



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

ESPECIALIDAD EN ODONTOLOGÍA ESTÉTICA, COSMÉTICA,  
RESTAURADORA E IMPLANTOLOGÍA

TESIS DE ESPECIALIDAD

**EVALUACIÓN DE LA FORMACIÓN DE BIOFILM EN MATERIALES  
PARA RESTAURACIONES PROVISIONALES SEGÚN LA TÉCNICA  
DE ELABORACIÓN**

PRESENTA

**ALBA ALICIA MATA GALVÁN**

SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P., MÉXICO, AGOSTO 2025



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

ESPECIALIDAD EN ODONTOLOGÍA ESTÉTICA, COSMÉTICA,  
RESTAURADORA E IMPLANTOLOGÍA

TESIS DE ESPECIALIDAD

**EVALUACIÓN DE LA FORMACIÓN DE BIOFILM EN MATERIALES  
PARA RESTAURACIONES PROVISIONALES SEGÚN LA TÉCNICA  
DE ELABORACIÓN**

PRESENTA

**ALBA ALICIA MATA GALVÁN**

DIRECTOR DE TESIS  
M.C.O. PAULA ROCÍO SÁNCHEZ ROBLES

CODIRECTOR  
PhD. MARINÉ ORTIZ MAGDALENO

ASESORES  
PhD. MARLEN GUADALUPE VITALES NOYOLA

AGOSTO 2025



Evaluación de la formación de biofilm en materiales para restauraciones provisionales según la técnica de elaboración © 2025 Por Alba Alicia Mata Galván. Se distribuye bajo Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International. Para ver una copia de esta licencia, visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

## **DEDICATORIA**

A mis padres Beatriz y Nicolás por haber estado a mi lado en cada paso en mi carrera. Gracias por acompañarme en los momentos difíciles y por alentarme a seguir adelante. Este logro es el reflejo de su amor y dedicación, y siempre les estaré agradecido por creer en mí en cada paso de este camino. Hasta el cielo papá. Sé que estarías orgulloso de verme culminar esta etapa.

A mis hermanos Leo, Glorys, Dany, Chava y Genaro, compañeros incondicionales en este camino, quienes con su ejemplo de trabajo, perseverancia y dedicación me han inspirado a alcanzar mis metas. Les dedico este logro con todo mi cariño.

A mi novio Alejandro por impulsarme a cumplir mis sueños y por su apoyo incondicional. Tu presencia ha sido un pilar fundamental en este proceso, y tu amor ha sido mi refugio en los días de mayor exigencia.

Este logro también es de todos ustedes. Mi más sincero agradecimiento.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al programa CONAHCyT por brindar apoyo para la realización de este trabajo bajo la clave CVU-1279505

A la Dra Marlen Vitales Noyola, encargada del laboratorio de microbiología de la Maestría en Endooncia de la UASLP y a Yaira Carolina Reyes Martínez, pasante de servicio social, quienes fueron un gran apoyo con los procesos de laboratorio para el desarrollo y la concreción del presente estudio.

## RESUMEN

### EVALUACIÓN DE LA FORMACIÓN DE BIOFILM EN MATERIALES PARA RESTAURACIONES PROVISIONALES SEGÚN LA TÉCNICA DE ELABORACIÓN

Las restauraciones dentales provisionales son fundamentales para proteger y reemplazar temporalmente un diente mientras se confecciona la restauración definitiva, influyendo directamente en la predictibilidad del resultado final. Dependiendo de sus propiedades y características, estas restauraciones son susceptibles a la colonización bacteriana y a la formación de biofilm en su superficie, teniendo afectación en la salud del paciente.

**Objetivo:** El presente estudio tiene como objetivo evaluar y cuantificar la formación de biofilm de *S. mutans* y *S. viridans* en la superficie de una resina impresa 3D, una resina fresada con tecnología CAD-CAM y una resina fotopolimerizable, materiales utilizados para restauraciones provisionales.

**Metodología:** Se inocularon 30 muestras previamente esterilizados con luz UV de cada uno de los materiales con *S. mutans* y *S. viridans*, mismas que se incubaron para su crecimiento, haciendo un recambio del medio de cultivo cada 48 horas durante 7 días para obtener un biofilm maduro sobre la superficie de dichos materiales. Pasado el tiempo de incubación, se realizó la medición de desarrollo por turbidez mediante densitómetro McFarland.

**Resultados:** Los resultados de este estudio evidencian que la técnica de elaboración de los materiales restauradores influye en la formación de biofilm de *S. mutans* y *S. viridans*. La composición físico-química y la textura superficial son factores determinantes e influyen en la colonización bacteriana, observándose una mayor afinidad de estas especies por las resinas fabricadas mediante técnica de fabricación aditiva 3D. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la formación de biofilm de *S. mutans* y *S. viridans* entre los materiales impresos y los polimerizados, lo que sugiere que otros factores pueden estar involucrados en este proceso.

**Palabras clave:** materiales provisionales, resina 3D, PMMA CAD-CAM, resina polimerizable, biofilm, *S. mutans*, *S. viridans*.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<i>ANTECEDENTES</i> .....	1
Composición química de los materiales de restauración provisional.....	1
PMMA.....	2
FABRICACIÓN ADITIVA.....	5
RESINA FOTOPOLIMERIZABLE .....	9
BIOFILM .....	12
ETAPAS DE LA FORMACIÓN DE BIOFILM .....	12
CLASIFICACIÓN DE ESTREPTOCOCOS .....	15
Streptococcus viridans .....	16
Streptococcus anginosus .....	17
Factores de virulencia de los estreptococos .....	18
Streptococcus mitis .....	19
Factores de virulencia de los estreptococos orales del grupo mitis .....	19
Streptococcus sanguinis .....	20
Streptococcus salivarius.....	20
Streptococcus mutans.....	21
Factores patogénicos de <i>S. mutans</i> .....	21
<i>PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</i> .....	25
<i>JUSTIFICACIÓN</i> .....	25
<i>HIPÓTESIS</i> .....	26
<i>OBJETIVOS</i> .....	26
OBJETIVO GENERAL .....	26
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	26

<i>MATERIAL Y MÉTODOS</i> .....	27
LUGAR DONDE SE REALIZÓ EL ESTUDIO .....	27
DISEÑO DEL ESTUDIO .....	27
MUESTREO .....	27
TAMAÑO DE LA MUESTRA .....	27
NÚMERO DE GRUPOS .....	28
CRITERIOS DE INCLUSIÓN .....	28
CRITERIOS DE NO INCLUSIÓN .....	28
CRITERIOS DE ELIMINACIÓN .....	28
DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES.....	29
PLAN DE TRABAJO .....	30
Elaboración de modelos de estudio.....	30
Desarrollo de biofilm en modelo de estudio.....	32
Cuantificación del desarrollo de biofilm .....	39
<i>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</i> .....	40
<i>CONSIDERACIONES ÉTICAS</i> .....	41
NORMAS QUE APLICAN A LOS PROCEDIMIENTOS .....	41
DECLARACIÓN DE INTERESES .....	41
<i>RESULTADOS</i> .....	42
<i>DISCUSIÓN</i> .....	57
<i>LIMITACIONES Y/O NUEVAS PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN:</i> .....	61
<i>CONCLUSIONES</i> .....	61
<i>BIBLIOGRAFÍA</i> .....	62
<i>ANEXOS</i> .....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> ESPECIES DE S. VIRIDANS Y SUS PATOLOGÍAS ASOCIADAS. ....	17
<b>TABLA 2.</b> VARIABLES INDEPENDIENTES .....	29
<b>TABLA 3.</b> VARIABLES DEPENDIENTES.....	30
<b>TABLA 4.</b> ASPECTO DE LA FORMACIÓN IN VITRO DE BIOFILM DE S. MUTANS Y S. VIRIDANS EN LOS MATERIALES DE RESTAURACIÓN PROVISIONAL .	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIG 1. TOMA DE PORCIÓN DE RESINA POLIMERIZABLE.....	31
FIG 2. EMPACADO DE LA RESINA EN LA PLANTILLA.....	31
FIG 3. POLIMERIZADO DE LAS MUESTRAS.....	31
FIG 4. DISCOS OBTENIDOS DE RESINA POLIMERIZABLE.....	31
FIG 5. ESTERILIZACIÓN DE DISCOS CON LUZ UV DENTRO DE LA CAMPANA DE FLUJO LAMINAR.....	32
FIG 6. ESTERILIZACIÓN DE ASA PARA LA SIEMBRA.....	33
FIG 7. TOMA Y SIEMBRA DE MICROORGANISMOS DEL CEPARIO.....	33
FIG 8. INCUBACIÓN DE LA SIEMBRA A 35°C ± 2°C DURANTE 24 H.....	33
FIG 9. OBSERVACIÓN MACROSCÓPICA DE UFC DEL GÉNERO STREPTOCOCCUS.....	34
FIG 10. OBSERVACIÓN MACROSCÓPICA DE UFC DEL GÉNERO STREPTOCOCCUS.....	34
FIG 11. OBSERVACIÓN MACROSCÓPICA DE UFC DEL GÉNERO STREPTOCOCCUS.....	34
FIG 12. OBSERVACIÓN MACROSCÓPICA DE UFC DEL GÉNERO STREPTOCOCCUS.....	34
FIG 13. SUSTANCIAS UTILIZADAS PARA LA TINCIÓN DE GRAM.....	35
FIG 14. TINCIÓN DE GRAM PARA VERIFICAR LA PUREZA Y VIABILIDAD DE LAS CÉLULAS.....	35
FIG 15. OBSERVACIÓN AL MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO DE ESPECIES DE STREPTOCOCCUS.....	36
FIG 16. OBSERVACIÓN AL MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO DE ESPECIES DE STREPTOCOCCUS.....	36
FIG 17. OBSERVACIÓN AL MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO DE ESPECIES DE STREPTOCOCCUS.....	36
FIG 18. OBSERVACIÓN AL MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO DE ESPECIES DE STREPTOCOCCUS.....	36

