



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

EFFECTO ANTIBACTERIANO DE *Melaleuca alternifolia*
EN BIOPELÍCULA DENTAL.

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:

ANAHÍ VENCES PRADO

TUTORA: Mtra. ISABEL MARTÍNEZ SANABRIA

ASESORA: C.D. MARÍA LEONOR HERNÁNDEZ
MATEHUALA



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

- Gracias a mis padres
Yolanda y Ramiro por todo el apoyo incondicional que me han brindado, a pesar de la distancia siempre al pendiente de mí. Ha sido difícil estar tan lejos de ustedes, gracias por todos los consejos, la educación que me dieron y los regaños, que sin duda han ayudado, Los amo.
- A mis hermanos: Paco, Romina, Germán y Tere, por ser los mejores compañeros de vida.
- Agradezco a ti Tere por ser como mi segunda mamá, un gran ejemplo a seguir, sin ti nada de esto hubiera sido posible, por motivarme a estudiar en la mejor universidad, te admiro y te amo mucho, sin duda mi Odontóloga favorita.
- A mi cuñado Martin Galindo por su apoyo incondicional.
- A mis sobrinos por darle ese extra de alegría y amor a mis días.
- A mis primas: Shantal, Kathia y Cynthia por ser mis pacientes en la Facultad, por confiar en mí y siempre apoyarme, Las quiero mucho mucho.
- A mi tía Ofelia por sus consejos, por estar al pendiente de mí todo este tiempo.
- A mis amigas: Karen y Laura por por no dejarme rendir durante 4 años, por sus regaños, sus apapachos y sobretodo por esta amistad única e inquebrantable, las amo Klispinastli.
Tania y Aída, por ser las mejores compañeras y amigas que la clínica Periférica me dio, las quiero mucho.
- Con todo el amor y cariño va dedicado también en memoria de Marcos Arturo Sánchez, mi mejor amigo, el compañero más querido por el grupo 1 y sobretodo mi confidente favorito.
How I wish you were here.
- Agradezco a:
Carolina Cervantes por motivarme a seguir en el seminario y todos los conocimientos que me comparte.
Susana Soto por apoyarme y por toda la enseñanza.
- A mi tutora Mtra. Isabel Martínez y a mi Asesora C.D. Leonor Hernández por su ayuda en la realización de este trabajo.
 - A todos los que fueron mis pacientes, gracias por la confianza.
 - Y por último a mi Universidad Nacional Autónoma de México.

Índice	3
Introducción	6
Capítulo 1: Biopelícula dental	
1.1 Antecedentes y definición	7
1.1.1. Antecedentes.....	7
1.1.2. Definición.....	12
1.2 Características estructurales	12
1.3 Composición	13
1.4 Formación de biopelícula.....	16
1.5 Biopelícula subgingival y supragingival.....	20
1.6 Biopelículas en diferentes sitios de cavidad oral.....	21
Capítulo 2: Virulencia y patogenicidad de biopelícula dental	
2.1 Factores del hospedero en la microbiota oral residente.....	22
2.1.1 Temperatura y potencial redox	22
2.1.2 pH.....	23
2.1.3 Genética, salud y estilo de vida.....	23
2.1.4 Nutrientes.....	23
2.1.5 Mecanismos de defensa inmunológica.....	24
2.1.6 Interacciones microbianas.....	24
2.2 Gingivitis y enfermedad periodontal.....	24
2.3 Factores predisponentes.....	25
2.4 Periimplantitis	28

2.5 Caries dental.....	29
2.6 Biopelículas en dispositivos orales y craneofaciales.....	29
2.8 Biopelículas en dispositivos biomédicos.....	29

Capítulo 3: Control de biopelícula oral

3.1 Control mecánico.....	31
3.2 Agentes químicos.....	31
3.2.1 Clorhexidina.....	32
3.2.2 Triclosán	32
3.2.3 Aceites esenciales.....	33
3.2.4 Delmopinol.....	33
3.2.5 Fluoruro de amina y fluoruro de estaño.....	34
3.2.6 Cloruro de cetilpiridinio.....	34
3.3 Fitoquímicos derivados.....	34
3.4. Probióticos	35
3.5 Péptidos antimicrobianos.....	36

Capítulo 4: *Melaleuca alternifolia*

4.1 Definición de Aceite esencial	37
4.2 Características	37
4.3 Composición.....	38
4.4 Extracción del aceite esencial.....	41
4.4 Usos terapéuticos	43

Capítulo 5: Aplicaciones de *Melaleuca alternifolia* como antibacteriano oral.

5.1 Características ideales de un agente antibacteriano.....	45
5.2 Efecto de <i>Melaleuca alternifolia</i> en cavidad oral.....	49
5.3 Efecto de <i>Melaleuca alternifolia</i> en biopelícula dental.....	50
5.4 Productos dentales con <i>Melaleuca alternifolia</i>	53
Conclusiones	55
Referencias	55
Anexos	59

Introducción

Las biopelículas son estructuras complejas que se adhieren a superficies naturales y artificiales, en un medio ideal acouso para tener los nutrientes necesarios y mantener la microbiota funcionando por medio de microcolonias bacterianas encapsuladas que se encuentran entre canales de agua, presenciando interacciones en la microbiota residente.

La biopelícula dental es compleja ya que presenta una gran microbioma oral humano que va más allá de de 700 especies bacterianas capaces de colonizarla; se adhiere a las superficies dentales, brindando una protección contra antimicrobianos y produciendo posteriormente una colonización bacteriana y afectaciones a los tejidos adyacentes.

Para evitarlo es necesario un estricto control de biopelícula dental, el cual se lleva a acabo con el uso de auxiliares de higiene oral y visitas periódicas con el profesional del área odontológica.

Actualmente se buscan nuevos auxiliares de higiene oral, sobretodo de origen natural para el control de la biopelícula oral debido a la resistencia bacteriana que se ha presentado en los últimos años. Los aceites esenciales han demostrado una eficacia en el control de biopelícula dental como es el caso de *Melaleuca alternifolia* que es un aceite esencial derivado del árbol del té, el cual ha demostrado funciones antisépticas, antimicrobianas y antifúngicas, que son de gran importancia odontológica, siendo una buena alternativa comparándolo con los auxiliares ya existentes que presentan efectos adversos en su uso.

Capítulo 1 Biopelícula dental

1.1 Antecedentes y definición

1.1.1 Antecedentes

En la década de 1970 y principios de la década de 1980 gracias al desarrollo de herramientas que permiten el estudio de microorganismos, equiparon a los investigadores para identificar diversas especies bacterianas y su asociación con las condiciones clínicas.^{1,2}

En el siguiente cuadro de manera cronológica se describen los acontecimientos más importantes relacionados a biopelícula dental.

Autor	Año	Aportación
Listgarten	1976	En un estudio microscópico de la placa dentobacteriana asociada con la salud y enfermedad periodontal mostró diferencias en la estructura y composición entre la biopelícula supra y subgingival, así como en los diversos grados de enfermedad periodontal. ¹
Loesche	1979	Propone la Hipótesis de la placa específica e inespecífica. ¹
Tanner	1979	En un estudio de bacterias asociadas a periodontitis, se introdujo especies ahora reconocidas como <i>Aa</i> , <i>P.gingivalis</i> , <i>Prevotella intermedia</i> , <i>Campylobacter rectus</i> , <i>Campylobacter gracilis</i> y <i>Tannerella forsythia</i> . ¹

Theilade	1986	Propone la hipótesis de la placa no específica actualizada. ¹
Costerton	1987	Da a conocer el concepto de biopelícula, en la cual los microorganismos se encuentran predominantes en estado sésil en las superficies, insertados en un glucocálix extracelular, en lugar del estado planctónico libre. Las células que crecen dentro de la estructura de la biopelícula son fenotípicamente distintas de las células planctónicas y se comunican entre sí mediante señalización química. ¹
Mombelli	1987	Menciona las similitudes de la microbiota asociada en la periodontitis y el fracaso de implantes . ¹
Kolenbrander	1993	Señala que La coagregación de bacterias orales en biopelículas dentales es específica. ¹
Marsh	1994	Propone la hipótesis de la placa ecológica donde reconoce e integra elementos claves tanto de la hipótesis de la placa específica como de la inespecífica, pues afirma que la caries dental y enfermedad periodontal son resultado de la pérdida del balance de los microorganismos residentes de la biopelícula debido a fenómenos de “estrés” en el ecosistema oral, lo que resulta en el enriquecimiento de solo algunos patógenos orales o microorganismos relacionados a la

		enfermedad. ²
Moore- Moore	1994	Presentó las principales especies bacterianas aisladas de la biopelícula subgingival de diversas afecciones clínicas periodontales. Aproximadamente 500 especies se identificaron. ¹
Van Houte	1996	Menciona que especies acidogénicas y ácido tolerantes como <i>Bifidobacterium spp.</i> , <i>Actinomyces spp.</i> , y <i>Streptococcus mutans</i> son predominantes en caries radicular. ¹
Socransky- Haffajee	1998	Y otros colegas del <i>Forsyth Dental Center</i> (hoy <i>Forsyth Insitute</i>) publican un artículo donde utilizando una técnica molecular llamada “checkboard” para hibridaciones de ADN-ADN (desarrollada por él mismo Socransky) y analizando más de de 13000 muestras de biopelícula subgingival, determinan que existen asociaciones específicas entre las bacterias presentes en las biopelícula dentales, las cuales denominaron “complejos bacterianos principales de la biopelícula subgingival” o también conocidos como los “complejos de Socransky”. ²
Paster	2001	La gran diversidad de especies de la microbiota oral se determina mediante la secuenciación y clonación del ARNr 16S. ¹

Haubek	2008	Menciona que el transporte del clon JP2 de <i>Aa.</i> se asocia con un alto riesgo de pérdida de inserción periodontal en niños y adolescentes. ¹
Takahasi	2008	Proponen la hipótesis de la biopelícula extendida, la cual es una modificación a la de Marsh; en esta indican que a partir de la actividad metabólica bacteriana se regulan las adaptaciones y selección en los ecosistemas orales bacterianos , y que es su perturbación lo que conduce o participa en la etiología de procesos patológicos o alteraciones, además de caries dental y enfermedad periodontal, entre otros como halitosis y cáncer oral. Asimismo, a finales del 2016, proponen cambios a su hipótesis para explicar la caries radicular y dentinaria, rescatando e integrando elementos de la teoría proteolítica de Gottlieb. 2
Zaura	2009	Utilizó la metodología de secuenciación de la próxima generación para definir la diversidad de microbiomas de varios nichos intraorales. ¹
Dewhirst	2010	Con la base de datos del microbioma oral humano organiza a especie / taxón que se encuentran en la cavidad oral y la nasofaringe. ¹
Tanner	2011	En el cultivo anaeróbico de caries severa en infantes identificó a <i>S. mutans</i> y <i>Scardovia wiggsiae</i> como las principales especies asociadas a la caries. ¹

Belda-Ferre	2012	En el análisis metagenómico y funcional de la biopelícula supragingival de las lesiones cariosas mostró una comunidad microbiana compleja. ¹
Hajishengallis	2012	Propone la hipótesis del “patógeno piedra angular” en la cual los patógenos microbianos de baja abundancia pueden orquestar una enfermedad inflamatoria al cambiar una microbiota benigna a una disbiosis. ¹
Frías López y Duran Pinedo	2012	Han demostrado que con el análisis metatranscriptómico los patógenos periodontales influyen drásticamente en los perfiles de expresión génica de biopelícula asociado a la salud. ¹
Lamont-Hajishengallis	2015	Sintetizó el modelo de sinergia polimicrobiana y disbiosis de la patogenia para enfermedades periodontales. ¹
Eriksson	2018	Asoció a <i>S. mutans</i> y <i>S. wiggsiae</i> con caries más agresivas en adolescentes suecos. Los niveles bajos o indetectables de <i>S. mutans</i> se asociaron con un panel más grande de especies sacarolíticas en sujetos con niveles más bajos de caries. ¹

Tabla 1. Investigaciones acerca de biopelícula dental asociada a caries dental, enfermedad periodontal e infecciones periimplantarias.

