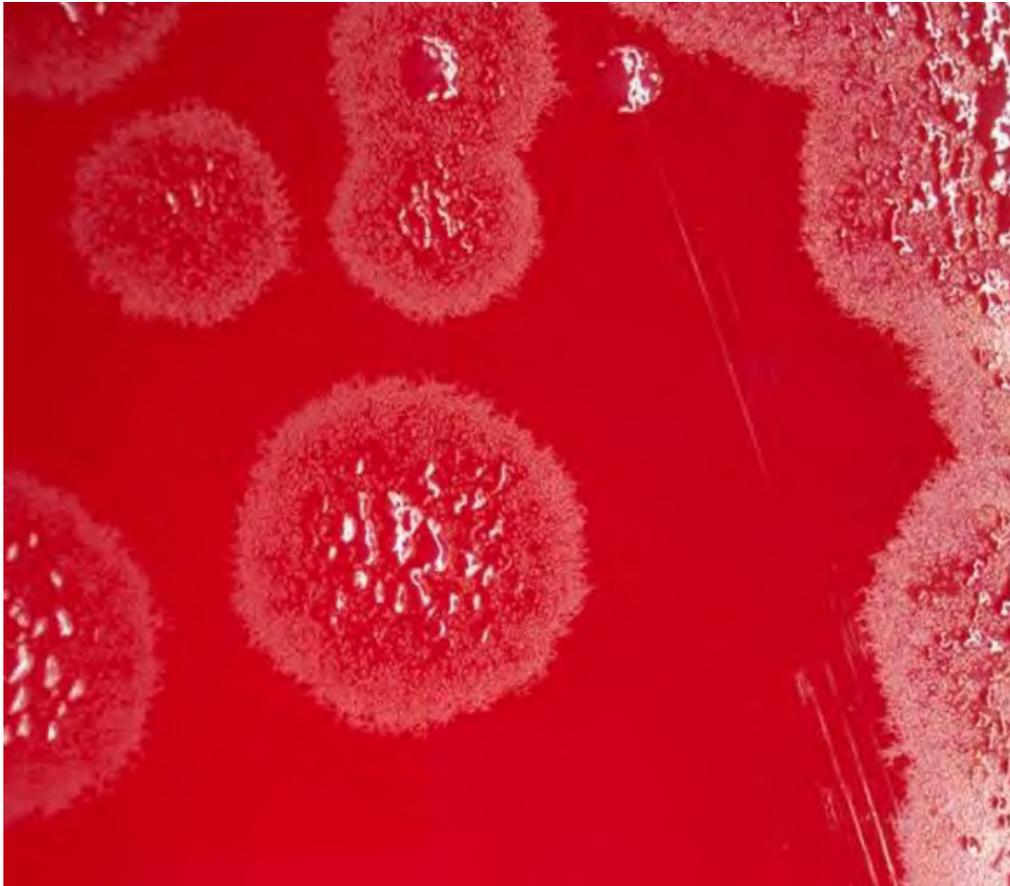
**Figura 9.** *Actinomyces georgiae*. Se aprecia la morfología de las colonias de la especie *A. georgiae*.



**Figura 10.** *Prevotella nigrescens*. Se aprecia la morfología de las colonias de la especie *P. nigrescens*.



**Figura 11.** *Porphyromonas gingivalis*. Se aprecia la morfología de las colonias de la especie *P. gingivalis* y un cultivo en 3D.



**Figura 12.** *Capnocytophaga gingivalis*. Se aprecia la morfología de las colonias de la especie *C. gingivalis*.

## 5 Tablas

**Tabla 1.** Cuadro comparativo de las características de las bacterias Gram positivas y Gram negativas.(6)

	Gram positivas	Gram negativas
<b>Tinción Gram</b>	Violeta	Rojizo-rosado
<b>Componentes y estructuras distintivas</b>		
<b>Peptidoglicano</b>	Capa gruesa	Capa delgada
<b>Ácido teicoico</b>	Presente	Ausente
<b>Membrana externa</b>	Ausente	Presente
<b>Lipopolisacáridos</b>	Ausente	Presente
<b>Proteínas porinas</b>	Ausentes	Presentes
<b>Periplasma</b>	Ausente	Presente
<b>Características generales</b>		
<b>Sensibilidad a penicilina</b>	Generalmente susceptibles	más Por lo general poco susceptibles
<b>Sensibilidad a las lisozimas</b>	Si	No