FIG 19. COLOCACIÓN DE DISCOS ESTÉRILES EN CALDO NUTRITIVO.....	37
FIG 20. COLOCACIÓN DE DISCOS ESTÉRILES EN CALDO NUTRITIVO.....	37
FIG 21. SUSPENSIÓN BACTERIANA EN AGUA DESTILADA ESTÉRIL.....	37
FIG 22. DENSIDAD DE LA SUSPENSIÓN BACTERIANA EN ESCALA DE MC FARLAND.....	37
FIG 23. INOCULACIÓN DE LAS MUESTRAS CON ESPECIES DE STREPTOCOCCUS.....	38
FIG 24. MUESTRAS INOCULADAS CON STREPTOCOCCUS SPP.....	38
FIG 25. INCUBACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	38
FIG 26. MUESTRAS CON BIOFILM MADURO DE 7 DÍAS.....	39
FIG 27. AGITACIÓN DE LAS MUESTRAS EN VÓRTEX.....	40
FIG 28. MEDICIÓN DE TURBIDEZ EN ESCALA DE MC FARLAND.....	40
FIG 29. CARGA MICROBIANA DE STREPTOCOCCUS VIRIDANS EN LOS DIFERENTES MATERIALES DE RESTAURACIÓN PROVISIONAL EN ESCALA DE MCFARLAND.....	42
FIG 30. UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS DE BIOFILM DE STREPTOCOCCUS VIRIDANS EN LOS DIFERENTES MATERIALES DE RESTAURACIÓN PROVISIONAL.....	44
FIG 31. CARGA MICROBIANA DE STREPTOCOCCUS MUTANS EN LOS DIFERENTES MATERIALES DE RESTAURACIÓN PROVISIONAL EN ESCALA DE MCFARLAND.....	46
FIG 32. UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS DE BIOFILM DE STREPTOCOCCUS MUTANS EN LOS DIFERENTES MATERIALES DE RESTAURACIÓN PROVISIONAL.....	48
FIG 33. CARGA MICROBIANA DEL BIOFILM DE STREPTOCOCCUS MUTANS EN COMPARACIÓN AL BIOFILM DE STREPTOCOCCUS VIRIDANS EN EL MATERIAL POLIMERIZADO EN ESCALA DE MCFARLAND.....	50

FIG 34. CARGA MICROBIANA DEL BIOFILM DE STREPTOCOCCUS MUTANS EN COMPARACIÓN AL BIOFILM DE STREPTOCOCCUS VIRIDANS EN EL MATERIAL FRESADO EN ESCALA DE MCFARLAND.....	52
FIG 35. CARGA MICROBIANA DEL BIOFILM DE STREPTOCOCCUS MUTANS EN COMPARACIÓN AL BIOFILM DE STREPTOCOCCUS VIRIDANS EN EL MATERIAL IMPRESO EN ESCALA DE MCFARLAND.....	54

---

## **ANTECEDENTES**

Las restauraciones dentales provisionales son utilizadas para reemplazar o proteger un diente de manera temporal mientras es confeccionada la restauración definitiva y a su vez, su adecuada elaboración es un factor de predictibilidad de la futura de la restauración (1).

Diversos procedimientos clínicos necesitan una etapa provisional, como restauraciones unitarias, alargamientos de corona, rehabilitación sobre implantes y casos más extensos como reconstrucciones de arcadas completas. Asimismo, las restauraciones provisionales pueden diseñarse para evaluar la eficiencia de un plan de tratamiento determinado (2).

Suelen permanecer poco tiempo en cavidad oral. Sin embargo, algunas de ellas pueden durar largos periodos de tiempo cuando tienen objetivos específicos. Por lo tanto, deben cumplir una serie de requisitos como proveer al diente protección pulpar de irritantes químicos, térmicos y bacterianos (2) y favorecer la estabilidad posicional del mismo, cumpliendo a su vez una función oclusal, capaz de tener fuerza y retención en el sustrato, de manera que sea de fácil limpieza y cumpla al mismo tiempo una función estética (3) fonética y masticatoria (2)

### **Composición química de los materiales de restauración provisional**

1. Monometacrilatos o resinas acrílicas (Polimetilmetacrilato (PMMA) o polietil metacrilato (PEMA) (4)
2. Resinas bis-acrílicas o dimetacrilatos (3,4)

---

Dimetacrilato de bisfenol A glicidilo- BISGMA  
Dimetacrilato de trietilenglicol – TEGDMA  
Dimetacrilato de uretano – UDMA (bis-acrilato) (5)

### 3. Resinas compuestas (4)

Según el método de elaboración, los materiales de restauración provisional se pueden clasificar en dos tipos principales: técnicas convencionales o digitales (2). Las ventajas de las técnicas convencionales abarcan una manipulación sencilla, a través de mezcla manual o en pistola dosificadora y su vaciado en una matriz preformada (6). No obstante, requieren un tiempo de elaboración mayor e inevitablemente generan irritación a los tejidos en su técnica directa por la exotermia de polimerización (7).

Las técnicas digitales abarcan tecnologías sustractivas (fresado) o aditivas (impresión 3D)(8).

El fresado es un procedimiento mediante el cual el material es sustraído de un bloque prepolimerizado (9). Éste requiere de un software de diseño previo, así como equipo especial para su elaboración. Sus principales desventajas son el desecho de material y su exactitud depende de la herramienta empleada para su fabricación (10).

El método aditivo se basa en el incremento por capas de distintos materiales como composites, cerámicas e incluso metales, apoyado en un diseño digital computarizado. Sus principales ventajas se basan en la precisión de detalles, la reducción de desperdicio de materia prima (4,11), así como la disminución de errores de fabricación al economizar el número de pasos para su elaboración con un coste moderado (4).

## **PMMA**

El PMMA es un polímero inodoro y sintético de ácido acrílico (por oxidación de acroleína), que Redtenbacher describió por primera vez en 1843 (12). Su (nombre

IUPAC: poli [1-(metoxicarbonil)-1-metil etileno] preparado mediante la adición de radicales libres y la polimerización de metacrilato de metilo (C<sub>5</sub>O<sub>2</sub>H<sub>8</sub>) a metacrilato de polimetilo ( C<sub>5</sub> O<sub>2</sub>H<sub>8</sub> )(13).

El PMMA está disponible de manera convencional en forma de polvo-líquido. El polvo está constituido por un polímero transparente (PMMA), al que generalmente, se añaden pigmentos y fibras sintéticas acrílicas o de nailon para mejorar las propiedades mecánicas y la estética. El líquido contiene un monómero de metacrilato de metilo, agentes reticulantes e inhibidores.

El PMMA es un polímero fuerte pero ligero, con una densidad de 1,17-1,20 g/cm<sup>3</sup> que posee una resistencia a la compresión entre 85 y 110 MPa y una resistencia a la tracción entre 30 y 50 MPa. El PMMA tiene buen grado de compatibilidad con el tejido humano. Cobró popularidad drásticamente en la década de 1950-1960, cuando se incrementó su uso en aplicaciones como dentaduras, restauraciones provisionales e incluso maxilofaciales .

Debido a su alta biocompatibilidad y baja toxicidad, se ha ampliado su uso en dientes prefabricados para dentaduras, obturadores, férulas oclusales,(13) retenedores de ortodoncia, restauraciones provisionales, modelos impresos o fresados, como matriz para la inclusión de muestras con fines de investigación, la fabricación de prótesis e implantes de todo tipo; como alternativa al vidrio y a acero inoxidable (6).

Las restauraciones provisionales convencionales suelen elaborarse a base de Polimetilmetacrilato (acrílico) de curado en frío, debido a sus características como su baja densidad, estética, facilidad de manipulación y propiedades físicas y mecánicas adaptables y a su bajo coste (6). Sin embargo, una de sus principales desventajas es la reacción de exotermia que genera en boca por su repercusión en el tejido pulpar, alta contracción de polimerización y la gran cantidad de monómeros residuales (3).

---

Asimismo, sus características físicas tienen tendencia a una alta acumulación de biofilm (14) y su facilidad de manejo clínico sigue siendo cuestionable.

El uso de PMMA en presentación CAD CAM ha mejorado sus propiedades físicas y mecánicas, comparados con el método convencional. Sin embargo, la elaboración con la técnica de impresión 3D disminuye el tiempo de fabricación y genera menos desperdicio de materiales(3).

Las prótesis de acrílico se realizan a través de esferas de PMMA pre-polimerizadas en polvo que se mezclan con un monómero líquido de Metil-Metacrilato, Peróxido de Benzoilo (iniciador), y NN-Dimetil-P-Toluidina (acelerador), y se colocan bajo calor y presión controladas para producir una estructura de PMMA polimerizada y endurecida en forma de bloques o discos para su fresado mediante técnicas CAD- CAM.

Las restauraciones provisionales de PMMA están indicadas por períodos hasta de 6 meses a 1 año, sin embargo el PMMA presenta algunas limitaciones ya que carece de propiedades antimicrobianas (15), baja estabilidad del color y propiedades mecánicas que dependen de las condiciones de procesamiento y precisión (16) muestra una alta absorción de agua y poca resistencia a la flexión y al impacto (17).

El grado de dureza del PMMA pre-polimerizado permite un fresado fácil y rápido, que implica menor desgaste de las . Es adecuado para realizar todo tipo de prótesis provisionales con alta precisión y estética. Sin embargo su principal desventaja es el coste elevado, ya que necesitan de un equipo especial para su confección (1).

En general, los materiales a base de PMMA muestran una contracción de polimerización en un rango de -0,50 a -0,58%. (13).

---

En contraste con el PMMA, las resinas bisacrílicas reducen la contracción y la exotermia durante el proceso de polimerización y mejora la estabilidad de color. Si bien incrementa los costes al requerir de puntas mezcladoras, genera un polímero más uniforme y mejora su rendimiento (16).

Hoy en día existen otros materiales con distintas técnicas de elaboración que ofrecen características deseables en una restauración provisional, como ser biológicamente inertes, poseer buenas propiedades mecánicas suficientes para soportar cargas oclusales y al mismo tiempo pueda ser reparado o modificado, brindando buena estabilidad de color y que su manipulación y tiempo de trabajo sean los apropiados (1).

## **FABRICACIÓN ADITIVA**

La fabricación aditiva, comúnmente conocida como impresión tridimensional (3D), es una técnica avanzada de producción que se basa en tecnologías de diseño asistido por computadora (CAD) y fabricación asistida por computadora (CAM). Este proceso permite la creación de objetos tridimensionales mediante la deposición secuencial y controlada de capas de material, conforme a un modelo digital previamente diseñado (18) y su curado selectivo por medio de luz.

Este método de fabricación ha cobrado popularidad debido a que tiene ventajas como una elevada precisión y exactitud en los resultados en una menor cantidad de tiempo, optimizando las sesiones tanto para el clínico como para el paciente (14). Sus usos se extienden en la fabricación de instrumentos médicos y para la industria, la arquitectura y la construcción. Han cobrado popularidad por su versatilidad y en odontología se usan para conformar prototipos que pueden materializarse como la impresión de modelos 3D. Algunos tipos de resinas pueden usarse en la fabricación de férulas dentales, dispositivos de ortodoncia y bases para dentadura, así como restauraciones unitarias o múltiples que cumplen las funciones de un provisional.

---

Los sustratos más populares para la fabricación aditiva son materiales a base de polímeros, principalmente resinas. Las resinas de base acrílica y metacrílica son las que más se utilizan en prótesis (19,20).