1.1.2 Definición

La biopelícula es una estructura heterogénea que contiene microcolonias de bacterias encapsuladas en una matriz de sustancia polimérica extracelular que representa el modo dominante de existencia bacteriana en ambientes naturales como la cavidad oral y en ambientes no naturales como las superficies de tuberías por ejemplo.

La biopelícula dental es una masa bacteriana densa (anteriormente placa dentobacteriana) que se adhiere con fuerza a la superficie de los dientes. El reconocimiento de microbiota oral como comunidades adheridas a una superficie es fundamental para comprender la ecología microbiana oral y el desarrollo de la enfermedad bucal ya que las biopelículas son un sitio ideal para que ocurra el intercambio de información genética entre células bacterianas.

Es importante señalar que la superficie dental provee un sustrato estable para la colonización bacteriana en la cavidad bucal; por ello se requieren sustancias que puedan ayudarnos a evitar dicha colonización bacteriana, evitando así afectaciones en tejidos como esmalte dental y periodontal.^{2,3}

1.2 Características estructurales

La unidad estructural básica de las biopelículas son las microcolonias las cuales están separadas unas de otras por espacios intersticiales o canales de agua, los cuales transportan nutrientes y desechos como se muestra en la figura 1. Las microcolonias están compuestas por agrupaciones de bacterias adheridas a una superficie. La biopelícula siempre está en un medio acuoso gracias a la matriz de sustancia polimérica extracelular que las envuelve.²

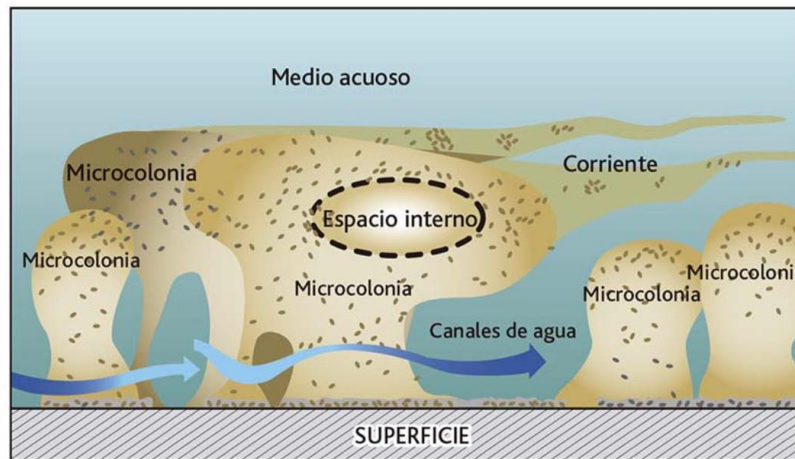


Figura 1. Estructura de una biopelícula

Como ya se mencionó, las microcolonias de bacterias se encuentran encapsuladas en una matriz de sustancia polimérica, la cual puede variar en sus propiedades químicas y físicas, principalmente compuesta por polisacáridos, la proximidad de las células en la microcolonia hace un ambiente ideal para el intercambio de información bacteriana y un mecanismo de comunicación bacteriana llamado autoinducción o “*Quorum sensing*” en el que se involucra la producción y detección de moléculas de señalización que se difunden entre la biopelícula; los sistemas de inducción pueden dar a la biopelícula el potencial de influir en la estructura de la comunidad, facilitando el crecimiento de especies benéficas y reduciendo la presencia de especies que compiten por el espacio de otras, también puede permitir a las bacterias adaptarse a las condiciones de un medio ambiente modificado por alta densidad de la población bacteriana.²

1.3 Composición

Las investigaciones histomorfológicas, microscopía electrónica, cultivo y biología molecular de la biopelícula dental han aportado importante información sobre la composición microbiológica de la biopelícula en la salud y en diversos estados patológicos. Ahora se estima que más de 700 especies tienen el potencial de habitar la cavidad oral humana.³

Una biopelícula es un ensamblaje constituido por microorganismos microbiológicos que están envueltos en una matriz compuesta de polisacáridos principalmente, los cuales dan protección de la depredación de otros microorganismos, de la perturbación física y presencia de sustancias tóxicas como los antibióticos. Gracias a la técnica “checkboard” desarrollada por Socransky en 1998, la cual permite la identificación simultánea de múltiples especies bacterianas en un gran número de muestras con mezclas complejas de microorganismos, se han analizado más de 13000 muestras de biopelícula subgingival pudiendo determinar que existen asociaciones específicas entre las bacterias presentes las cuales denominó complejos bacterianos. ²

Socransky representó 5 complejos bacterianos a los cuales les asignó un color:

- Complejo amarillo: lo forman especies del género *Streptococcus* como *Streptococcus sanguis*, *Streptococcus mitis*, *Streptococcus oralis*, *Streptococcus gordonii* y *Streptococcus intermedius*.
- Complejo verde: se encuentran presentes especies como *Capnocytophaga gingivalis*, *Capnocytophaga ochracea*, *Capnocytophaga sputigena*, *Campylobacter concisus*, *Eikenella corrodens* y *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* serotipo a.
- Complejo morado: formado por especies como *Veillonella parvula* y *Actinomyces odontolyticus*.
- Complejo naranja: comprende colonizadores llamados puente o secundarios como *Fusobacterium sp.* Y subespecies, *Parvimonas micra*, *Prevotella nigrescens*, *Prevotella intermedia*, *Campylobacter rectus*, *Campylobacter gracilis*, *Campylobacter showae*, *Eubacterium nodatum* y *Streptococcus constellatus*.
- Complejo rojo: comprende a los periodontopatógenos como *Tannerella forsythia*, *Porphyromonas gingivalis* y *Treponema denticola*.

Existen otras especies no agrupadas como *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* serotipo *b*, *Selenomonas noxia* y *Actinomyces viscosus* que no fueron asociadas a ninguno de los complejos antes mencionados.

Las bacterias de estos complejos se encuentran fuertemente asociadas como podemos observar en la figura 2 y 3.

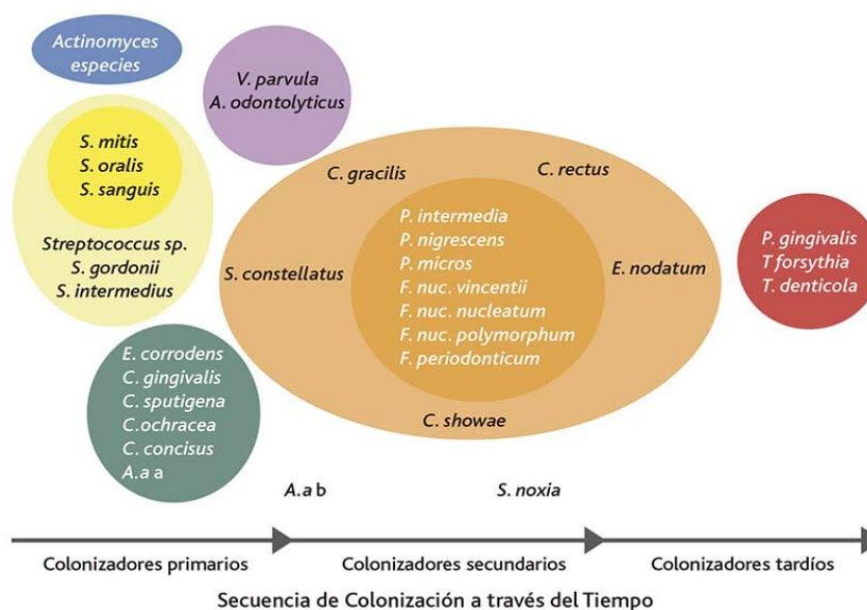


Figura 2. Diagrama de los complejos bacterianos de la biopelícula subgingival

La fijación bacteriana a los dientes es mediada por receptores en la delgada cubierta salival, llamada película adquirida; las matrices de esta y de la biopelícula dental están formadas por productos derivados del huésped y de las bacterias, siendo muy adhesiva y debe distinguirse de la llamada materia alba, una sustancia blanca blanda, laxamente adherida, formada por restos de alimentos, bacterias, leucocitos y células descamadas del epitelio que se acumulan en las superficies de la boca y que se elimina con facilidad con un chorro de agua.

Se piensa que la maduración de la biopelícula dental en la etapa de desarrollo a la adhesión bacteriana inicial depende en gran medida de la adsorción de bacterias presentes en la saliva a bacterias ya adheridas al diente.

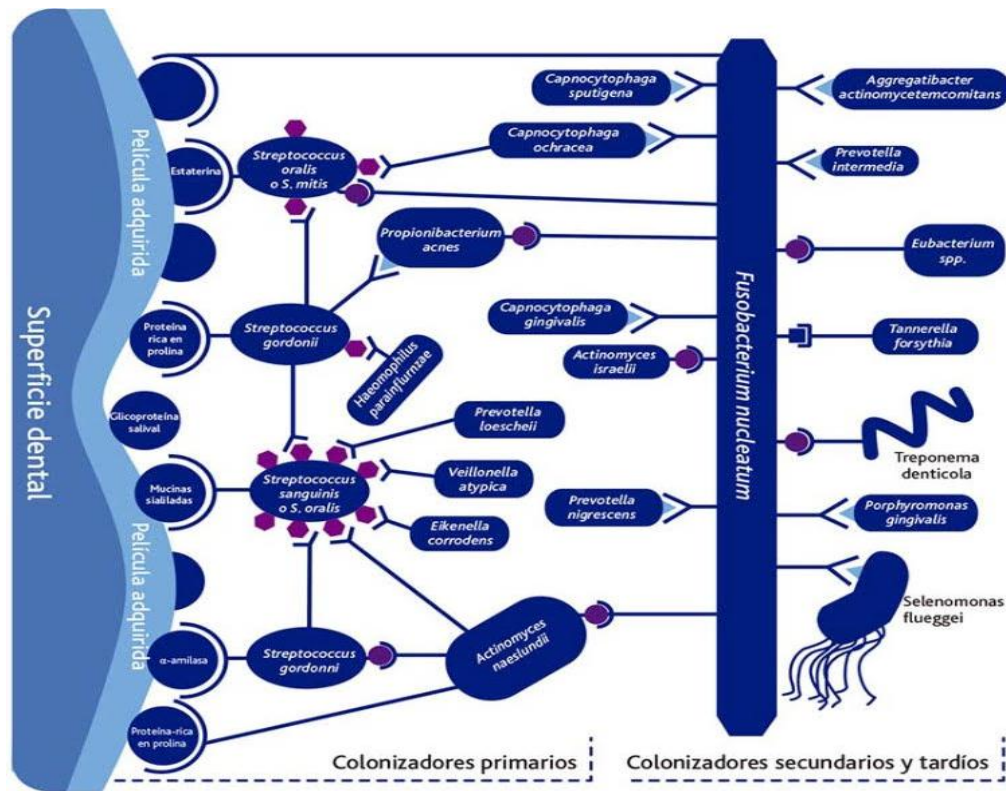


Figura 3. Diagrama de la composición de la biopelícula

La maduración de la biopelícula también depende del crecimiento y multiplicación bacterianos. Las bacterias de la biopelícula obtienen nutrientes del metabolismo de productos del hospedero (proteínas salivales) o constituyentes nutricionales (como azúcar o aminoácidos) para crecer y dividirse hasta formar microcolonias en la superficie dental.^{2,3}

1.4 Formación de la biopelícula

Las biopelículas dentales se forman por medio de una secuencia ordenada de microorganismos que establecen una biopelícula microbiana de muchas especies con estructura y funciones organizadas; comienza con la adhesión de microorganismos en estado plantónico a la superficie,

la cual puede ser reversible y está controlada por diversas variables físico-químicas que determinan la interacción entre la superficie de las bacterias y la superficie acondicionada.²

Fase I Adhesión

Comprende dos eventos:

1. Las interacciones físico-químicas que incluyen las fuerzas de van der Waals y las fuerzas eléctricas de doble capa.
2. Las interacciones moleculares y celulares, implicando adhesión de microorganismos mediante adhesinas bacterianas, las cuales son polisacáridos y proteínas localizadas en la superficie de la célula bacteriana.