## 6 Referencias bibliográficas.

1. Lamont R, Hajishengallis, G., Jenkinson, H. . Microbiología e Inmunología Oral. 1st ed. México: Manual Moderno; 2015. 471 p.
2. Negroni M. Microbiología estomatológica : fundamentos y guía práctica. 2nd ed. Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana; 2009. 656 p.
3. Marsh PD, Martin, M.V. Microbiología Oral. 5th ed. Bogotá, Colombia: Amolca; 2011. 222 p.
4. Willey JM. Microbiología de Lansing Prescott, John Harley y Donald Klein. 8th ed. New York: Mc GrawHill Interamericana; 2010. 1124 p.
5. Murray PR, Rosenthal, K. S., Pfaller, M. A. Microbiología Médica. 7th ed. Barcelona, España: Elsevier Saunders; 2014. 872 p.
6. Carroll KC, Morse, S. A., Mietzner, T., Miller, S. Microbiología Médica: Jawetz, Melnick y Adelberg. México: McGraw-Hill Interamericana Editores; 2016. 850 p.
7. Dewhirst FE, Chen T, Izard J, Paster BJ, Tanner AC, Yu WH, et al. The human oral microbiome. J Bacteriol. 2010;192(19):5002-17.
8. Socransky SS, Haffajee AD. Periodontal microbial ecology. Periodontol 2000. 2005;38:135-87.
9. Marsh PD, Zaura E. Dental biofilm: ecological interactions in health and disease. J Clin Periodontol. 2017;44 Suppl 18:S12-S22.
10. Ohshima H, Morisaki, H. Encyclopedia of Biocolloid and Biointerface Science 2V Set. Hoboken, NJ, USA: Wiley; 2016.
11. Manci KA, Kirsner, R.S., Ajdic, D. Wound biofilms: Lessons learned from oral biofilms. Wound Repair and Regeneration. 2012.
12. Watnick P, Kolter, R. Biofilm, City of Microbes. Journal of Bacteriology. 2000;182(10).
13. Listgarten MA. The structure of dental plaque. Periodontol 2000. 1994;5:52-65.

14. Düzgünes N. Medical microbiology and immunology for dentistry. Chicago: Quintessence Publishing; 2016. 290 p.
15. Holzapfel WH, Wood, J. B. B., Toit, M., Huch, M., Cho, G. S., Franz, C. M. P. A. The genus *Streptococcus*. Lactic Acid Bacteria: Biodiversity and Taxonomy. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2014.
16. Slots J, Taubman, M. A. Contemporary Oral Microbiology and Immunology. St. Louis: Mosby Year Book; 1992. 649 p.
17. Schaal KPaY, A. A. . *Actinomyces*. Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria. 2015:1-112.
18. Mietzner TA, Morse, S. A. *Neisseria*. Topley and Wilson's Microbiology and Microbial Infections: John Wiley & Sons, Ltd.; 2010. p. 31.
19. Shah HN, Chattaway, M.A., Rajakurana, L., Gharbia, S. E. *Prevotella*. Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria: John Wiley & Sons, Inc.; 2015. p. 25.
20. Norris JS, Paster, B. J., Smibert, R. M. *Treponema*. Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria: John Wiley & Sons, Inc., in association with Bergey's Manual Trust.; 2015. p. 42.
21. Summanen P, Finegold, S. M. *Porphyromonas*. Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria: John Wiley & Sons, Inc., in association with Bergey's Manual Trust.; 2015. p. 14.
22. Hofstad T, Olsen, I. *Fusobacterium* and *Leptotrichia*. Topley and Wilson's Microbiology and Microbial Infections: John Wiley & Sons, Ltd.; 2010. p. 12.
23. Vandamme P, Dewhirst, F. E., Paster, B. J. and On, S. L. *Campylobacter*. Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria 2015. p. 1-27.
24. Henderson B, Ward JM, Ready D. *Aggregatibacter* (*Actinobacillus*) *actinomycetemcomitans*: a triple A\* periodontopathogen? *Periodontol* 2000. 2010;54(1):78-105.

25. Herbert BA, Novince CM, Kirkwood KL. *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*, a potent immunoregulator of the periodontal host defense system and alveolar bone homeostasis. *Mol Oral Microbiol.* 2016;31(3):207-27.
26. Bottone EJ, Jackson, F. L., Goodman, Y. E. *Eikenella*. *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria*: John Wiley & Sons, Inc., in association with Bergey's Manual Trust.; 2015. p. 11.
27. Holt SC. *Capnocytophaga*. *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria*: John Wiley & Sons, Inc., in association with Bergey's Manual Trust.; 2015. p. 14.
28. Kolenbrander PE, Palmer RJ, Jr., Rickard AH, Jakubovics NS, Chalmers NI, Diaz PI. Bacterial interactions and successions during plaque development. *Periodontol 2000.* 2006;42:47-79.