Las resinas para impresión están compuestas por monómeros líquidos que son fotosensibles, y en algunos casos, termoendurecibles. Después de la impresión, los objetos se someten a un proceso de curado por medio de láser o luz ultravioleta (UV) para lograr una reticulación adicional de los grupos químicos monoméricos que no han reaccionado, lo que potencia sus propiedades mecánicas (21).

Los componentes de una resina para impresión 3D podrían clasificarse en cuatro grupos que incluyen (18).

### **Metacrilato de metilo (MMA) y derivados**

- BisEMA-Dimetacrilato de etoxilato de bisfenol A o dimetacrilato de glicol de bisfenol A etoxilado
- BisGMA-Metacrilato de glicidilo de bisfenol A o 2,2-bis[4-(3-metacriloxi-2-hidroxipropoxi)fenil]propano
- BisPMA- Dimetacrilato de bisfenol A propoxilado
- HEMA- Metacrilato de hidroxietilo o ácido propenoico, 2-metil-, éster 2-hidroxietílico o metacrilato de 2-hidroxietilo
- HEGDMA- dimetacrilato de hidroxietilglicol
- PEGDMA-Dimetacrilato de polietilenglicol
- TCD-DI-HEA- Ácido 2-propenoico; éster (octahidro-4,7-metano-1H-indeno-5-difílico) bis(metileniminocarboniloxi-2,1-etanodifílico)
- TEEGDMA- dimetacrilato de tetraetilenglicol
- TEGDMA- Dimetacrilato de trietilenglicol
- THFMA-Tetrahidrofurfurilmetacrilato
- TMPTM- Trimetacrilato de trimetilolpropano

- 
- TPO- Óxido de difenil (2,4,6-trimetilbenzoil) fosfina
  - UDMA-dimetacrilato de uretano
  - UMA-metilacrilato de uretano

### **Fotoiniciadores**

- 4-dimetilaminobenzoato de etilo
- TCD-DI-HEA
- TPO- Óxido de difenil (2,4,6-trimetilbenzoil) fosfina
- Óxido de difenilfosfina
- Metil trans-estiril cetona
- 2-isopropiltioxantona

### **Estabilizadores UV/Filtros UV/Absorbentes UV**

- 4-Metilbencilideno alcanfor

### **Otros aditivos**

El metilmetacrilato (MMA) es un monómero perteneciente a la familia de las resinas acrílicas, ampliamente empleado en múltiples aplicaciones odontológicas. Funciona como monómero primario y su principal función es formar una estructura sólida, a través del proceso de polimerización. Contribuye a la resistencia y durabilidad del polímero final. Sin embargo, se ha documentado la presencia de monómeros de MMA libres residuales, como consecuencia de un grado incompleto polimerización o curado, los cuales pueden inducir efectos citotóxicos, así como reacciones adversas de tipo dermatológico (dermatitis) y neurológico (neuropatía)(18).

También se ha descrito que estos efectos pueden disminuirse en los procesos de lavado después de su manufactura. Un estudio afirmó que el postratamiento con etanol disminuía la toxicidad de los materiales, mejorando así la seguridad de los objetos impresos en 3D (19). Del mismo modo, otros autores han destacado la

importancia de las condiciones de curado, demostrando que las temperaturas elevadas reforzaron la resistencia y la viabilidad de las resinas (22)

Por lo tanto la seguridad del uso de estos productos depende en gran medida del grado de conversión monomérica de la resina y del tiempo que dure en contacto con los tejidos (18).

Los fotoiniciadores son moléculas complejas, cuya función principal es la absorción de luz ultravioleta y la formación de radicales libres para iniciar el proceso de polimerización. Éstos permiten controlar el tiempo y la profundidad de curado (18). Su alternancia puede causar cambios en el grado de conversión, dureza y biocompatibilidad del material (23).

Los estabilizadores UV son compuestos que previenen la degradación del material causada por la radiación UV, la cual produce deterioro de sus propiedades mecánicas y ópticas. Al impedir la fotodegradación, mantienen la integridad de los componentes impresos, para mejorar el rendimiento y duración del polímero (18)

Los aditivos desempeñan un papel fundamental en la estabilización química de la resina, al inhibir reacciones de polimerización prematura y prolongar su vida útil en condiciones de almacenamiento (18). Asimismo, estos compuestos añaden o mejoran propiedades específicas a la resina a través de la adición de pigmentos para mejorar la apariencia visual y la estabilidad de color (24), partículas de relleno que aportan una mejoría en la resistencia, rugosidad superficial, elasticidad y dureza del polímero (14), como así como otros compuestos que inhiben la adherencia y crecimiento de microorganismos (14), mejoran su consistencia y disminuyen la contracción (18), de la resina.

Una vez completado el proceso de curado, el material puede emplearse en su forma original o puede ser perfeccionado mediante técnicas tradicionales, como el pulido o el esmaltado (25).

Existe una amplia gama de estas resinas de alta precisión, que proporcionan buenos resultados, debido al equilibrio entre sus propiedades mecánicas, ópticas y estéticas, lo cual favorece su integración entre los dientes existentes. Tienen baja solubilidad y mínima sorción de agua, además de mantener estabilidad en cavidad oral y baja toxicidad. (26).

Los materiales de restauración resinosos a base de metacrilato se han implementado desde la década de 1960 (27,28) y se han popularizado como materiales para restauración provisional debido a su facilidad de manejo, biocompatibilidad, estética y excelentes propiedades físicas y químicas (16)

## **RESINA FOTOPOLIMERIZABLE**

**Composición química de una resina fotopolimerizable:** (27,28)

**Matriz**, (15-50% en peso) cuya función es la plasticidad y la polimerización, compuesta por:

- BisGMA- metacrilato de bisfenol A-glicidilo
- TEGDMA-dimetacrilato de trietilenglicol
- UDMA-dimetacrilato de uretano
- HEMA-metacrilato de 2-hidroxietilo
- BisEMA- dimetacrilato de bisfenol A etoxilado
- EGDMA-dimetacrilato de etilenglicol

**Partículas de relleno**, que otorgan las propiedades mecánicas y estéticas del material (29)

- Silicio

- 
- Cuarzo
  - Borosilicatos
  - Zirconio
  - Óxidos de aluminio

**Agente de unión o acoplamiento** entre la matriz y el relleno

- Silano
- Zirconato
- Titanato

**Fotoiniciadores**, que inician el proceso de polimerización de la matriz

- CQ-Canforquinona
- PQ-fenantrenoquinona
- TPO-óxido de trimetilbenzoildifenilfosfina

Los materiales polimerizados por luz visible precisan añadir dimetacrilato de uretano y canforoquinona (fotoiniciador) que requiere luz visible para su catalización, así como materiales de relleno como micropartículas de sílice, que mejoran sus propiedades como la contracción de polimerización. A diferencia de las resinas de metacrilato, Los materiales polimerizados por luz visible muestran una toxicidad tisular menor, comparado a las resinas de metacrilado(30).

Dependiendo de la composición de la matriz orgánica, del volumen y la cantidad de relleno inorgánico, así como la forma y tamaño de partícula, puede variar la consistencia y viscosidad de las resinas (27).

Los materiales resinosos fotopolimerizables son polímeros estructuralmente complejos, que se forman a partir de monómeros lineales con moéculas de grupos metacrilato en sus extremos, mismos que, en presencia de moléculas iniciadoras, reaccionan a una fuente luminosa externa para iniciar el proceso de polimerización. Los fotoiniciadores, una vez activados, generan radicales libres que inician la ruptura de los enlaces dobles carbono-carbono (C=C) presentes en los grupos metacrilato de

los monómeros, promoviendo su conversión en enlaces simples (C–C) y desencadenando así una reacción de polimerización en cadena y un cambio físico de la materia de viscoso a sólido (27,28,31).

La polimerización en cadena da lugar a la formación de una red tridimensional reticulada. Esta matriz polimérica está estabilizada por enlaces covalentes, predominantemente de tipo éster, uretano y amida, además de interacciones intermoleculares no covalentes, como las fuerzas de van der Waals.

Las propiedades finales del polímero dependen de las características particulares de cada monómero, y de las sinergias que se generan al combinarlos (29)

Cabe destacar que el grado de conversión monomérica no siempre se da de manera completa, liberándose parte de ellos a la cavidad oral mediante un proceso de lixiviación, que generan efectos de citotoxicidad, generando estrés oxidativo (28,29). Por lo tanto, la fotopolimerización adecuada de un composite es crucial para su éxito y requiere de una adecuada fuente de energía luminosa para generar una buena potencia o excitancia radiante para incidir sobre la superficie objetivo, ya que parte de la luz se atenúa mediante la absorción y dispersión y la cantidad de luz recibida (irradiancia) es la que dará paso a la fotopolimerización (31).

Es importante generar una buena profundidad de curado, lo cual depende de la energía luminosa y del grosor de incrementos de material por parte del operador. Una polimerización deficiente puede generar consecuencias en los composites, tales como:

- Ruptura de la matriz de resina
- Mayor desgaste y fracturas
- Aumento de la elución de monómeros
- Cambios de color
- Aumento en la colonización bacteriana (31)

## **BIOFILM**

Es bien sabido que la cavidad oral es un reservorio de microorganismos importante, principalmente formado por bacterias, virus, hongos, arqueas y protozoos (32), los cuales se organizan con otras sustancias como carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos para formar una biopelícula con capacidad patogénica, que ocasiona repercusiones en los tejidos duros y blandos de la cavidad oral (33).

Las biopelículas o biofilm son un grupo de microorganismos o colonias bacterianas altamente estructuradas que viven dentro de una matriz de sustancia polimérica extracelular producida por ellos mismos (34) y se adhieren entre sí en superficies vivas o inertes y su ritmo de crecimiento puede variar comparado cuando están en su forma libre, conocida como forma planctónica (35).

Estudios previos han reportado un crecimiento acelerado en la formación de biopelículas en materiales de restauración provisional como los composites, similar a lo que ocurre con el esmalte natural, pero con un patrón de crecimiento distinto entre sí y con otros materiales restauradores (36).

El proceso de formación de las biopelículas está afectado por factores externos como la temperatura, el pH, la gravedad, las fuerzas hidrodinámicas, los movimientos brownianos, las características de las superficies en las que se desarrollan, así como por los mensajeros secundarios y otras moléculas que actúan como señalizadoras. La formación de biopelículas es un proceso complejo que comprende múltiples etapas (35).

## **ETAPAS DE LA FORMACIÓN DE BIOFILM**

Las etapas de la formación de biofilm pueden dividirse en cuatro:

---

## **Adhesión**

Adhesión de microorganismos planctónicos a las superficies, la cual puede ser reversible e irreversible, seguida de una división microbiana para formar microcolonias (35).

La adhesión bacteriana inicial puede variar dependiendo de las propiedades de las superficies. las bacterias a menudo tienen carga negativa y, por lo tanto, existen posibilidades de colonización de superficies con cargas opuestas (37).