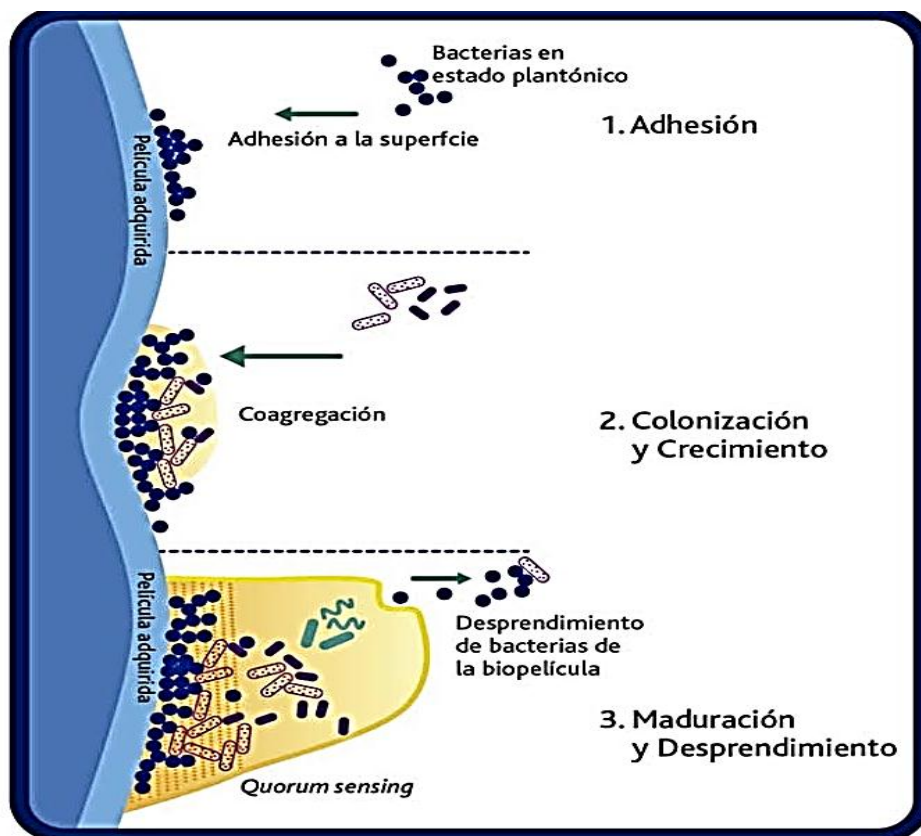


Figura 4 . Secuencia de formación de una biopelícula dental

Fase II Formación de la biopelícula

En la segunda fase de formación de biopelícula las bacterias ya unidas a la superficie producen la matriz polimérica extracelular, la cual dará arquitectura heterogénea y particular de las biopelícula, también se conoce como fase de colonización y crecimiento donde existe agregación y coagregación de otras células bacterianas a las ya adheridas.

Fase III Maduración de la biopelícula

La tercera fase comprende la maduración de la biopelícula y el establecimiento de la morfología particular de las microcolonias que son la unidad básica y estructural de todas las biopelículas; una biopelícula madura es capaz de moverse a través de la superficie colonizada en forma de oleaje y la matriz polimérica que rodea a los agregados bacterianos puede desprenderse de forma que las microcolonias pueden rodar por la superficie como lo ejemplifica la figura 5.

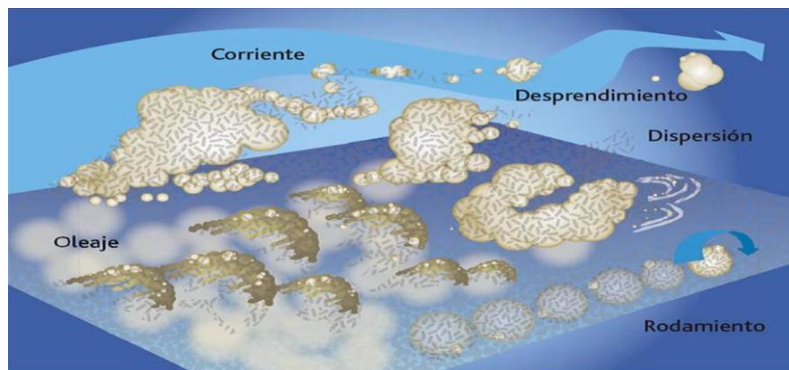


Figura 5. Dinámica de microcolonias en biopelícula.

La biopelícula se forma sobre la superficie dentaria limpia y las bacterias son transportadas en forma pasiva a las superficies dentarias donde pueden ser retenidas de manera reversible por fuerzas de atracción débiles de largo alcance.

La fijación se hace más permanente mediante interacciones moleculares estereoquímicas entre las adhesinas que se hallan sobre las bacterias y los receptores complementarios que están en la biopelícula, y

colonizadores secundarios se fijan a los colonizadores primarios que ya estaban adheridos por interacciones moleculares (coadhesión).

La proliferación produce la maduración que facilita una amplia gama de interacciones sinérgicas y antagónicas, donde las células se pueden desprender para colonizar en otro lugar .^{2, 4}

Los diferentes pasos en la formación de la biopelícula los encontramos ejemplificados en la figura 4 y 6 :

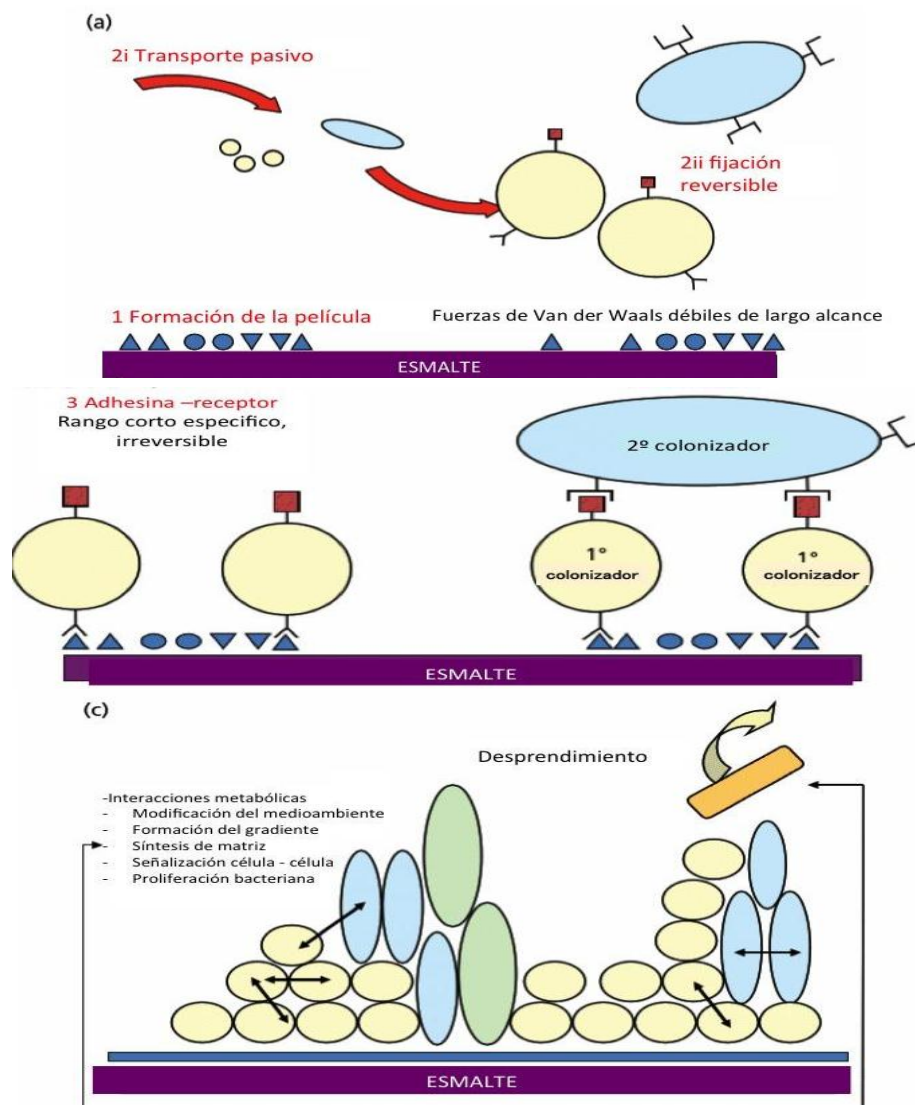


Figura 6. Estadios de la formación de biopelículas

- Adsorción de una biopelícula acondicionante (película adquirida)
- Adhesión reversible entre las células microbianas y la superficie de la película adquirida.
- Adhesión más estable mediante interacciones entre moléculas específicas de la superficie microbiana (adhesinas) y las moléculas complementarias (receptores) de la película acondicionante salival.
- Adhesión, en la cual los colonizadores secundarios se adhieren a los receptores de las bacterias presentes lo que induce el incremento de la diversidad microbiana
- Multiplicación de las células adheridas que aumenta la biomasa y la síntesis de exopolímeros para formar la matriz de la biopelícula (maduración de la placa).
- Desprendimiento de las células adheridas para promover la colonización a distancia. ^{2,4}

1.5 Biopelícula subgingival y supragingival

Las biopelícula supragingivales son estructuras bastante heterogéneas cuando se observan con sondas de la técnica de FISH diseñadas para un amplio rango de especies bacterianas; mientras que la arquitectura de la placa subgingival es aún más compleja.

Muchos de los patógenos putativos de la biopelícula dental sana se encuentran en bajo número en la placa subgingival y persisten adhiriéndose a los colonizadores primarios *Streptococcus* y *Actinomyces*.

Recientemente, se ha estudiado a la biopelícula en dientes extraídos y se han identificado cuatro capas en la biopelícula subgingival:

- La capa basal estaba compuesta por bacterias bacilares (especies de *Actinomyces*) adheridas perpendicularmente a la superficie dentaria, sobre la cual había una capa intermedia
- La capa intermedia compuesta por muchas células fusiformes como *F. nucleatum* y *Tannerella forsythia*.

- En la capa más superficial había muchos patógenos periodontales putativos con *P. gingivalis*, *Porphyromonas endodontalis*, *P. intermedia* y *Parvimonas micra*.
- Una cuarta capa de células no adheridas constituida de espiroquetas.

Especies como *Synergistetes* formaban una capa tipo empalizada a lo largo del borde externo de la biopelícula en contacto directo con las células inmunitarias del hospedero.⁴

1.6 Biopelículas en diferentes sitios de cavidad oral.

Se ha demostrado la presencia de especies como *S. mitis* y *S. oralis* en la composición de la microbiota presente en la saliva y en todas las superficies de los tejidos blandos en cantidades significativamente mayores que en las biopelículas tanto supra como subgingivales, mientras que *Prevotella melaninogenica* estuvo presente en grandes proporciones en las superficies laterales, dorsales de la lengua, en el paladar duro y en la saliva; por otro lado superficies estrechamente relacionadas como la superficie dorsal de la lengua y el paladar duro que de manera constante están en contacto, presentan diferencias importantes tanto en la cantidad de microorganismos como en la proporción de ciertas especies presentes.²

Capítulo 2

Virulencia y patogenicidad de biopelícula dental

La cavidad oral suministra a la colonización bacteriana superficies que no se descaman por ejemplo los dientes y prótesis dentales, esto puede provocar la acumulación de cantidades de bacterias en sitios retentivos y de difícil alcance.

Después de una limpieza mecánica exhaustiva del diente, la primera estructura morfológicamente identificables que se forma de inmediato sobre la superficie dental es la película adquirida en el esmalte a la cual se adhieren bacterias y proliferan.

Una serie de factores influirán sobre la distribución y la actividad de la microbiota oral residente .^{3,4}

2.1 Factores del hospedero en la microbiota oral residente.

2.1.1 Temperatura y potencial redox

Uno de estos factores es la temperatura, la cual ronda los 35-37 °C apropiada para la proliferación bacteriana, pero si asciende puede alterar la expresión génica bacteriana y afectar la competencia; aunque la cavidad oral es sobretodo aerobia, la mayoría de las bacterias presentes son anaerobias facultativas y su distribución suele estar relacionado con el potencial redox, la medida del grado de oxidorreducción en un sitio, el surco gingival posee un potencial redox más bajo y aloja a la mayor proporción de estas. El metabolismo bacteriano en las biopelículas bucales producen gradientes bruscos de oxígeno y potencial redox generando un ambiente adecuado para la proliferación bacteriana con un rango de tolerancia de oxígeno.⁴

2.1.2 pH

Por otro lado el pH es un determinante importante ya que la actividad amortiguadora de la saliva desempeña un papel importante en el mantenimiento del pH intrabucal cercano a la neutralidad, favoreciendo la proliferación de la microbiota bucal. Después del consumo de azúcar, el pH de la biopelícula cae a menos de 5 como consecuencia de la producción de ácidos debido a la fermentación aunque muchas de las bacterias predominantes pueden tolerar periodos breves de pH bajo, pero en exposiciones frecuentes a acidez las inhiben o matan, provocando un enriquecimiento de especies que toleran ácidos como por ejemplo *Streptococcus mutans*, las bifidobacterias y los lactobacilos, lo cual predispone las superficies dentales a la caries dental.⁴

2.1.3 Genética, salud y estilo de vida

El modo de vida de un individuo puede influir en la distribución y metabolismo de la microbiota bucal, la dieta que incluya un consumo elevado de hidratos de carbono, el hábito de fumar, puede seleccionar potenciales patógenos periodontales en la biopelícula dental y también importante mencionar que la frecuencia de patógenos periodontales Gram negativos en la biopelícula dental es mayor en individuos con diabetes; se ha relacionado el aumento de patógenos periodontales en cambios hormonales del hospedero.⁴

2.1.4 Nutrientes

Los microorganismos que componen la microbiota residente de un sitio dependen del hábitat del hospedero para los nutrientes esenciales de su crecimiento. Por lo tanto, la asociación de un organismo con un hábitat particular es evidencia directa de que están presentes todos los nutrientes necesarios que requieren el crecimiento. Los nutrientes tales como los aminoácidos, las proteínas y las glicoproteínas se obtienen de suministros endógenos, principalmente de la saliva, aunque el fluido crevicular gingival es otra fuente potencial y la disminución de este significa que

hará una contribución menor al crecimiento de la microbiota subgingival normal, siendo la dieta la provisión de carbohidratos fermentables que conducen a caídas del pH ecológicamente devastadoras, que si se repiten con la frecuencia suficiente, conducen a la selección de bacterias acidogénicas y tolerantes al ácido como ya se mencionó.⁴

2.1.5 Mecanismos de defensa inmunológica

La cavidad bucal es un medio rico de componentes de la respuesta inmunitaria innata como por ejemplo lisozima, lactoferrina, sialoperoxidasa, péptidos de la defensa del hospedero, neutrófilos, etc. Y de la respuesta inmunitaria adaptativa como IgA, IgG etc. Aún se sigue estudiando la relación entre la microbiota y las defensas del hospedero y el cómo persisten las comunidades microbianas sin ser el blanco de ataque de las defensas.⁴

2.1.6 Interacciones microbianas

Las primeras en adherirse son los cocos, con el tiempo se hace morfológicamente diversa, con filamentos, formas flageladas y móviles y espiroquetas, que adquieren residencia en la biopelícula, los colonizadores iniciales o tempranos de la biopelícula son especies comensales como estreptococos (*S. sanguinis*, *S. gordonii* y *S. oralis*) y actinomicetos. Por otra parte es importante mencionar la virulencia de un patógeno microbiano se define como el grado de patogenicidad o la capacidad del microorganismo de causar enfermedad y los determinantes de esta virulencia pueden definirse como los productos génicos que facilitan la colonización, la proliferación y la supervivencia en el organismo huésped y la propagación a otro hospedero.⁴

2.2 Gingivitis y enfermedad periodontal

La gingivitis se define como inflamación de los tejidos epiteliales y conectivos alrededor de los dientes pero sin pérdida de la inserción de tejido conectivo o hueso alveolar de soporte para el diente. La biopelícula dental relacionada con gingivitis es un tanto más gruesa que la formada

en sitios sanos normales; en la que se ha observado una prevalencia superior de especies bacterianas específicas como *Porphyromonas gingivalis*, *Treponema denticola*, *Parvimonas micra*, *Fusobacterium nucleatum* y *Prevotella intermedia*.²

2.3 Factores Predisponentes

Se definen como los que retienen placa o impiden su eliminación y por lo tanto tiene que ver con el mantenimiento y el grado de inflamación gingival. Los factores predisponentes son en su mayoría locales y el más común es la formación de cálculo dental que es biopelícula dental calcificada, formada por sales minerales de fosfato de calcio que se depositan entre y sobre los restos de microorganismos antes viables; se encuentra principalmente en dos sitios, supragingival el cual se forma coronal al margen gingival representado en la figura 10 y el subgingival se forma debajo,



Figura 7. Cálculo dental



Figura 8. Cálculo dental eliminado

Aunque no se piensa que el cálculo sea una causa de enfermedad periodontal (son las bacterias viables que proliferan en la superficie del cálculo las que inducen la enfermedad), el retiro de biopelícula subgingival y del cálculo sigue siendo la piedra angular del tratamiento periodontal, dado que la higiene bucal adecuado solo puede mantenerse en dientes libres de cálculo como en la figura 11 .^{2,4}

Otros Factores Predisponentes son:

Variaciones dentarias de desarrollo o anatómicas, patologías dentarias, caries, alteraciones gingivales anatómicas, posiciones de frenillos, apiñamiento, factores iatrogénicos como márgenes subgingivales de restauraciones, márgenes desbordantes, prótesis parciales, aparatos de ortodoncia, un claro ejemplo es la acumulación de biopelícula en resinas acrílicas que tienen una amplia variedad de aplicaciones en odontología y uno de los principales problemas con el uso de acrílicos en cavidad oral es la estomatitis causada por la colonización de especies de *Candida* y algunos géneros bacterianos como *Streptococcus*, *Veillonella*, *Lactobacillus*, *Prevotella* y *Actinomyces* y por otra parte las resinas compuestas las cuales están formadas a partir de bis - GMA u otros monómeros, tienen un problema en la contracción por la polimerización ya que se ha observado que la formación de biopelículas conlleva a una serie de eventos que causan el deterioro de la restauración, lo cual promueve una mayor formación de biopelículas y deterioro de superficies, dando como resultado caries alrededor o debajo de la restauración y por último la amalgama dental es una mezcla de metales que incluye mercurio, plata, estaño y cobre en la que se ha observado biopelículas orales *in vivo* formadas con superficies a base de oro y amalgama con cinco días de maduración, cubriendo todo el sustrato, sin embargo, su viabilidad es baja con un 8% comparado con la viabilidad de las biopelículas en esmalte dental *in vivo* que es del 41 al 56 % aproximadamente y por último las variantes anatómicas maxilofaciales (cobertura inadecuada del labio superior) y obstrucciones de las vías respiratorias superiores pueden provocar respiración bucal que se comprobó producen cambios en la acumulación de placa y la expresión de gingivitis, principalmente en el segmento anterosuperior de la dentición la cual deben ser considerados un factor predisponente.²

Se considera que las bacterias de la biopelícula dental son agentes de importancia crucial en el establecimiento de la respuesta inflamatoria en los tejidos periodontales, que en última instancia conduce a la

enfermedad destructiva; sin embargo, el grado de patogenicidad de esta biopelícula dental se ve influenciado por el medio ambiente local, factores de virulencia de ciertos microorganismos y la cantidad e identidad de las bacterias presentes; ya que se estima que en un surco subgingival sano las cuentas bacterianas son de 10^3 , mientras que en un surco enfermo puede haber cuentas mayores o iguales a 10^8 . Por otro lado se ha establecido que la periodontitis es producto de la interacción entre los mecanismos de defensa del hospedero y las biopelículas que contienen complejos como *Porphyromonas gingivalis*, *Tannerella forsythia* y *Treponema denticola*, aunque *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* ha sido señalado como el causal de la periodontitis agresiva y ahora se sabe que muchas personas son portadoras de esos microorganismos y no presentan progresión de la enfermedad, es decir que se encuentra en equilibrio con su biopelícula y la enfermedad aparece cuando este equilibrio se rompe. La figura 7 muestra las asociaciones específicas entre las bacterias de los complejos y las proporciones de cada uno de ellos en estado de equilibrio, por otra parte cuando hay un desbalance de la microbiota el equilibrio se pierde y se presenta la enfermedad periodontal.^{2,4}

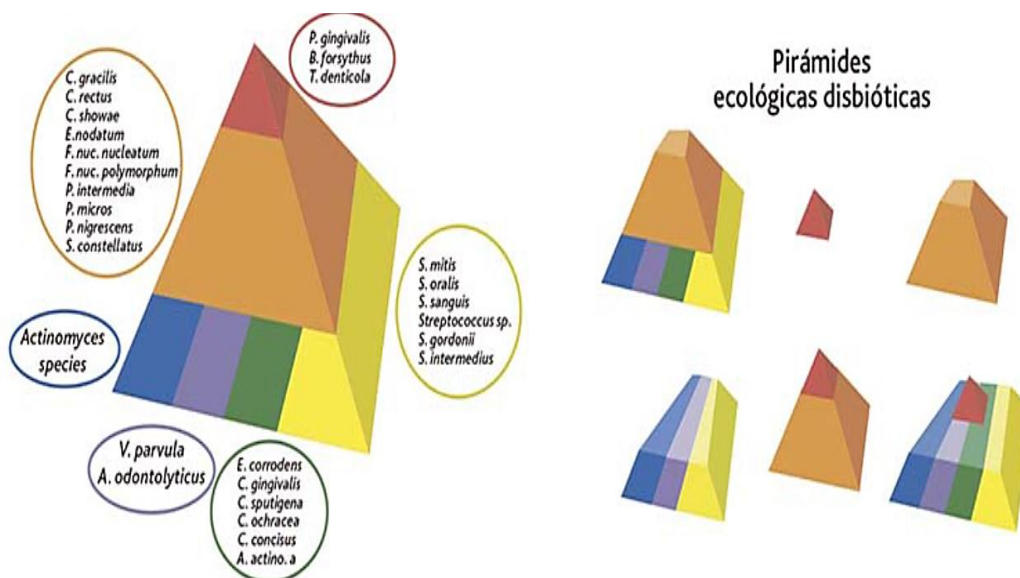


Figura 9. Pirámide ecológica de la biopelícula dental en estado de equilibrio y disbiosis.

2.4 Periimplantitis

Una de las principales infecciones asociadas a dispositivos biomédicos de uso odontológico, son las infecciones relacionadas con implantes dentales o periimplantitis. Esta afección, se define como la inflamación de los tejidos presentes alrededor de un implante dental debido a la colonización bacteriana, la cual puede llegar a provocar la pérdida de un implante, la periimplantitis puede provocar la pérdida de los implantes de un 5% a 11%. Una vez que la parte transmucosa del implante se expone a cavidad bucal como se observa en la figura 8, es colonizada por los microorganismos que se fijan a las proteínas y a los péptidos salivales constituyendo una biopelícula que suministra receptores para las adhesinas presentes sobre la superficie celular de todas las especies bacterianas de la cavidad oral; se sabe que las biopelículas en esmalte dental y titano son diferentes, las biopelículas salivales que se forman en superficies de titanio *in vitro* tienen moléculas como mucinas de alto peso molecular, a-amilasa, IgA secretoria y proteínas ricas en prolina y no se han encontrado evidencia de presencia de moléculas que suelen estar presentes en esmalte, siendo así las características de la superficie del implante, el medio ambiente local, la microbiota bucal residente, el diseño de la prótesis con implante y la accesibilidad a la higiene bucal como se ejemplifica en la figura 9 los factores que influyen en la colonización.^{2,4}



Figura10. Biopelícula sobre superficies de pilares de titanio y espiras expuestas



Figura11. Biopelícula sobre barra implantosoportada y pilares de acuerdo.