Esta etapa se caracteriza por la presencia de microorganismos unidos polarmente a las superficies. Posteriormente, los microorganismos cambian la orientación para quedar planos sobre las superficies y buscan una unión irreversible que desarrolla resistencia a muchos factores físicos que dificultan la formación de biopelículas. El monofosfato de guanosina dimérico bis-(3'-5')-cíclico (c-di-GMP) es una molécula de señalización intracelular que desempeña un papel importante en las primeras etapas de la formación de biopelículas al restringir la motilidad de natación mediada por flagelos y aumentar la producción de la matriz de la biopelícula (35).

Una biopelícula madura es una mezcla heterogénea de células planctónicas (verdes flageladas), sésiles (verdes), persistentes (marrones) y muertas (negras); además, esta comunidad incluye canales de agua que permiten el paso de nutrientes y moléculas, así como varias sustancias que ayudan a mantener la estructura y la comunicación entre las células, como las acil-homoserina lactonas (AHL), lípidos, polisacáridos, proteínas y ADN extracelular (ADNe)(35).

## **Crecimiento o formación de microcolonias (35)**

Poco después de la adhesión de los microorganismos a las superficies, estos inician su multiplicación y agregación dentro de la sustancia polimérica extracelular autoproducida, lo que lleva a la formación de microcolonias en presencia de una alta

---

concentración de c-di-GMP. La movilidad mediada por flagelos y pili tipo IV es importante para las interacciones entre microorganismos y superficies, y para las agregaciones intercelulares que forman microcolonias, respectivamente (35).

### **Maduración (35)**

La sustancia polimérica extracelular juega un papel crucial en la maduración de la biopelícula, ya que ayuda en la adhesión microbiana a las superficies, estabilizando la estructura 3-D de la biopelícula, agrupando células, protegiendo de varios estreses (35). Una biopelícula madura es una estructura de tres capas: capa reguladora interna, capa basal microbiana media y capa externa habitada por la forma planctónica de microorganismos que están listos para salir de la biopelícula (35).

### **Dispersión (35)**

Finalmente, la biopelícula madura se rompe de forma activa (dispersión dependiente de la motilidad y la degradación de la sustancia polimérica extracelular) o pasiva (dispersión dependiente de factores físicos como la dispersión dependiente del flujo de líquido) para dispersar los microorganismos e iniciar un nuevo ciclo de formación de la biopelícula. Algunos de los principales factores responsables de la dispersión de la biopelícula madura incluyen el aumento en la densidad poblacional microbiana, la competencia intermicrobiana por recursos limitados y la deficiencia de nutrientes en el entorno (35).

La flora microbiana es compleja y se han reportado aproximadamente más de 800 especies distintas como habitantes habituales de la cavidad oral, dentro de las cuales, los estreptococos son de los colonizadores principales (38), los cuales constituyen entre el 5 y el 20 % de un adulto sano (39).

Los estreptococos representan colonizadores primarios de la cavidad oral, donde se encuentran de manera ubicua y constituyen un componente esencial de la microbiota comensal asociada al biofilm dental. Su rol en la interacción con el huésped es dual:

por una parte, desempeñan funciones beneficiosas al contribuir al mantenimiento de la homeostasis microbiana y ser fundamentales para preservar la salud oral. En este contexto, participan en la estructuración de la comunidad microbiana oral, modulan la respuesta inmunológica del huésped favoreciendo la tolerancia a la microbiota residente y ejercen un efecto antagonista frente a microorganismos patógenos (40).

En la cavidad oral, los microorganismos, que incluyen tanto bacterias comensales como patógenos oportunistas, coexisten en un estado de equilibrio dinámico bajo condiciones fisiológicas normales. Sin embargo factores adversos como una elevada ingesta de azúcares fermentables y una higiene deficiente pueden inducir la formación de biopelículas con una alta producción de ácidos orgánicos. La persistencia de un pH reducido en el microambiente de la biopelícula favorece la selección y proliferación de especies microbianas acidogénicas y acidúricas, lo que conduce a una disbiosis del ecosistema oral y, en última instancia, al desarrollo de lesiones cariosas (34).

Los estreptococos son bacterias grampositivas, anaerobias facultativas (40)

## **CLASIFICACIÓN DE ESTREPTOCOCOS**

El género *Streptococcus* se clasificó en ocho grupos distintos basados en las relaciones filogenéticas entre sus miembros; estos son los grupos *mitis*, *sanguinis*, *anginosus*, *salivarius*, *downei*, *mutans*, *pyogenic* y *bovis*. Entre estos grupos, así como entre especies dentro del mismo grupo, se pueden observar diferencias en virulencia y patogenicidad. Por ejemplo, los miembros del grupo *mutans*, p. ej., *Streptococcus mutans* y *Streptococcus sobrinus*, se han identificado como especies con alto potencial cariogénico (40).

El potencial cariogénico de *Streptococcus mutans* proviene de tres rasgos característicos: la capacidad de las especies para sintetizar grandes cantidades de glucosiltransferasas y glucano extracelular a partir de sacarosa, (lo cual favorece la

---

formación de biofilm) (41), su capacidad para metabolizar una amplia gama de carbohidratos en ácidos orgánicos, es *decir*, su acidogenicidad, y su tolerancia a condiciones de estrés ambiental como el pH bajo, es *decir*, su naturaleza acidúrica (40).

## **Streptococcus viridans**

Los estreptococos del grupo viridans (VGS, por sus siglas en inglés) conforman un conjunto filogenéticamente heterogéneo de especies gram positivas, anaerobios facultativos (38) comensales y oportunamente patógenas, que se agrupan en cinco grupos principales: el grupo *Streptococcus mitis*, el grupo *Streptococcus salivarius*, el grupo *Streptococcus anginosus* (denominado anteriormente *Streptococcus milleri*, aunque esta nomenclatura carece de validez taxonómica oficial), el grupo *Streptococcus mutans* y el grupo *Streptococcus bovis*, este último frecuentemente clasificado como estreptococos del grupo D debido a características serológicas compartidas (42) La clasificación taxonómica de los estreptococos del grupo viridans (VGS) ha experimentado una evolución constante, impulsada por los avances en los métodos y criterios de identificación bacteriana, por lo que otros autores han clasificado a *S. Viridans* en *Streptococcus salivarius*, *S. mutans*, *S. oralis*, *S. mitis*, *S. sanguinis* y *S. gordonii*, como sus principales especies (38).

La denominación “viridans” deriva del término latino *viridis*, que significa “verde”, y hace referencia al halo verdoso característico que rodea a las colonias de estas bacterias cuando se cultivan en agar sangre, fenómeno asociado a la hemólisis parcial de los eritrocitos (43).

Los estreptococos del grupo viridans (VGS) constituyen un componente relevante de la microbiota comensal humana, colonizando de manera habitual la orofaringe, vagina y tracto gastrointestinal (42), Están implicados en una amplia variedad de infecciones

tanto orales como sistémicas, entre las cuales se incluyen, con mayor frecuencia, la caries dental, la endocarditis infecciosa, la meningitis y la neumonía. (38).

**Tabla 1.** Especies de *S. viridans* y sus patologías asociadas.

Tomada de Lopardo HA et al (2022) Beta-lactam antibiotics and viridans group streptococci. Revista Argentina de Microbiología. 54 (4) 335-343 (42)

Grupo de especies	Patologías asociadas más frecuentemente
<i>S. mutans</i>	Caries, endocarditis
<i>S. mitis</i>	Endocarditis, bacteremia en pacientes neutropénicos
<i>S. salivarius</i>	Bacteremia transitoria, endocarditis, meningitis iatrogénica, escasa asociación con neoplasias malignas intestinales
<i>S. bovis</i>	Bacteremia, sepsis, endocarditis ( <i>S. gallolyticus</i> subsp. <i>gallolyticus</i> = cáncer colorrectal). ( <i>S. gallolyticus</i> subsp. <i>pasteurianus</i> = meningitis, infecciones del tracto urinario)
<i>S. anginosus</i>	Absceso y empiema, raramente endocarditis

### **Streptococcus anginosus**

Este grupo comprende las especies *Streptococcus anginosus*, *S. intermedius* y *S. constellatus*. Estas bacterias forman parte de la microbiota comensal de la cavidad oral, el tracto gastrointestinal, el aparato genitourinario y la mucosa vaginal (38). Se considera un microorganismo oportunista y se asocia con frecuencia a infecciones purulentas en humanos, debido a su diseminación por vía hematológica. Una característica distintiva de los *estreptococos* del grupo *anginosus* es su marcada implicación en la formación de abscesos en cerebro, bazo, cuerpo cavernoso y está asociado a cáncer esofágico y fibrosis quística (43).

---

## **Factores de virulencia de los estreptococos**

Los estreptococos poseen factores de virulencia importantes:

### **Cápsula polisacárida gruesa**

- Oculta antígenos bacterianos, dificultando su reconocimiento por el sistema inmunitario del huésped.
- Favorece la evasión de la fagocitosis.

### **Supervivencia intracelular en macrófagos**

- Permite a los estreptococos persistir dentro de células fagocíticas sin ser eliminados.

### **Inducción de apoptosis en macrófagos mediante hemolisinas**

- Las enzimas formadoras de poros del grupo de las hemolisinas promueven la muerte celular de los macrófagos

### **Nucleasa A y otras ADNasas**

- Degradan las trampas extracelulares de neutrófilos (NETs), compuestas por ADN cromosómico y proteínas bactericidas
- Facilitan la evasión de la respuesta inmunitaria innata

### **Hialuronidasa**

- Degrada el ácido hialurónico en la matriz extracelular, favoreciendo la diseminación tisular

### **Condroitín sulfatasa**

- Rompe enlaces de condroitín sulfato en la matriz extracelular, facilitando la invasión bacteriana.

### **SRRP1 (proteína 1 de repetición rica en serina)**

- Participa en la adhesión bacteriana y contribuye al cruce de la barrera hematoencefálica

### **Enolasa**

- Proteína de superficie con función multifuncional; promueve la translocación a través de la barrera hematoencefálica (43).

---

## **Streptococcus mitis**

Este grupo incluye diversas especies comensales, entre las que se encuentran *Streptococcus mitis*, *S. oralis* (anteriormente clasificado como *S. sanguis* II), *S. crista* (denominado previamente *S. cristatus*), *S. infantis*, *S. peroris* y *S. orisratti*.

Este grupo reside en la microbiota orofaríngea y está asociado a endocarditis bacteriana, infecciones orales y maxilofaciales supurativas, encefalopatía y síndrome de dificultad respiratoria aguda. Dentro de este grupo, *Streptococcus oralis* posee un potencial virulento, dado que posee la capacidad de sintetizar sialidasa, una exo-glucosidasa que facilita la multiplicación y división celular de esta especie, favoreciendo su diseminación y persistencia en el huésped (38).