2.5 Caries dental

La caries dental es una enfermedad infecciosa de la dentición humana, caracterizada por interacciones complejas entre microorganismos orales específicos, sus productos, constituyentes salivales y carbohidratos de los alimentos sobre una superficie dental. Estas interacciones modulan la formación de biopelículas en superficies dentales susceptibles, lo que al final causa la pérdida del esmalte dental mineralizado debido a que las poblaciones microbianas utilizan azúcares para producir polisacáridos extracelulares y ácidos orgánicos destructivos, con lo que se forman biopelículas muy adhesivas y ácidas. Si se permite que persista, la acidificación causada por las bacterias de la biopelícula desmineraliza de manera permanente al esmalte contiguo. Así la formación de una matriz de polisacárido extracelular y la acidificación del entorno son factores de virulencia que modulan el desarrollo de biopelículas cariogénicas.²

2.6 Biopelículas en dispositivos orales y craneofaciales

Aditamentos utilizados en Odontología como lo son las membranas para la regeneración tisular y la regeneración ósea, son barreras que previenen la inclusión del epitelio en el sitio de regeneración, permitiendo así la regeneración del tejido óseo y periodontal. Su uso y la predictibilidad del tratamiento puede verse afectada por la exposición de la membrana al ambiente oral y la consecuente colonización bacteriana durante la cicatrización. Por otra parte en cirugía traumática y ortognática maxilofacial, el uso de dispositivos para la fijación rígida en forma de miniplacas y tornillos para reducción de una fractura ósea también han sido afectados debido a las complicaciones existentes en infecciones relacionadas a presencia de biopelículas en los dispositivos.²

2.7 Biopelículas en dispositivos biomédicos

Una infección relacionada con un dispositivo biomédico inicia con la adhesión de los microorganismos a la superficie de este dispositivo. Posteriormente ocurre el crecimiento bacteriano y la formación de la

biopelícula, donde las bacterias son más resistentes, de tal manera comienzan a causar daño tisular local. Si esta infección no es controlada se puede perder el dispositivo biomédico, con consecuencias como dehiscencia de la herida o hasta reacciones sistémicas como fiebre o embolia. Entre los principales dispositivos biomédicos susceptibles a presentar infecciones asociadas a biopelículas son: catéteres intravenosos, válvulas cardíacas, dispositivos de asistencia ventricular, extensores coronarios, estimuladores neurológicos, prótesis articulares, dispositivos de fijación de fracturas, implantes de mama, cocleares e intraoculares.²

Capítulo 3

Control de la biopelícula oral

3.1 Control mecánico

La remoción física de la biopelícula oral por métodos mecánicos es una de las estrategias más simples, eficientes y más usadas para el control de biopelículas orales. Sin embargo se requiere de la motivación hacia el paciente para que sea la adecuada, con un tiempo de duración suficiente y una frecuencia apropiada; su eliminación cada 48 horas es suficiente para prevenir el desarrollo de caries y gingivitis, utilizando un cepillo y pasta dental, la cual contiene un agente antimicrobiano y sales de flúor. Es importante considerar que la encía interdental llena el espacio entre dos dientes desde apical a su punto de contacto y cuando existe inflamación de esta el área interdental presentará condiciones locales que permiten el establecimiento y maduración de la biopelícula dental, favoreciendo el desarrollo de la enfermedad periodontal, por ello que se requiere de un dispositivo interdental y la utilización de hilo dental según sea el caso para lograr un control ideal de biopelícula dental. Por otro lado la intervención profesional especializada es obligada una vez que una biopelícula patogénica ha colonizado las superficies dentales, causando caries o enfermedad periodontal; el profesional realiza una limpieza o profilaxis con un equipo manual, sónico u ultrasónico para remover la biopelícula y cálculo, o bien raspado y alisado radicular para tratar la periodontitis.²

3.2 Agentes químicos

Hace referencia al uso de enjuague oral, el cual es usado desde hace más de 4000 años. Las propiedades que este debe tener son:

- Ser seguro
- Ser capaz de eliminar las bacterias de la biopelícula dental en áreas difíciles de alcanzar

- Tener buen sabor
- Ser de bajo costo
- Ser fácil de usar

Los agentes químicos que han demostrado beneficios científicamente comprobado son bastantes, pero los más utilizados y recomendado en la práctica odontológica son los siguientes.²

3.2.1 Clorhexidina

Desarrollada en la década de 1940 por *Imperial Chemical Industries*, en Inglaterra, lanzada al mercado en 1954 como antiséptico para heridas en la piel pero fue hasta 1970 que se empleó en periodoncia. Pertenece al grupo de biguanidas y su mecanismo de acción está determinado por su fuerte unión a membrana citoplasmática de los microorganismos, produciendo un aumento en la permeabilidad, reteniendo así el 30% de su principio activo en cavidad oral y liberándose gradualmente durante 12 horas en fluidos orales, a este fenómeno se le considera sustantividad, la cual le da la condición de antimicrobiano ya que a diferencia de otros enjuagues bucales con excelente actividad antibacteriana, no poseen liberación gradual. Su presentación comercial más común es en colutorio en concentraciones al 0.12% y 0.2%, es bacteriostático a altas concentraciones mientras que en concentraciones subletales inhibe transporte de azúcares y producción de ácidos en especies de *Streptococcus* asociados con la caries dental, afectando varias funciones de membrana en *Streptococcus sp.* incluyendo inhibición de enzimas responsables de mantener un pH apropiado intracelular, producción de la proteinasa del patógeno periodontal *P. gingivalis*.^{2,5}

3.2.2 Triclosán

Es un compuesto aromático clorado no iónico que tiene grupos funcionales representativos de éteres y fenoles, inhibe la síntesis de ácidos grasos y la enzima reductasa enoyl- ACP(acyl- carrier-protein)

relacionada a FabI (enzima clave en la biosíntesis de ácidos grasos esenciales para la formación de la membrana bacteriana) en enjuagues orales se combina con sulfato de zinc o un copolímero. Diversos estudios clínicos han demostrado que las pastas dentales que contiene triclosán y citrato de zinc reducen significativamente la acumulación de biopelícula dental y la inflamación gingival, la sustentividad que presenta varía de 3 a 5 días, dependiendo de su concentración la cual es de 0.20% en colutorios y también de las condiciones de empleo.^{2,5}

3.2.3 Aceites esenciales

Actualmente gracias a diversos estudios que demuestran su efecto antibacteriano han adquirido popularidad como componentes en pastas dentales y colutorios los cuales contienen una fórmula fija de timol al 0.064% y eucalipto al 0.092%, mezclados con mentol al 0.042% y salicilato de metilo al 0.060% en un vehículo de alcohol al 22%. Su mecanismo de acción se basa en la destrucción de la pared celular bacteriana, en altas concentraciones y la inhibición enzimática a bajas concentraciones y extracción de lipopolisacáridos bacterianos, sin embargo uno de los principales efectos adversos derivado de la utilización de enjuagues bucales con aceites esenciales es la pigmentación de los dientes.²

3.2.4 Delmopinol

Es un alcohol amino derivado del morfolinoetanol y es considerado un agente anti biopelícula dental de tercera generación, que ha demostrado capacidad de inhibir la gingivitis. Su mecanismo de acción se basa en la inhibición de la formación de la biopelícula por medio de la interferencia con la formación de la matriz de exopolisacáridos y reducción de la adhesión bacteriana; a pesar de los efectos secundarios reportados como la pigmentación dental y de la lengua, la incidencia de estos fenómenos ha sido similar o menor a la reportada con el uso de clorhexidina.²

3.2.5 Fluoruro de amina y fluoruro de estaño

Los fluoruros promueven la remineralización e inhiben la desmineralización del esmalte y presentan actividad antibacterial. Su mecanismo de acción consiste en que los iones de estaño se unen al ácido lipoteicoico de la superficie de bacterias Gram positivas revirtiendo de su carga superficial, o bien, los iones de estaño desplazan iones calcio, alterando las funciones enzimáticas de la célula bacteriana. La combinación de ambos ha demostrado una inhibición mucho mayor que cuando estos productos son usados de forma individual. Sin embargo, el efecto antibacteriano de estos parece ser más prolongado en pacientes con cantidades pequeña de biopelícula dental.²

3.2.6 Cloruro de cetilpiridinio

Es un compuesto de amonio cuaternario catiónico con actividad antibacteriana de amplio espectro, que se absorbe con rapidez a las superficies orales. Su molécula tiene grupos hidrofílicos e hidrofóbicos lo que posibilita interacciones hidrofílicas e hidrofóbicas. Su mecanismo se basa en la desestabilización de la membrana celular bacteriana; convirtiéndose en auxiliares importantes en pacientes con alta susceptibilidad de enfermedad periodontal o quienes carecen de la destreza para limpiar sus dientes efectivamente con métodos mecánicos, aunque por otro lado se ha reportado efectos secundarios como la pigmentación de dientes y lengua, ulceraciones y sensación quemante.²

3.3 Fitoquímicos derivados

Se refiere a una sustancia producida por un organismo viviente que tiene efectos farmacológicos. Uno de los compuestos activos derivados de los fitoquímicos más usados en el cuidado de la salud oral son los polifenoles, que se definen como metabolitos de plantas, caracterizados por la presencia de muchos grupos fenol, los cuales derivan del aminoácido L-fenilalanina y tienen la habilidad de inactivar toxinas bacterianas, lo cual ha generado un gran interés por la posibilidad de usar

polifenoles de plantas como agentes contra patógenos resistentes a antibióticos; como es el caso del té de uvas, cacao, café y vino tinto que han mostrado inhibir la adhesión bacteriana inicial a la superficie del diente, especialmente en el caso de *Streptococcus mutans*. Otro ejemplo es la *Camelia sinesis*, utilizada para hacer té verde y té de oolong, sus propiedades antibacterianas han sido estudiadas en modelos *in vitro* e *in vivo*, debido a su actividad contra bacterias asociadas a caries, aunque su composición es compleja, las catequinas específicas de este té han sido asociadas con actividad antibacteriana contra *S. mutans* y *Streptococcus sobrinus* y por último la miel, la cual ha demostrado tener una actividad antimicrobiana contra *S. mutans* y podría tener un uso terapéutico potencial en el control de la enfermedad periodontal.²

3.4 Probióticos

Los probióticos son definidos por la Organización Mundial de la Salud como microorganismos vivos, que cuando son administrados en cantidades adecuadas confieren un beneficio de salud a quienes los consumen, son encontrados en productos como leche y yogurt. Las primeras bacterias probióticas estudiadas fueron bacterias productoras de ácido láctico, los lactobacilos son bacterias endógenas que colonizan la cavidad oral y tracto digestivo, existe evidencia de que cepas de lactobacilos orales aislados de sujetos con salud y enfermedad periodontal, ejercen actividad antimicrobiana contra bacterias periodontopatógenas como *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*, *Porphyromonas gingivalis* y *Prevotella intermedia* y aunque su uso para el control de biopelículas orales aún está bajo investigación, existen ya algunos ejemplos prometedores.²

3.5 Péptidos Antimicrobianos

Los péptidos antimicrobianos con un grupo heterogéneo de moléculas producidas por varios tejidos en un amplio rango de especies invertebrados. Se han identificado péptidos antimicrobianos contra virus, hongos, protistas, parásitos e incluso contra insectos y células tumorales, su mecanismo de acción actúan en la membrana celular y en metabolismo bacteriano, la penetración de estos en la membrana celular formarán poros y subsecuentemente la muerte celular. Existen limitaciones para su utilización terapéutica, una de ellas es la disminución de la alta actividad catiónica como en la saliva y también su baja o nula actividad sobre biopelículas principalmente debido al efecto protector de exopolisacáridos en la biopelícula²

CAPÍTULO 4

Melaleuca alternifolia

4.1 Definición aceite esencial:

Son aceites aromáticos sumamente concentrados que se extraen de las flores, hojas, raíces o ramas de numerosas plantas. Estos aceites contienen una gran variedad de sustancias que poseen propiedades útiles para combatir bacterias, virus y hongos y cuentan con un mecanismo de acción antimicrobiano, en altas concentraciones hay una disrupción de la pared celular y precipitación de proteínas celulares, mientras que en bajas concentraciones hay una inactivación de enzimas esenciales, además se ha propuesto una acción antiinflamatoria basada en su actividad antioxidante.⁶



Figura 12.
Hojas de árbol del té

4.2 Características

Melaleuca alternifolia pertenece a la familia *Myrtaceae* la cual se describe como una especie de matorral y se encuentra en todo el sur de América, oeste de India y Australia se trata de un árbol que no supera los 6 m. de altura, con hojas estrechas, dispuestas en forma alterna, flores blancas en ramillete, con estambres reunidos en la base en cinco grupos como se muestra en la figura 12 y 13 del cual se obtiene el aceite esencial del árbol del té o *Melaleuca alternifolia* que es un líquido incoloro o amarillo pálido por medio de destilación.^{7,8}

La procedencia de la *Melaleuca alternifolia* no siempre está clara por su nombre común o el de sus fuentes. Es conocido por varios sinónimos, entre ellos "aceite de *Melaleuca*" y "aceite de árbol de té", incluso el término "aceite de *Melaleuca*" es potencialmente ambiguo, ya que varios aceites químicamente distintos se eliminan de otras especies de *Melaleuca*.⁸

Cuando se deja que crezca naturalmente, *M. alternifolia* crece hasta convertirse en un árbol que alcanza alturas de aproximadamente 5 a 8 metros. Los árboles mayores de 3 años generalmente florecen en octubre o noviembre y las flores se producen en forma suelta y con espigas terminales de color crema, que pueden dar a los árboles un aspecto "esponjoso". Su hábitat nativo



Figura 13. Árbol del té

es tierra costera baja, pantanosa, subtropical, costera que rodea los ríos, a diferencia de otras especies de *Melaleuca alternifolia*, no ocurre naturalmente fuera de Australia. Las plantaciones comerciales se establecieron en los años 70 y 80, lo que permitió a la industria mecanizar y producir grandes cantidades de un producto consistente. Hoy en día hay plantaciones en Australia Occidental, Queensland y Nueva Gales del Sur, aunque la mayoría están en Nueva Gales del Sur, en la región de Lismore. Típicamente, las plantaciones se establecen a partir de plántulas sembradas y plantadas en invernaderos antes de ser plantadas en el campo a alta densidad. El tiempo para la primera cosecha varía de 1 a 3 años, dependiendo del clima y la tasa de crecimiento de las plantas. La recolección se realiza mediante un proceso de corte de la planta cerca del nivel del suelo y se fragmenta en pedazos más pequeños antes de la extracción del aceite.⁸

4.3 Composición

Melaleuca alternifolia posee una densidad relativa de 0.885 a 0.906, escasamente soluble en agua y miscible con solventes no polares, está compuesto por hidrocarburos terpénicos, principalmente monoterpenos, sesquiterpenos y sus alcoholes asociados; los terpenos son hidrocarburos aromáticos volátiles y pueden considerarse polímeros de isopreno, los cuales poseen la fórmula C_5H_8 . En el aceite esencial de *Melaleuca alternifolia* se identifican 14 componentes químicos del que representan el

92.87% de su composición , de acuerdo a la organización internacional de estandarización ISO 4730 año 2017 en Suiza, reconoce los siguientes componentes: Terpineno-4-ol (31,11%), terpineno (25,30%) y α -terpineno (12,70%) que fueron los constituyentes principales seguidos de 1,8-cineol (6,83%), c-cimeno (4,23%), terpinoleno (4,03%), limoneno (2,50%), α -terpineol (2,35%), aromadendreno (1,75%) y cadineno (1,41%).⁸

Componentes	Composición %	Componentes	Composición %
Terpinen-4-ol	≥ 30	Aromadendreno	Traza -7
γ -Terpineno	10-28	δ -Cadineno	Traza -8
α -Terpineno	5-13	Sabineno	Traza -3.5
1,8-Cineol	≥ 15	Globulol	Traza -3
ρ -Cimeno	0.5-12	Viridiforol	Traza -1.5
Terpinoleno	1.5- 5	Limoneno	0.5-4
α -Terpineol	1.5-8	α -pinene	1-6

Tabla 2. Composición del aceite esencial de *Melaleuca alternifolia* de acuerdo a la norma ISO 4730.

La composición del aceite esencial de *M. alternifolia* está influenciada por varios factores, incluidas las condiciones locales, climáticas, estacionales y experimentales. ⁷

En un artículo realizado en 1989 Brophy y sus colegas examinaron más de 800 muestras de *M. alternifolia* por cromatografía de gases y espectrometría de masas e informaron aproximadamente 100 componentes y sus rangos de las concentraciones de *M. alternifolia*, las cuales son escasamente solubles en agua y son miscibles con solventes no polares y fueron seleccionados por una variedad de razones, incluida la verificación de procedencia y la actividad biológica. Por ejemplo, con la procedencia, la inclusión de los componentes menores sabineno, globulol y viridiflorol es potencialmente útil, ya que puede hacer que la formulación de aceite artificial a partir de componentes individuales ya sea difícil o económicamente insostenible, por otro parte la actividad antimicrobiana de *Melaleuca alternifolia* se atribuye principalmente a terpinen-4-ol el principal del aceite. En consecuencia, para optimizar la actividad antimicrobiana, se estableció un límite inferior del 30% y ningún límite superior para el contenido de terpinen-4-ol mientras que a la inversa, se estableció un límite superior del 15% y ningún límite inferior para 1,8-cineol, aunque la razón para esto puede no haber sido completamente sólida ya que durante muchos años se consideró erróneamente que el cineol es un irritante para la piel y las membranas mucosas, lo que impulsó los esfuerzos para minimizar su nivel en *Melaleuca alternifolia*. Esta reputación se basó en evidencia anecdótica histórica y declaraciones no corroboradas y la repetición de esta sugerencia parece haber consolidado el mito; aunque se indica que el 1,8-cineol sea un irritante, la minimización del contenido de 1,8-cineol sobre la base de reducir las reacciones adversas no está justificada y sigue siendo una consideración importante ya que los niveles de 1,8-cineol son generalmente inversamente proporcionales a los niveles de terpinen-4-ol. ⁸

La composición de *Melaleuca alternifolia* puede cambiar considerablemente durante el almacenamiento, la luz, el calor, la exposición al aire y la humedad afecta la estabilidad del aceite, por lo tanto *M. alternifolia* debe almacenarse en condiciones oscuras, frías y secas, preferiblemente en un recipiente que contenga poco aire.^{7,8}

4.4 Extracción del aceite esencial

Como ya se mencionó se obtiene de las hojas y ramas tiernas por destilación, generalmente en corriente de vapor de agua, una vez condensada, la fase clara del aceite de color amarillo pálido se separa de la destilación acuosa. El aceite esencial que se obtiene por medio del vapor o hidrodestilación de *Melaleuca*

alternifolia nos dará metabolitos secundarios y es rico en monoterpenos, volátil y caracterizado por un fuerte olor, por otra parte la composición química depende del método de extracción utilizado y de la región de cultivo de la que se toman las muestras.⁸

Existen diferentes tipos de destilación, para la obtención de este tipo de aceites esenciales se describen dos: La destilación directa y la de arrastre de vapor y existe también otro método denominado maceración. La destilación consiste en separar por calentamiento sustancias volátiles llamadas esencias, relativamente inmiscibles con el agua, de otras más fijas, enfriando luego su vapor para reducirlas nuevamente a líquido.

En general los componentes del equipo de destilación para extraer aceite esencial son:

1. Fuente de energía. Se deben considerar dos tipos básicos de fuente de energía en primer lugar la combustión de la madera, la cual una vez iniciada, se mantiene con el material vegetal desgastado de una destilación anterior, y por otro lado, el vapor generado en una caldera.



Figura 14. Aceite esencial del Árbol del té

2. Destilador. Es el recipiente donde se carga el material vegetal que se destila, también se le llama extractor o alambique, generalmente es de forma cilíndrica y se instala verticalmente.
3. Intercambiador de calor o conocido como condensador, su función involucra la remoción de calor para transformar al estado líquido la mezcla de vapor de agua y aceite esencial que emerge del destilador.
4. Decantador, se le conoce como separador del aceite consiste en separar la mezcla de agua y aceite esencial proveniente del intercambiador de calor. Si el aceite esencial es más ligero que el agua se ubicará en la capa superior o en la capa inferior, sí es más pesado.

La destilación por arrastre con vapor de agua

Es el proceso más común para extraer aceites esenciales, más no es aplicable a flores, en esta técnica se aprovecha la propiedad que tienen las moléculas de agua en estado de vapor de asociarse con moléculas de aceite, la extracción se efectúa cuando el vapor de agua entra en contacto con el material vegetal y libera la esencia, para luego ser condensada. Con el fin de asegurar una mayor superficie de contacto y exposición de las glándulas de aceite, se requiere picar el material según su consistencia.

Desventaja: Pueden ocurrir procesos colaterales como polimerización de los terpenos; así como hidrólisis de ésteres y destrucción térmica de algunos componentes.

Ventajas: Energéticamente es más eficiente, se tiene un mayor control de la velocidad de destilación, existe la posibilidad de variar la presión del vapor, y satisface mejor las operaciones comerciales a escala, al proveer resultados más constantes y reproducibles.

Destilación con agua o hidrodestilación

Consiste en poner a hervir agua, bien sea por fuego directo, en la cual se ha sumergido previamente el material vegetal, preferiblemente en polvo, con el objeto de que el vapor de agua ejerza su acción en el mayor número posible de partículas vegetales, similar al arrastre con vapor, el vapor producido arrastra los aceites esenciales hasta otro recipiente donde se condensan y se separan. Éste sistema de extracción tiene el inconveniente de que la temperatura que se emplea provoca que algunos compuestos presentes en las plantas se degraden y se pierdan.

El material vegetal aromático siempre debe encontrarse en contacto con el agua, para así evitar el Sobrecalentamiento y la carbonización del mismo. Debe mantenerse en constante agitación para evitar que se aglomere o sedimente al adherirse a las paredes del recipiente, lo cual puede provocar también su degradación térmica.

En general, los aceites producidos por destilación en agua son de menor calidad. Este procedimiento comúnmente se utiliza para destilar especialmente hierbas y hojas, el material se coloca sobre una parrilla, y luego, entre el fondo y la parrilla se coloca el agua, hasta un nivel un poco inferior a la parrilla. Cuando se dispone de poca agua, el agua que sale con el aceite esencial en la primera extracción, se recircula al extractor para sostener el proceso de destilación.⁹

4.4 Usos terapéuticos

Ha sido utilizada en Medicina, cosmetología, alimentos, agricultura y en otras industrias, empleado en gran parte por sus propiedades antimicrobianas, se incorpora como ingrediente activo en muchas formulaciones tópicas utilizadas para tratar infecciones cutáneas.⁸

Actualmente, se conoce que el amplio espectro de la actividad de *Melaleuca alternifolia* no solo presenta actividad antibacteriana y antifúngica, sino también antiviral y antiprotozoaria. Adicionalmente, se ha descrito actividad antiinflamatoria y antioxidante, respecto a esta

última existe un estudio, donde en comparación con los antioxidantes naturales conocidos, el aceite esencial de *M. alternifolia* exhibió fuertes propiedades de eliminación de radicales libres e inhibió la peroxidación lipídica. Estos atributos se deben probablemente a la actividad inherente de algunos de los componentes presentes en el aceite esencial, en particular los fenoles, que inhiben o reducen la velocidad de oxidación aeróbica de la materia orgánica.^{10,11}

Capítulo 5: Aplicaciones de *Melaleuca alternifolia* como antibacteriano oral.