## **Factores de virulencia de los estreptococos orales del grupo mitis** (44)

### **Proteínas de superficie celular**

- Se unen específicamente a componentes de la superficie de células del huésped, favoreciendo la adhesión y colonización.

### **Pili filamentosos largos (en *S. sanguinis*)**

- Facilitan la unión a proteínas de la matriz extracelular de las células del huésped.

### **Nucleasa anclada a la pared celular (en *S. sanguinis*)**

- Degrada el ADN de las trampas extracelulares de neutrófilos (NETs), permitiendo la evasión del sistema inmunitario.

### **Glucosiltransferasas**

- Catalizan la síntesis de **glucanos** a partir de sacarosa, contribuyendo a la formación de biopelículas y a la adherencia bacteriana.

### **Neuraminidasa (NA)**

- Actúa como factor de virulencia al modificar los receptores de la superficie del huésped, facilitando la colonización y evasión inmunológica.

### **Producción de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)**

- Subproducto metabólico que actúa en:
- La **competencia bacteriana** en el nicho oral.
- La **inhibición de fagocitosis** por macrófagos y neutrófilos, favoreciendo la persistencia en el huésped.

### **Streptococcus sanguinis**

Este grupo abarca *S. sanguinis* (anteriormente conocido como *S. sanguis*), *S. parasanguinis* (anteriormente conocido como *S. parasanguis*) y *S. gordonii* (38). *Streptococcus sanguinis* y *Streptococcus gordonii* son comensales en la cavidad oral, al ser los colonizadores iniciales de las superficies de los dientes, y generalmente se asocian con niveles más bajos de *S. mutans* cariogénico, obstaculizan el crecimiento de *S. mutans* principalmente a través de la producción de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, lo cual se vincula a una mejor salud dental (45). Sin embargo están implicados en otros procesos sistémicos como la endocarditis bacteriana (38).

### **Streptococcus salivarius**

*S. salivarius* representa entre el 10 y el 30 % del total de taxones de estreptococos orales (39). Este grupo abarca *S. salivarius*, *S. infantarius*, *S. vestibularis*, *S. alactolyticus*, *S. hyointestinalis* y *S. thermophilus*. Los primeros tres se consideran colonizadores primarios después del nacimiento en seres humanos y el resto se ha aislado en animales (38).

Algunas cepas de *S. Salivarius* tienen propiedades antiinflamatorias (46) y la producción de bacteriocinas se reconoce como una característica probiótica relevante

de este grupo, dado su efecto inhibitorio directo sobre cepas bacterianas patógenas, incluyendo las cariogénicas (39) y periodontales (46).

El grupo ***Streptococcus viridans*** es capaz de sintetizar glucano, un polisacárido extracelular que desempeña un papel clave en la formación del biofilm dental. El glucano constituye una matriz adhesiva, de consistencia viscosa y apariencia brillante, relativamente inerte, que favorece la acumulación y estabilidad de la placa bacteriana. Este polisacárido se combina con componentes presentes en la saliva, generando una sustancia insoluble que se adhiere firmemente a la superficie dentaria. Esta matriz actúa como una barrera física que dificulta la difusión del tampón salival, lo cual limita la neutralización de los ácidos orgánicos producidos por los estreptococos del grupo viridans. Asimismo, el glucano facilita la adhesión de bacterias cariogénicas al esmalte dental, promoviendo así el desarrollo de lesiones cariosas (38).

Del mismo modo, se ha informado que *S. viridans* induce la expresión de las citocinas proinflamatorias IL-8 e IL-6 en las células endoteliales e IL-8 en las células epiteliales, lo cual explica el papel que desempeña en otras patologías sistémicas (40)

## **Streptococcus mutans**

*S. mutans* es una bacteria compleja que juega un papel importante no solo en la formación de caries, sino también en enfermedades sistémicas principalmente cardiovasculares como la endocarditis infecciosa (41).

## **Factores patogénicos de *S. mutans***

### **Polímero de glucosa ramnosa y cadena lateral de glucosa**

- En el contexto de enfermedades sistémicas, el polisacárido de la pared celular conocido como RGP contribuye significativamente a la resistencia de *Streptococcus mutans* frente a la fagocitosis mediada por leucocitos polimorfonucleares humanos. Además, este componente estructural posee la

capacidad de unirse a proteínas de la matriz extracelular como la fibronectina, el colágeno tipo I y la laminina. Estas interacciones facilitan la adherencia bacteriana al endocardio, lo que potencia la virulencia de cepas asociadas a endocarditis infecciosa (41).

### **Glucosiltransferasas (GTF) y proteasas de unión a glucano (GBP)**

- Las glucosiltransferasas (Gtfs) desempeñan un papel fundamental en el proceso de adhesión sacarosa-dependiente de *Streptococcus mutans* a las superficies dentales, mediante la síntesis de polisacáridos extracelulares (glucanos) extracelulares que favorecen la formación y estabilidad del biofilm, así como la colonización de bacterias cariogénicas (41). La producción de EPS constituye una de las principales propiedades de virulencia involucradas en el desarrollo del proceso cariogénico (47) Las proteínas de unión a glucanos (GBP, por sus siglas en inglés) representan factores de virulencia relevantes en el desarrollo de la caries dental, debido a su capacidad para interactuar con los glucanos extracelulares. Actúan de manera sinérgica con las glucosiltransferasas (GTF) para favorecer la formación y maduración del biofilm. No obstante, en condiciones sistémicas, como la presencia en el torrente sanguíneo, se ha observado que únicamente la deficiencia de GBP se asocia con una prolongación significativa de la bacteriemia inducida por *Streptococcus mutans* (41).

### **Antígenos proteicos (PA)**

- Esta adhesina multifuncional, de estructura compleja, participa en la mediación de la adhesión bacteriana a la película adquirida de la superficie dental mediante interacciones específicas con receptores del huésped, como la glicoproteína gp340 o la proteína DMBT-1 (41).

---

### **Proteínas de unión al colágeno (CBP)**

- Las proteínas de unión al colágeno se componen principalmente de Cnm y Cbm, y la CBP +.

La proteína Cnm, con un peso molecular aproximado de 120 kDa, es codificada por el gen *cnm* y se ha identificado en aproximadamente el 10 al 20 % de las cepas orales de *Streptococcus mutans*. La proteína Cnm posee afinidad por componentes de la matriz extracelular, como el colágeno tipo I y la laminina, y puede inducir efectos biológicos comparables a los asociados con el polisacárido rhamnosa-glucosa (RGP).

La proteína Cbm exhibe una mayor capacidad de unión al colágeno tipo I en comparación con la proteína Cnm, y adicionalmente presenta afinidad por el fibrinógeno, lo que sugiere un potencial virulento incrementado en cepas que la expresan (41).

### **Proteínas de unión a la fibronectina**

- Las proteínas de unión a fibronectina constituyen componentes asociados a la envoltura celular de *Streptococcus mutans*, entre las cuales se incluyen AtlA, RgpG, BrpA y Psr. Estas proteínas participan en la adhesión específica de *S. mutans* a la fibronectina y a células endoteliales, facilitando así su interacción con tejidos del huésped y potencialmente contribuyendo a su patogenicidad sistémica.

La deficiencia de la proteína AtlA conlleva una disminución en la actividad autolisina, lo que se traduce en un alargamiento de las cadenas bacterianas y una reducción significativa en la capacidad de *Streptococcus mutans* para formar biopelículas (41).

Algunos factores como el tipo de material y las características de la superficie de la restauración juegan un papel importante en la adherencia de dichos microorganismos, ya que las restauraciones pueden actuar como un reservorio de ellas y el desequilibrio

---

de la microbiota normal tiene repercusiones clínicas que pueden implicar inflamación, lesiones cariosas secundarias y daño a los tejidos periodontales y periimplantarios.

Hoy en día, se busca mejorar las propiedades de los materiales de restauración para reducir los efectos de esta matriz patógena, a través de modificaciones en su composición, como la implementación de nanopartículas (48) y sistemas de glaseado que pueden mejorar las condiciones de rugosidad natural de cada uno de estos materiales, que a su vez, proporcionan una superficie de alto brillo, capaz de resistir abrasión después de su polimerización.

Debido a que la tecnología de impresión para restauraciones 3D son de reciente incorporación, el número de estudios que evalúen la susceptibilidad a la adherencia microbiana aun es bajo.

---

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Existe diferencia en la formación de biofilm en materiales para restauraciones provisionales?

## **JUSTIFICACIÓN**

Las restauraciones provisionales son cruciales en el manejo clínico de pacientes, son fundamentales para la salud oral y el éxito de los tratamientos subsecuentes.

Los materiales de restauración temporal son un reservorio importante de distintos tipos de microorganismos presentes en la flora bucal, debido a que la superficie presenta micro rugosidades que favorecen la colonización de distintas especies, las cuales ocasionan contaminación del sustrato, halitosis, inflamación de los tejidos blandos, afectando tanto el bienestar y la comodidad del paciente como la viabilidad del tratamiento restaurador. Estos efectos pueden variar dependiendo del propósito de la restauración provisional y del tiempo presente en boca.

Estudios previos han demostrado que la composición y propiedades de los materiales restauradores pueden influir en la adhesión y proliferación de biofilm. Sin embargo, aun falta evidencia que aborde la evaluación de estos efectos en restauraciones provisionales y es un área que merece atención debido a su impacto en la práctica clínica diaria.

Actualmente se cuenta con materiales de tecnología impresa CAD CAM para la confección de dichas restauraciones, así como distintos tratamientos de superficie a base de barnices que podrían sustituir a los métodos convencionales de pulido convencional sobre restauraciones de PMMA, disminuyendo la adherencia bacteriana y mejorando las condiciones de los tejidos blandos a corto y largo plazo, así como la

incomodidad producida en el paciente. Asimismo, la mejora de dichas propiedades biológicas favorece el manejo clínico y el éxito de las restauraciones por las que éstos serán reemplazados.

Este trabajo busca evaluar la formación de biofilm en diferentes materiales para restauraciones provisionales, con el objetivo de proporcionar información que ayude a los odontólogos a seleccionar los materiales más adecuados y a implementar estrategias efectivas de control microbiológico. Al contribuir a la comprensión de cómo los materiales interactúan con los microorganismos orales, esta investigación tiene el potencial de mejorar la calidad de los tratamientos dentales y, en última instancia, la salud bucal de los pacientes.

## **HIPÓTESIS**

### **HIPÓTESIS DE TRABAJO**

Existe diferencia en la formación de biofilm en materiales para restauraciones provisionales.