Los productos naturales han demostrado potenciales terapéuticos en el tratamiento de enfermedades orales. Además, en relación con los productos comerciales, presentan un bajo costo y minimizan los efectos secundarios del tratamiento convencional. Las propiedades antibacterianas del aceite esencial de *Melaleuca alternifolia* hacia las biopelículas orales se han informado en varios estudios pero es su actividad antibacteriana la que ha sido mayor estudiada. Desde los aborígenes Bundjalung del norte de New South Wales, aprovecharon esta propiedad cuando usaban hojas trituradas del árbol del té australiano para el tratamiento de tos y resfriado, en forma de inhalaciones, o para curar heridas, colocándolas sobre las mismas. Las infusiones de hojas se utilizaban para tratar el dolor de garganta y diversas afecciones dérmicas. La utilización de *Melaleuca alternifolia* no se popularizó hasta el primer tercio del siglo pasado, tras las primeras publicaciones que describieron su actividad antibacteriana. ⁷

5.1 Características ideales de un agente antibacteriano

El control antibacteriano debe interrumpir o evitar la transición de la microbiota comensal a la microbiota patógena, lo que permite preservar el equilibrio, en la selección de un agente químico para el control de placa, se deben considerar ciertos factores como por ejemplo :

- Contenido de alcohol en el agente antibiopelícula, usado para incrementar el impacto del sabor, para solubilizar algunos ingredientes activos y para mejorar el transporte de ingredientes activos dentro de la biopelícula. En las últimas décadas, ha habido una preocupación de que el alcohol en los enjuagues orales sea convertido a acetaldehído en la cavidad oral, lo cual podría causar daño y mutaciones en el ADN de las células de la cavidad oral.

- Efectos secundarios derivados del uso prolongado de agentes químicos utilizados en el control de la biopelícula dental como la pigmentación dental la cual puede empeorar cuando se consumen al mismo tiempo otros productos como el té, café, vino y cigarro los cuales causan tinción de los dientes.
- Otro problema son las alteraciones del gusto, atribuido al uso de clorhexidina, cloruro de cetilpiridinio, delmopinol y aceites esenciales. Por ejemplo la clorhexidina que tiene un sabor amargo reduciendo la intensidad percibida de la sal, además de las alteraciones del gusto, la pigmentación de los dientes y la promoción de formación de cálculo, por lo tanto su uso debe estar restringido a situaciones clínicas especializadas y durante periodos cortos.
- Relación costo-efectividad si un enjuague bucal demuestra su efectividad en términos de ganancia de salud oral, el costo adicional derivado de su uso se ve recompensado.
- Limitaciones de los agentes químicos utilizados en el control de la biopelícula dental debido a que tienen un efecto limitado en individuos con enfermedad periodontal existente, debido a que dichos agentes no son tan efectivos en la disminución de la flora microbiana subgingival.^{2,5}

Por otra parte se benefician mucho más con el uso de agentes químicos los pacientes que mantienen un buen control mecánico de biopelícula, en oposición a los pacientes con pobre control mecánico de placa.²

Mientras tanto *M. alternifolia* ha demostrado ser bactericida y bacteriostático en bajas concentraciones debido a su acción que compromete la integridad estructural y funcional de las membranas bacterianas, con pérdida de viabilidad, inhibición de la glucólisis e inducción de la lisis.⁸

En la población mexicana el uso de plantas como remedios para el cuidado de salud forma parte de su historia y de su cultura tradicional, a partir de 1998 la Secretaría de Salud, a través de su reglamento de insumos para la salud reconoció al “remedio herbolario” y al “medicamento herbolario” al preparado de plantas medicinales o sus partes individuales o combinadas y sus derivados, presentado en forma farmacéutica, al cual se le atribuye por el conocimiento tradicional, el alivio de síntomas de una enfermedad.⁵

La comisión Federal de prevención y riesgos sanitarios (Cofepris) para aprobar medicamentos herbolarios solicita los siguientes requisitos:

<p>Legales (productos nacionales)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Licencia sanitaria que cuente con la autorización de fábrica o laboratorio de medicamentos herbolarios. -Aviso de responsable sanitario. -Solicitud en formato oficial y pago de derechos correspondientes.
<p>Legales (productos extranjeros)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Certificado de libre venta -Carta de representación del fabricante
<p>Técnicos científicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Identidad y pureza de los componentes de acuerdo con lo que establezca la farmacopeas especiales en su defecto, las fuentes de información científica internacionales. -Certificado de análisis del fabricante del medicamento, avalado por el responsable sanitario del país de origen y nacional. -Estabilidad del producto terminado -Identificación taxonómica

	<ul style="list-style-type: none"> -Indicaciones terapéuticas -Proyectos de etiqueta -Instructivo para su uso -Descripción del proceso de fabricación del medicamento por registrar, -Información para prescribir sus versiones amplias y reducidas.
Etiquetado	<ul style="list-style-type: none"> -Interacciones medicamentosas -Ingesta accidental y sobredosis -Leyendas precautorias -Datos de conservación y almacenaje -No. De registro -No. De Lote -Fecha de caducidad. -Datos del fabricante -Datos del distribuidor.
Seguridad y efectividad	<ul style="list-style-type: none"> -Asegurar que el contenido de los ingredientes presentes no tenga niveles de toxicidad. -Ha sido definida por la FDA con base en una evidencia sustancial, una investigación bien controlada y adecuada que requiere de una investigación clínica realizada por expertos calificados para evaluar la efectividad de la sustancia.

Tabla 3. Requisitos solicitados por la comisión Federal de prevención y riesgos sanitarios para aprobar medicamentos herbolarios

5.2 Efecto de *Melaleuca alternifolia* en cavidad oral

Reduce significativamente la formación de biopelículas *in vitro* en diferentes especies, entre ellas *Candida*; además, las nanopartículas de *M. alternifolia* inhiben la adherencia de *Pseudomonas aeruginosa* a las células epiteliales bucales, afectando también la motilidad de los microorganismos, evitando la colonización y diseminación.¹⁰

También se ha demostrado que *Melaleuca alternifolia* reduce los niveles de halitosis y la producción de compuestos orgánicos volátiles en pacientes. A pesar del potencial antibacteriano de *M. alternifolia*, existen pocos estudios que evalúen su actividad contra los patógenos orales que causan halitosis.¹²

De igual manera se han evaluado los efectos de *Melaleuca alternifolia* y la clorhexidina sobre la viabilidad y la producción de estos compuestos orgánicos volátiles de *P. gingivalis* y *P. Endodontalis* y *Melaleuca alternifolia* presentó mayor reducción en la producción de los compuestos comparándola con la clorhexidina; también se menciona que puede ser una alternativa ya que la clorhexidina causa ruptura de la membrana celular, la inhibición de las enzimas proteolíticas y glicosídicas, lo que lleva a la inhibición del crecimiento y la muerte celular. A pesar de ser un potente antimicrobiano, tiene ciertos efectos secundarios, como alteración del sabor, descamación de la mucosa oral sensación de ardor. En comparación con la clorhexidina, *Melaleuca alternifolia* mostró una actividad antimicrobiana similar, promoviendo efectos bactericidas y bacteriostáticos a bajas concentraciones.¹²

Por otra parte los estudios realizados por Hammer y colaboradores demostraron la destrucción rápida tanto de *S. mutans* como de *L. rhamnosus* después de un tratamiento de 30 segundos con tan solo un 0,5% de *Melaleuca alternifolia*, lo que sugiere que *Melaleuca alternifolia* puede ser un ingrediente activo eficaz en la lucha contra los microorganismos orales patógenos ya que los fabricantes recomiendan

aplicar los enjuagues bucales durante 30 segundos dos veces al día, con volúmenes de aproximadamente 20 ml.¹³

5.3 Efecto antibacteriano de *Melaleuca alternifolia* en biopelícula dental.

El control de la biopelícula dental permite el mantenimiento de la salud bucal y previene el desarrollo de enfermedades como la caries y la enfermedad periodontal, ambas relacionadas con la pérdida dental.

Los fitoquímicos deben tener concentraciones inhibitorias mínimas (CIM) de 100 µg / mL o menos para ser considerados satisfactorios, estas concentraciones miden el grado de potencia de un antibiótico, es decir la concentración mínima de ese agente requerida para inhibir por completo la multiplicación de una cepa bacteriana y suele medirse en µg/mL como se muestra en la figura 15.³

Bacterial species	% (vol/vol)	
	MIC	MBC
<i>Acinetobacter baumannii</i>	1	1
<i>Actinomyces viscosus</i>	0.6	>0.6
<i>Actinomyces</i> spp.	1	1
<i>Bacillus cereus</i>	0.3	
<i>Bacteroides</i> spp.	0.06–0.5	0.06–0.12
<i>Corynebacterium</i> sp.	0.2–2	2
<i>Enterococcus faecalis</i>	0.5–>8	>8
<i>E. faecium</i> (vancomycin resistant)	0.5–1	0.5–1
<i>Escherichia coli</i>	0.08–2	0.25–4
<i>Fusobacterium nucleatum</i>	0.6–>0.6	0.25
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	0.25–0.3	0.25
<i>Lactobacillus</i> spp.	1–2	2
<i>Micrococcus luteus</i>	0.06–0.5	0.25–6
<i>Peptostreptococcus anaerobius</i>	0.2–0.25	0.03–>0.6
<i>Porphyromonas endodontalis</i>	0.025–0.1	0.025–0.1
<i>P. gingivalis</i>	0.11–0.25	0.13–>0.6
<i>Prevotella</i> spp.	0.03–0.25	0.03
<i>Prevotella intermedia</i>	0.003–0.1	0.003–0.1
<i>Propionibacterium acnes</i>	0.05–0.63	0.5
<i>Proteus vulgaris</i>	0.08–2	4
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1–8	2–>8
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.5–1.25	1–2
<i>S. aureus</i> (methicillin resistant)	0.04–0.35	0.5
<i>S. epidermidis</i>	0.45–1.25	4
<i>S. hominis</i>	0.5	4
<i>Streptococcus pyogenes</i>	0.12–2	0.25–4
<i>Veillonella</i> spp.	0.016–1	0.03–1

Figura 15. Susceptibilidad de especies bacterianas con *Melaleuca alternifolia*

Es una medida de la concentración del antibiótico requerida para prevenir la multiplicación de microorganismos de prueba, pero no indica la concentración necesaria para destruir la cepa, es decir la concentración bactericida mínima (CBM),^{3,14}

En estudios realizados *in vitro* se encontró una buena actividad antibacteriana del aceite de *Melaleuca alternifolia* al 0.2% con una reducción del biopelícula en las bacterias comúnmente asociadas con enfermedades periodontales, entre ellas *A. actinomycetemcomitans*, *Fusobacterium nucleatum* y *Porphyromonas gingivalis* y se demostró una reducción similar del microorganismo oral comparando a *Melaleuca alternifolia* 0.2% con clorhexidina 0.12%. Además, *Melaleuca alternifolia* mostró la capacidad de disminuir la expresión de genes relacionados con la virulencia y el estrés oxidativo en *P. gingivalis*. Teniendo en cuenta los resultados microbiológicos *in vivo*, *Melaleuca alternifolia* también mostró una mayor reducción en el número de colonias bacterianas de *Streptococcus mutans* en la saliva y la aplicación tópica en gel mostró una reducción adicional de *Melaleuca alternifolia* del 2,5% en la gingivitis en comparación con la clorhexidina del 0,2%. Por otro lado la utilización de nanopartículas demuestran tener un futuro prometedor en la industria farmacéutica, especialmente en fármacos antimicrobianos que se pueden sintetizar para mejorar las propiedades farmacológicas y terapéuticas, ya que tienen una liberación sostenida, una mayor selectividad(aumentando así el índice terapéutico) y reduciendo los efectos secundarios y la toxicidad.^{10,15}

Nogueira en 2013 realizó otro estudio enfocado al área del ortodoncia después de haber realizado la cuantificación del grupo de *Streptococcus mutans* en saliva, el gel dental de *Melaleuca alternifolia* tuvo una mayor eficacia en comparación con el gel de control. Por lo tanto, el gel desarrollado con *Melaleuca alternifolia* puede considerarse un coadyuvante eficaz para controlar la biopelícula en pacientes con

aparatos de ortodoncia fijos. A pesar de la acción eficiente del gel, no fue bien aceptado por una parte significativa de los sujetos, especialmente con respecto al sabor y la sensación, pero se puede corregir con aditivos.

La concentración del 5% que se ha utilizado demostró ser segura porque no hubo informes de complicaciones tóxicas o alteraciones sistémicas en comparación con la clorhexidina, también presentó una concentración inhibitoria de (10 mg / mL) comparable a la actividad informada contra *S. mutans* y *Lactobacillus* sp. aislados de la cavidad oral. Las propiedades antibacterianas de *Melaleuca alternifolia* se han atribuido al monoterpenoide, terpinen-4-ol, dado que los monoterpenoides son lipofílicos y se cree que se difunden y dañan las estructuras de la membrana celular, lo que provoca un aumento de la fluidez o desorganización de la estructura de la membrana e inhibición de enzimas unidas a membrana.^{16,17}

EO/strains	<i>Lactobacillus</i> spp.		<i>S. mutans</i>	
	1	2	1	2
<i>E. globulus</i>	64	16	64	64
<i>E. caryophyllata</i>	16	4	16	32
<i>L. verum</i>	>512	>512	>512	>512
<i>L. x intermedia</i> Grosso	16	16	16	256
<i>L. x intermedia</i> Sumian	32	2	32	512
<i>L. scoparium</i>	16	16	32	128
<i>M. alternifolia</i>	32	16	32	32
<i>M. arvensis</i>	16	4	8	16
<i>M. communis</i>	2	1	2	4
<i>M. piperita</i>	16	1	4	16
<i>R. officinalis</i>	1	1	1	32
<i>S. officinalis</i>	64	4	16	16
<i>T. capitatus</i>	4	4	16	8
<i>T. vulgaris</i>	4	4	16	8
Chlorhexidine	2	2	2	2

figura 16, CMI de aceites esenciales y clorhexidina

El objetivo principal de la clorhexidina es la membrana citoplásmica bacteriana, que generalmente esto resulta en la pérdida de organización estructural e integridad, y en la coagulación y precipitación de los componentes citoplasmático. Un producto anticaries que contenga menos clorhexidina pero que alcance el mismo nivel de potencia antimicrobiana sería altamente deseable; reducir la dosis efectiva de clorhexidina con la

adición de aceites esenciales puede prolongar su eficacia clínica y reducir los efectos secundarios asociados.¹⁸

En este último estudio que realizó Nogueira y colaboradores utilizaron un enjuague de marca comercial reconocida con *Melaleuca alternifolia* al 2% demostrando la reducción de la cantidad de microorganismos totales y *S. Mutans* en ambos. Sin embargo el enjuague de marca comercial utilizado tiene un mayor efecto residual y con ello es capaz de mantener su acción antimicrobiana durante 15 minutos después de la administración del enjuague, lo que no ocurrió con el *Melaleuca alternifolia* al 2%, no presentaron efectos adversos sin embargo, el gusto desagradable fue equivalente al de la clorexidina.

Otra alternativa que se ha estudiado es el uso de una pasta dental que contenga extracto etanólico de propóleo y *Melaleuca alternifolia* los cuales ayudan a mantener el equilibrio microbiológico oral y elimina los microorganismos que causan enfermedades de la encía y el tejido dental duro.^{16, 19,20}

5.4 Productos dentales con *Melaleuca alternifolia*

Existen una gama de productos de origen suizo destinados a mantener la salud oral, evitar biopelícula dental excesiva, tratar problemas de encías además de estimularlas y regenerarlas.

Presentan las siguientes cualidades:

- Valor de pH 6.5
- Anticaries – antibiopelícula dental
- Excelente adherencia, debido a la fórmula ligeramente viscosa
- Humedece la mucosa oral
- Sin alcohol ni conservantes
- No pigmenta los dientes
- No afecta el sentido del gusto

Existen diferentes presentaciones:

- Gel con 2% de *Melaleuca alternifolia* y spray al 2,5% para el cuidado intensivo de encías irritadas, mucosa oral y evita la formación excesiva de placa.



Figura 17. Presentación gel y spray.

- Pasta dental con y sin fluoruro al 0,75% de *Melaleuca alternifolia* para el cuidado intensivo de encías irritadas y mucosa oral, inhibe la formación de biopelícula dental, puede ser utilizado para tratar áreas específicas y previene la caries.
- Hilo dental infundido en *Melaleuca alternifolia* para obtener los espacios interdentales realmente limpios, se expande al contacto con la saliva en una hebra esponjosa y limpia de manera más efectiva.



Figura 18. Tebodont pasta e hilo dental

- Enjuague bucal 400ml y 250ml (con fluoruro) al 1.5% de *Melaleuca alternifolia*, ambos para el cuidado de las encías irritadas y la mucosa oral, la formación excesiva de placa y prevención de caries.^{21,22}



Figura 19, Enjuague bucal 400ml y 250 ml

Conclusiones

- La estructura de la biopelícula dental actúa como una barrera para la difusión de agentes antimicrobianos, a pesar de dicha protección *Melaleuca alternifolia* cumple la función de enjuague bucal pero presentando menos reacciones adversas y sin toxicidad a dosis bajas, demostrando tener diversas propiedades terapéuticas y un buen efecto antibacteriano ya que en su composición se encuentra el α -terpineol el cual muestra actividad antibacteriana contra microorganismos patógenos involucrados en enfermedad periodontal, actuando en la pared celular e inhibiendo la agregación entre las bacterias y la formación de biopelícula.
- Es importante tener en cuenta que los estudios *in vitro* son relevantes para establecer las interacciones bacterianas en la biopelícula dental, pero no simulan con precisión las condiciones de la cavidad oral, como la diversidad de nutrientes, cambios de humedad, pH, temperatura, saliva y la formación de biopelículas polimicrobianas, sobretodo tener en cuenta el sistema “quórum sensing”,
- De igual manera contemplar ciertas consideraciones para la conservación y estabilidad de *Melaleuca alternifolia* ya que en presencia de altas temperaturas y exposición a luz los niveles de α terpineno, γ -terpineno y terpinoleno pueden disminuir, mientras que los niveles de p-cimeno incrementan hasta diez veces; por otro lado los procesos de oxidación llevarían a la formación de peróxidos.
- Aunque ya existen productos dentales que contienen *Melaleuca alternifolia*, se requieren más investigaciones sobre este aceite esencial ya que puede llegar a ser una alternativa en casos donde existan más reacciones adversas a los agentes químicos actuales.

REFERENCIAS

1. Colombo A, Tanner A, The Role of Bacterial Biofilms in Dental Caries and Periodontal and Peri-implant Diseases: A Historical Perspective, Journal of Dental Research, 2019, Vol. 98(4) 373–385
2. Almaguer A, Villagomez J. Ecología Oral, 1ª edición, ciudad de México: editorial El Manual Moderno, 2017 pp. 10-150
3. Lamont J, Hajishengallis G., Jekinson H. Microbiología e inmunología oral 1ª edición, Ciudad de México, editorial El manual moderno, 2015, pp. 20-404.
4. Lindhe J, Lang N., Periodontología Clínica e Implantología Odontológica, 6ª edición, ciudad autónoma de Buenos aires, Médica Panamericana, 2017, pp 127- 247.
5. Melendez M , farmacología y terapéutica en Odontología, Panamericana, 1a edición, ciudad de méxico 2012 , pag, 220-926
6. Vazquez, J. Aromaterapia: una propuesta de un gel facial con aceite del árbol del té, hallado en Tesis UNAM, <http://132.248.9.195/pd2001/299774/Index.html>
7. Victores A, Estudio de una formulación fitoterapéutica para aplicación tópica con aceite esencial del Árbol del Té (Melaleuca alternifolia). Tesiunam, https://www.zaragoza.unam.mx/portal/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/qfb/tesis/tesis_victores_monroy.pdf
8. Carson C, Hammer K, Riley T, Melaleuca alternifolia (Tea Tree) Oil: a Review of Antimicrobial and Other Medicinal Properties. Clin. microbiology rev 2006;19:50–62

9. https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/1144/1/ACEITES_ESSENCIALES_EXTRAIDOS_DE_PLANTAS_MEDICINALES_Y_AROMATICAS.pdf
10. De Souza M y cols. Antimicrobial activity of Melaleuca alternifolia nanoparticles in polymicrobial biofilm in situ, Microbial Pathogenesis 2017;113:432-437
11. Zhang X, Guo Y, Guo L, Jian H, Ji Q, In Vitro Evaluation of Antioxidant and Antimicrobial Activities of Melaleuca alternifolia Essential Oil, BioMed Research International 2018;2018:1-8
12. Graziano T, Calil y cols, In vitro effects of Melaleuca alternifolia essential oil on growth and production of volatile sulphur compounds by oral bacteria, Scielo 2016;24(6):582-589 http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-77572016000600582&lng=en&nrm=iso&tlng=en
13. Hammer K, Dry L., Johnson M., Michalak E., Carson C., Riley T . Susceptibility of oral bacteria to Melaleuca alternifolia (tea tree) oil in vitro. Oral Microbiology Immunology 2003: 18: 389-392
14. França Leite K Y cols., Antibacterial Activity of Melaleuca alternifolia (tea tree essential oil) on, Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clinica Integrada 2017; 17: 1-8
15. Milton S, Petermann K, Vedovello S, Degan V, Lucato A, Franzini C, Antimicrobial effect of Melaleuca alternifolia dental gel in orthodontic patients, American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics 2014;145(2) 198-202.
16. Nogueira M, Correi M, Fontana A, Bedran T, Spolidorio D, "In Vivo" Comparative Evaluation of the Efficacy of Melaleuca Oil, Chlorhexidine and Listerine against Streptococcus mutans and Total Microorganisms in Saliva, Pesq Bras Odontoped Clin Integr,

João Pessoa, 2013,13(4):343-349

17. Casarin M. Y cols. *Melaleuca alternifolia* and its application against dental plaque and periodontal diseases: A systematic review, *Phytotherapy Research* 2017, 32:1–13.
18. Filoche S, Soma K, Sissons C, Antimicrobial effects of essential oils in combination with chlorhexidine digluconate, *Oral Microbiology Immunology* 2005; 20: 221–225
19. Piekarz T, Mertas A, Wiatrak K, Rój R, Kownacki P, The Influence of Toothpaste Containing Australian *Melaleuca alternifolia* Oil and Ethanolic Extract of Polish Propolis on Oral Hygiene and Microbiome in Patients Requiring Conservative Procedures, *Molecules* 2017; 22, 1-18
20. Brun P, Bernabè G, Filippini R, Piovan A, In Vitro Antimicrobial Activities of Commercially Available Tea Tree (*Melaleuca alternifolia*) Essential Oils, *Current Microbiology* 2019; 76(1): 108–116
21. <https://prezi.com/nsls6b2tvxwg/tebodont/>
22. <http://www.wild-pharma.com/typo/en/menu/dentistry/tebodont.html>

Anexos

Figura 1. - 5,7

Almaguer A. Ecología oral, 2017, <http://a.co/4hKZEBC>

Figura 6-8, 10-11

Lang NP, Lindhe J, Clinical periodontology and implant
2015 <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001001706739&lang=es&site=eds-live>

Figura 12

Oils4life <https://www.oils4life.co.uk/5ml-Tea-tree-ORGANIC-essential-oil-melaleuca-alternifolia>

Figura 13,

Etsy <https://www.etsy.com/listing/240332240/tea-tree-seeds-australian-tea-tree>

Figura 14

Edens Garden <https://www.edensgarden.com/products/tea-tree>

Figura 15

PubMed <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16418522>

Figura 16

PubMed <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28514868>

Figura 17-19

WildPharma <http://www.wildpharma.com/typo/en/menu/dentistry/tebodont.html>

Tabla 1

Colombo A, Tanner A, The Role of Bacterial Biofilms in Dental Caries and Periodontal and Peri-implant Diseases: A Historical Perspective, Journal of Dental Research, 2019, Vol. 98(4) 373–385

Almaguer A, Villagomez J. Ecología Oral, 1ª edición, ciudad de México: editorial El Manual Moderno, 2017 pp. 10-150

Tabla 2 .

Carson C, Hammer K, Riley T, Melaleuca alternifolia (Tea Tree) Oil: a Review of Antimicrobial and Other Medicinal Properties. Clin. microbiology rev 2006;19:50–62

<https://www.sis.se/api/document/preview/921469>

Sistema de Bibliotecas SENA , Introducción a la Industria de los Aceites Esenciales extraídos de Plantas Medicinales y Aromáticas.

Tabla 3

Melendez M , Farmacología y terapéutica en Odontología, Panamericana, 1a edición,Ciudad de México 2012 , pag, 220-926