### **HIPÓTESIS NULA**

No existe diferencia en la formación de biofilm en materiales para restauraciones provisionales.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la formación de biofilm en la superficie de materiales para restauraciones provisionales, según la técnica de elaboración

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Cuantificar la formación de biofilm en la superficie de material para restauraciones provisionales impresas

- Cuantificar la formación de biofilm en la superficie de material para restauraciones provisionales CAD CAM
- Cuantificar la formación de biofilm en la superficie de material para restauraciones provisionales fotopolimerizables
- Comparar la diferencia de la formación de biofilm en la superficie de materiales para restauraciones provisionales impresos, CAD CAM y fotopolimerizables.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **LUGAR DONDE SE REALIZÓ EL ESTUDIO**

- Facultad de Estomatología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí
- Clínica de la Especialidad en Odontología Estética, Cosmética, Restauradora e Implantología
- Departamento de Estomatología Digital de la Facultad de Estomatología
- Laboratorio de Prótesis de la Facultad de Estomatología
- Laboratorio de Microbiología de la Maestría en Endodoncia

### **DISEÑO DEL ESTUDIO**

Experimental *in vitro*

### **MUESTREO**

Muestreo no probabilístico por conveniencia

### **TAMAÑO DE LA MUESTRA**

El tamaño de la muestra fue calculado en el software estadístico GraphPad N StateMate V 2.0 con un 95% de intervalo de confianza y una potencia de estudio al 80%, considerando una desviación estándar=0.05, obteniendo un valor de tamaño de la muestra de n=30.

## **NÚMERO DE GRUPOS**

Tres grupos de estudio de 30 muestras cada uno, que :

PMMA fresado (superficie no pulida)

Resina impresa (superficie no pulida)

Composite fotopolimetizable (superficie no pulida)

## **CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

Discos íntegros sin defectos en su manufactura

Discos que se hayan mantenido en inoculación según la metodología establecida.

## **CRITERIOS DE NO INCLUSIÓN**

Discos con defectos de superficie durante su manufactura

Discos que se hayan inoculado fuera de la metodología establecida

## **CRITERIOS DE ELIMINACIÓN**

Discos con contaminación de microorganismos no identificados

Discos que sufran ruptura de material

Discos con sospecha de desprendimiento de material.

## DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

**Tabla 2.** Variables Independientes

VARIABLE	CLASIFICACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	ESCALA
PMMA CAD-CAM	Cualitativa nominal	El PMMA es un polímero termoplástico, sintético y rígido. Se obtiene a través de la polimerización del monómero metacrilato de metilo	Bloques de polímero color ocre consistencia dura y superficie lisa	Discos de 98 mm de diámetro y espesor de 12-30 mm grosor
Resina para imprimir 3D	Cualitativa nominal	Material líquido que se caracteriza por endurecerse a la exposición UV permitiendo la creación de objetos tridimensionales capa por capa	Frasco con resina de contenido líquido espeso y viscoso, variedad de colores	Frascos de 250, 500 y 1000 ml
Resina polimerizable	Cualitativa nominal	Material sólido viscoso que se transforma en sólido rígido mediante un proceso de fotopolimerización	Jeringa con resina color ocre de contenido sólido y viscoso y consistencia de masilla	Jeringa 6 gr

### Tabla 3. VARIABLES DEPENDIENTES

Tabla 3. Variables Dependientes

VARIABLE	CLASIFICACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	ESCALA
Concentración de microorganismos	Cuantitativa	Ser vivo microscópico, generalmente unicelulares que se encuentran en todos los ambientes. Algunos pueden ser patógenos	Tubo que presenta turbidez al ojo humano	Escala de McFarland
Formación <i>in vitro</i> del biofilm	Cualitativa	Grupo de microorganismos altamente estructurados que viven dentro de una matriz de sustancia polimérica extracelular producida por ellos mismos	Los microorganismos que se quedan adheridos a los discos	Presencia/ ausencia

## PLAN DE TRABAJO

### Elaboración de modelos de estudio

Se elaboraron discos de 5 mm de diámetro por 3 mm de altura con tres materiales distintos

- Resina polimerizable (ID Temp Putty) empacando el material en una plantilla previamente cortada y polimerizando el material con una lámpara GrandValo a distancia cero.



Fig 1 Toma de porción de resina polimerizable

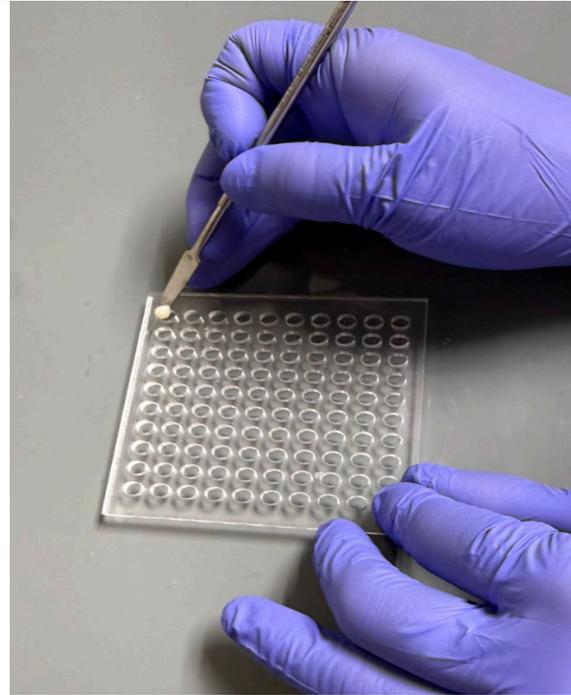


Fig 2 Empacado de la resina en la plantilla

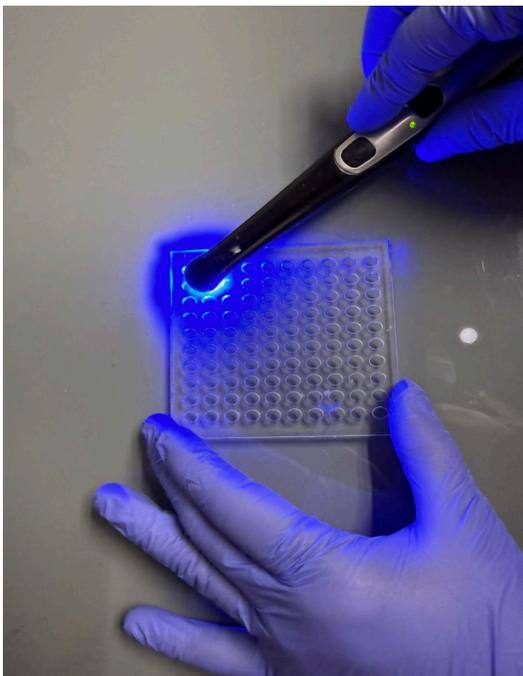


Fig 3 Polimerizado de las muestras

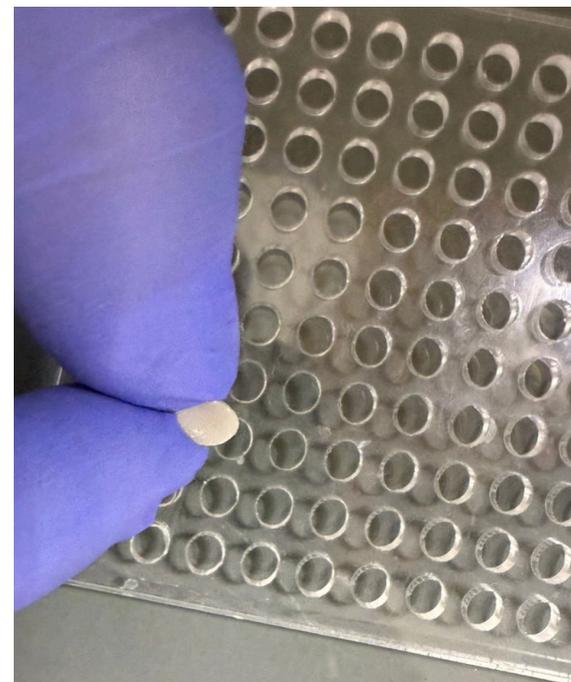


Fig 4 Discos obtenidos de resina polimerizable

- Resina impresa (SeedPrint C&B) con ayuda de una impresora marca ELEGOO modelo MARS 5 ULTRA
- PMMA fresado (V smile) con ayuda de una fresadora marca DGSHAPE by Roland y el modelo DWX-52Di

Los modelos de estudio se desinfectaron mediante el empleo de luz UV 15 minutos por cada cara de los discos.

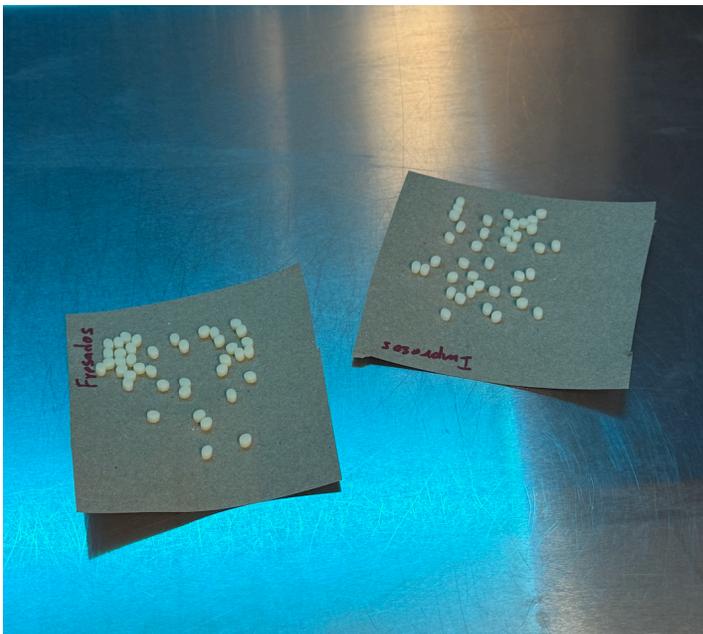


Fig 5 Esterilización de discos con luz UV dentro de la campana de flujo laminar

### **Desarrollo de biofilm en modelo de estudio.**

Se realizaron cultivos en agar nutritivo BD (BD Bioxon, México) a partir de la cepa de *Streptococcus* proveniente del cepario del laboratorio multidisciplinario de la Maestría en Endodoncia. Los cultivos se llevarán a incubación a  $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$  durante 24 h.



Fig 6 Esterilización de asa para la siembra



Fig 7 Toma y siembra de microorganismos del cepario



Fig 8 Incubación de la siembra a  $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 24 h

Tras el tiempo de incubación, los cultivos fueron observados bajo el microscopio estereoscópico para la identificación macroscópica de las UFC; asimismo, se realizó tinción Gram y observación a microscopio óptico para cada una de ellas.

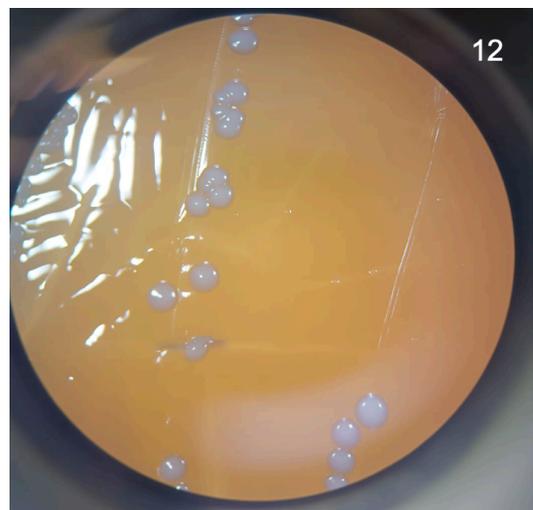
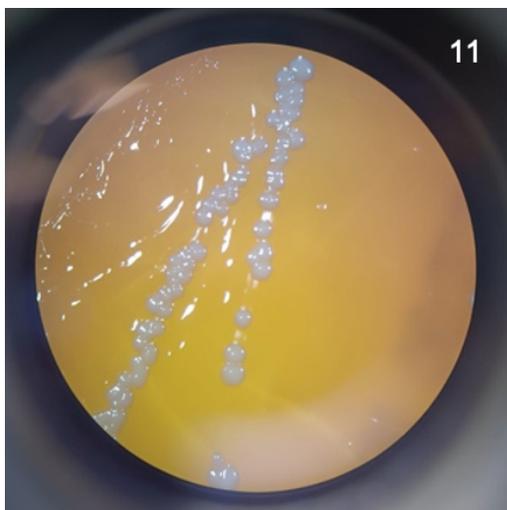
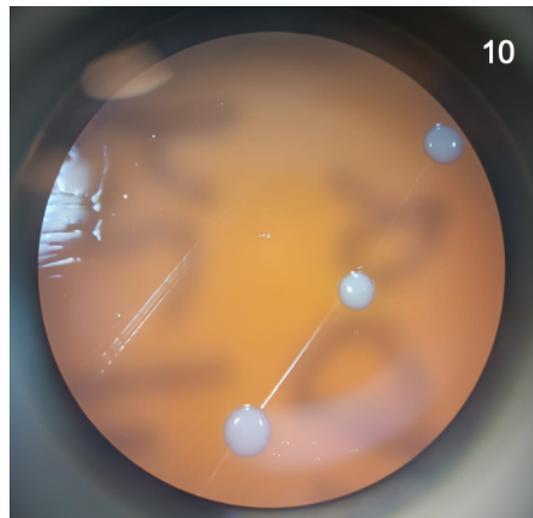
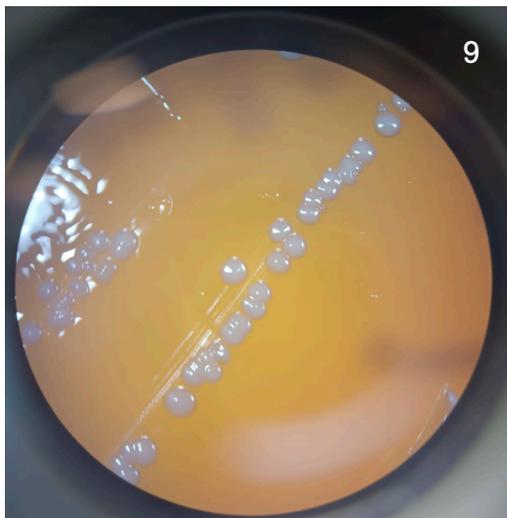


Fig 9, 10, 11, 12 Observación macroscópica de UFC del género Streptococcus



Fig 13 Sustancias utilizadas para la tinción de Gram: violeta de genciana 1 minuto (enjuagar), Yodo lugol 1 minuto (enjuagar), alcohol acetona 15 segundos (enjuagar) safranina 30 segundos (enjuagar).

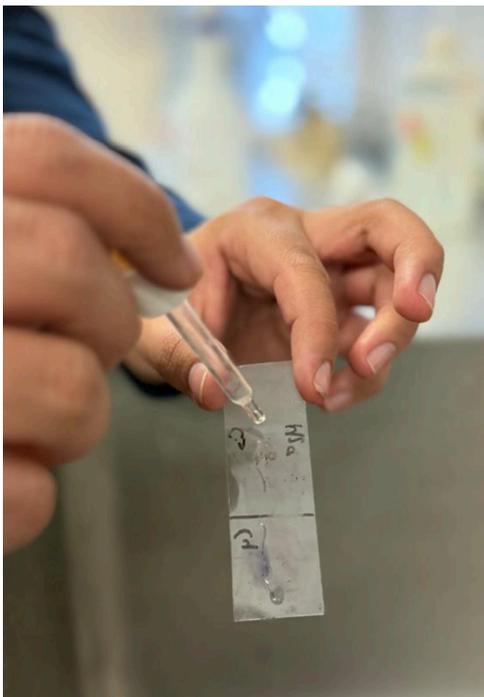


Fig 14 Tinción de Gram para verificar la pureza y viabilidad de las células

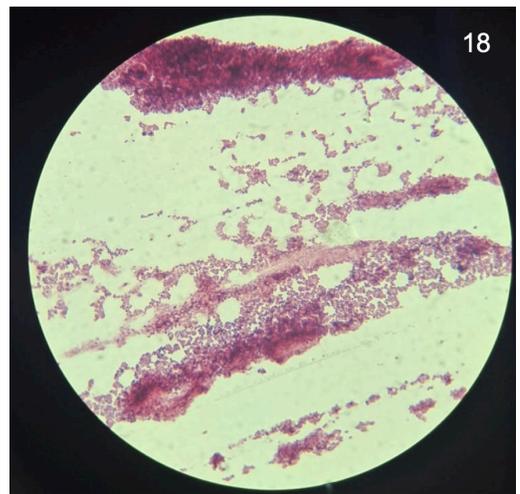
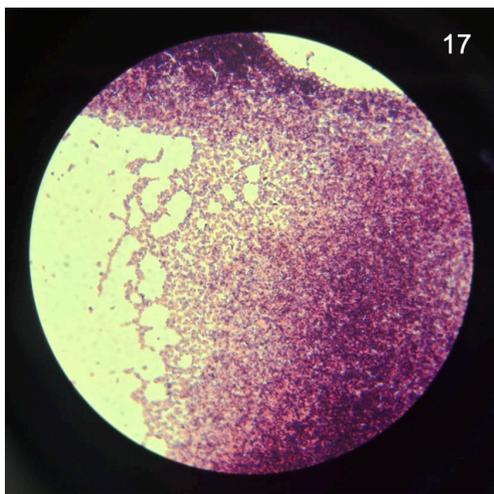
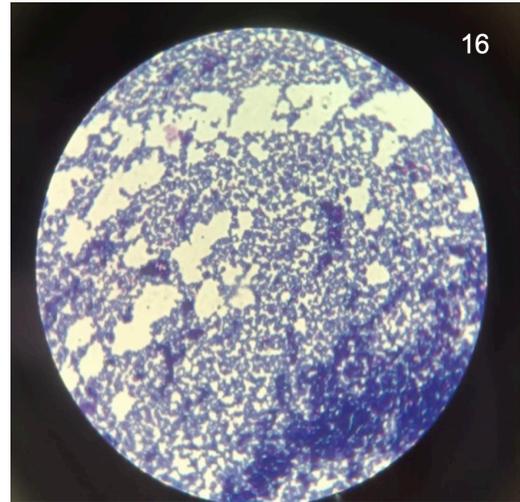
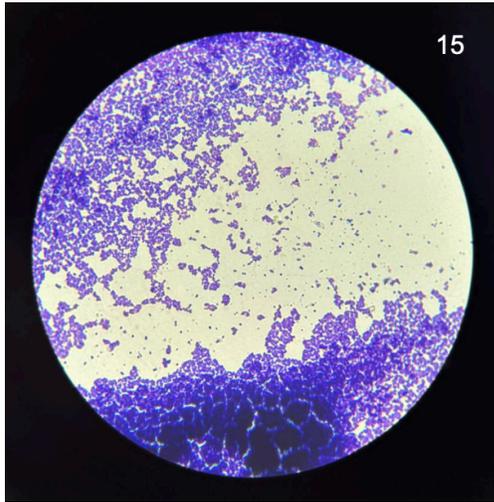


Fig 15, 16, 17, 18 Observación al microscopio estereoscópico de especies de Streptococcus

Por otra parte, los discos de material esterilizados se colocaron en tubos con 15 ml de caldo nutritivo estéril en grupos de cinco piezas por tubo, para un total de cuatro tubos (tres para el desarrollo de biofilm y uno para el grupo control de esterilización).

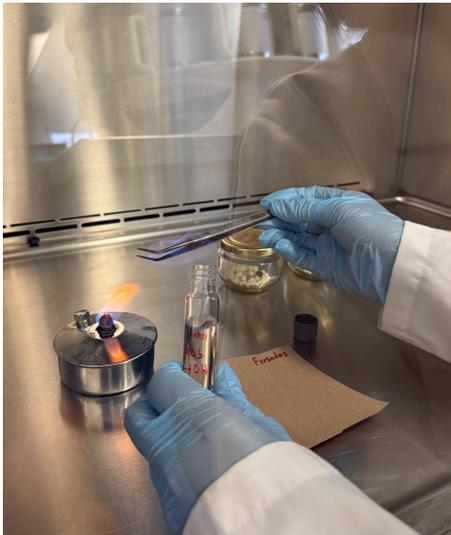


Fig 20 Colocación de discos estériles en caldo nutritivo



Fig 19 Colocación de discos estériles en caldo nutritivo

Posteriormente, se realizó una suspensión bacteriana en agua destilada estéril para el inóculo a una concentración de 150 000 000 UFC/mL (0.5 escala McFarland).



Fig 22 Suspensión bacteriana en agua destilada estéril



Fig 21 Densidad de la suspensión bacteriana en escala de McFarland

Cada tubo de desarrollo de biofilm fue inoculado con 100  $\mu$ L de suspensión bacteriana y se realizó una incubación a 35  $^{\circ}$ C  $\pm$  2 durante 48 h.

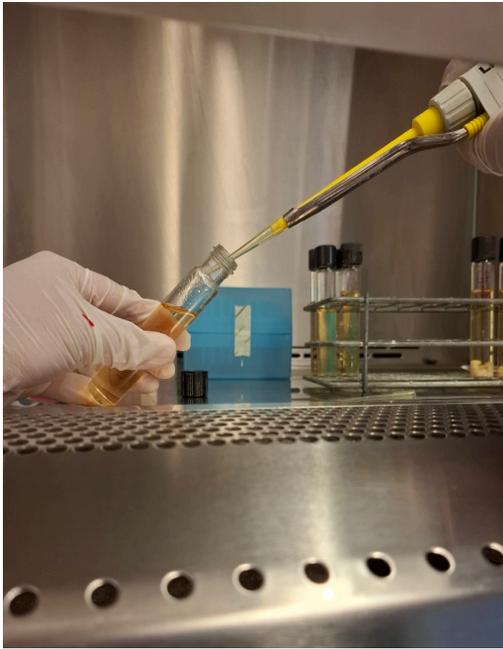


Fig 24 Inoculación de las muestras con especies de Streptococcus

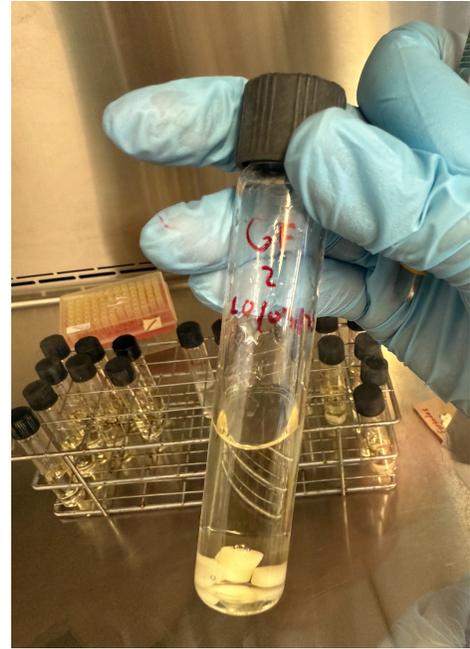


Fig 23 Muestras inoculadas con Streptococcus spp.



Fig 25 Incubación de las muestras

Para los recambios, los discos se traspasaron con pinzas estériles a tubos con medio de cultivo nutritivo fresco para incubar nuevamente a  $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$  durante 48 h. Este proceso se llevará a cabo durante 7 días (3 recambios)

Al caldo de cultivo que se desechó en cada recambio, se le realizó tinción de Gram para verificar la pureza y viabilidad de las células.

### **Cuantificación del desarrollo de biofilm**

La cuantificación de biofilm se realizó mediante medición de escala de McFarland. Por lo que cada disco fue sacado del medio de cultivo con pinzas estériles, para ser llevado de manera individual a un tubo con 10 mL de caldo nutritivo estéril, el cual se llevará a incubación a  $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$  durante 24 h.

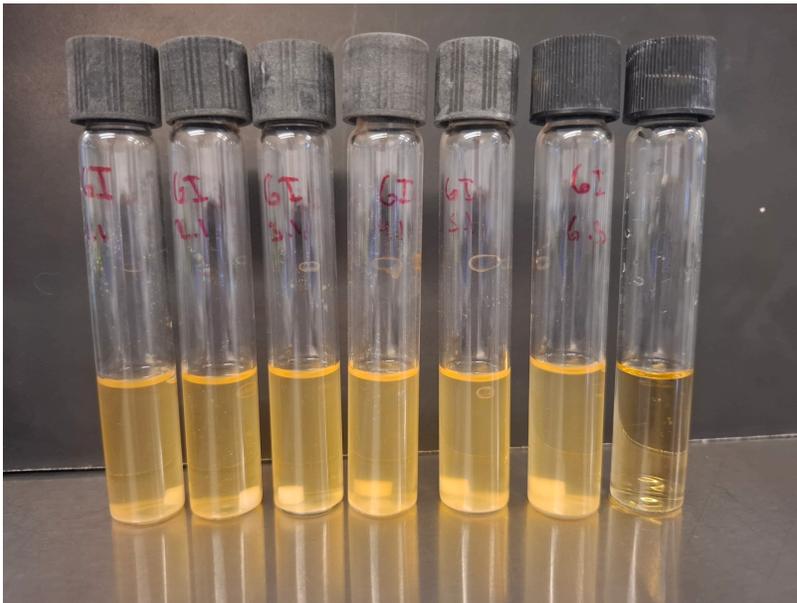


Fig 26 Muestras con biofilm maduro de 7 días

Pasado el tiempo de incubación, se realizó agitación con vortex de cada uno de los tubos y la medición de desarrollo por turbidez mediante densitómetro McFarland.

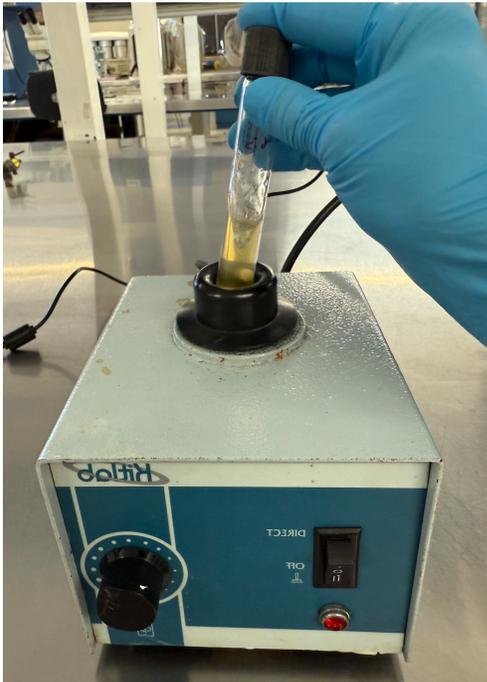


Fig 28 Agitación de las muestras en vortex



Fig 27 Medición de turbidez en escala de McFarland

Toda la información obtenida se recolectó en una base de datos de excel, la cual se agrega al final del trabajo (Anexo 2).

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se llevará a cabo mediante pruebas de normalidad Shapiro-Wilk, que determinará la naturaleza de los datos.

Se realizarán pruebas comparativas ANOVA o Kruskal-Wallis según la naturaleza de los datos (paramétricos o no paramétricos) con un IC 95% y error alfa del 5% a dos colas;  $p \leq 0.05$ .

## **CONSIDERACIONES ÉTICAS**

Estudio con riesgo mínimo, según la ley general de salud en materia de Investigación.

Este proyecto se realiza gracias al apoyo de CONAHCyT bajo la clave CVU-1279505

## **NORMAS QUE APLICAN A LOS PROCEDIMIENTOS**

**NOM 087 ssa1** Protección ambiental - salud 2002 ambiental - residuos peligrosos biológico-infecciosos - clasificación y especificaciones de manejo

**NOM 004- Del expediente clinico**

**NOM-065-SSA1- Especificaciones sanitarias de los medios de cultivo**  
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69468.pdf>

**Ley de datos personales**

<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPDPPP.pdf>

## **DECLARACIÓN DE INTERESES**

No existen conflictos de interés en competencia, ni relaciones personales conocidas que pudieran haber influido en el trabajo presentado

## RESULTADOS

### EVALUACIÓN DE LA CARGA MICROBIANA EN LOS DIFERENTES MATERIALES DE RESTAURACIÓN PROVISIONAL EN BIOFILM DE *Streptococcus viridans*

La carga microbiana se evaluó en el biofilm de dos microorganismos distintos como se describe en materiales y métodos.

Se observa una mayor cantidad de microorganismos de *S.viridans* con base en la escala de McFarland en el material impreso, en comparación al material polimerizado y el material fresado,  $p < 0.0001$ , ( $7.1 \pm 2.1$ ,  $1.9 \pm 0.2$ ,  $3.1 \pm 0.9$ , media  $\pm$  desviación estándar, respectivamente Fig 29).

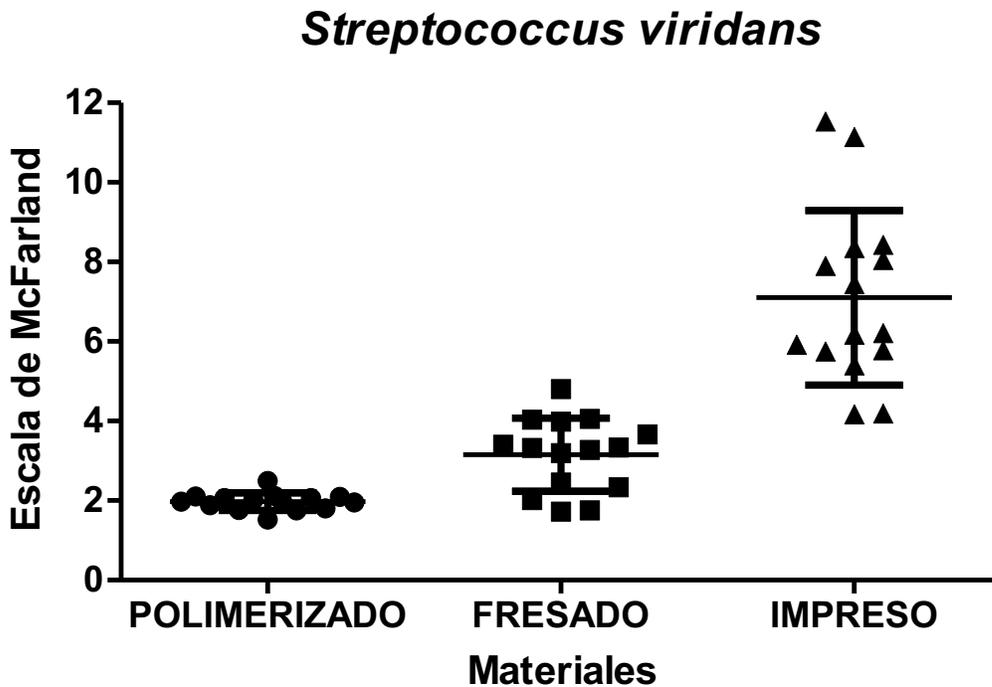


Fig 29 Carga microbiana de *Streptococcus viridans* en los diferentes materiales de restauración provisional en escala de McFarland

Mean	1.976	3.156	7.101
Std. Deviation	0.2174	• 0.9193	2.195

One-way analysis of variance	
P value	< 0.0001
R value summary	***

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
POLIMERIZADO vs FRESADO	-1.180	3.312	No	ns
POLIMERIZADO vs IMPRESO	-5.125	14.39	Yes	***
FRESADO vs IMPRESO	-3.945	11.08	Yes	***

Además de la cuantificación de los microorganismos en la escala de McFarland, también se evaluó en Unidades formadoras de Colonias (UFC), obteniendo resultados similares, observando una mayor cantidad de UFC en el material impreso, en comparación al material polimerizado y el material fresado,  $p < 0.0001$ , ( $2.1 \times 10^9 \pm 6.5 \times 10^8$ ,  $5.9 \times 10^8 \pm 6.5 \times 10^7$ ,  $9.4 \times 10^8 \pm 2.7 \times 10^8$  media  $\pm$  desviación estándar, respectivamente Fig 30.

### *Streptococcus viridans*

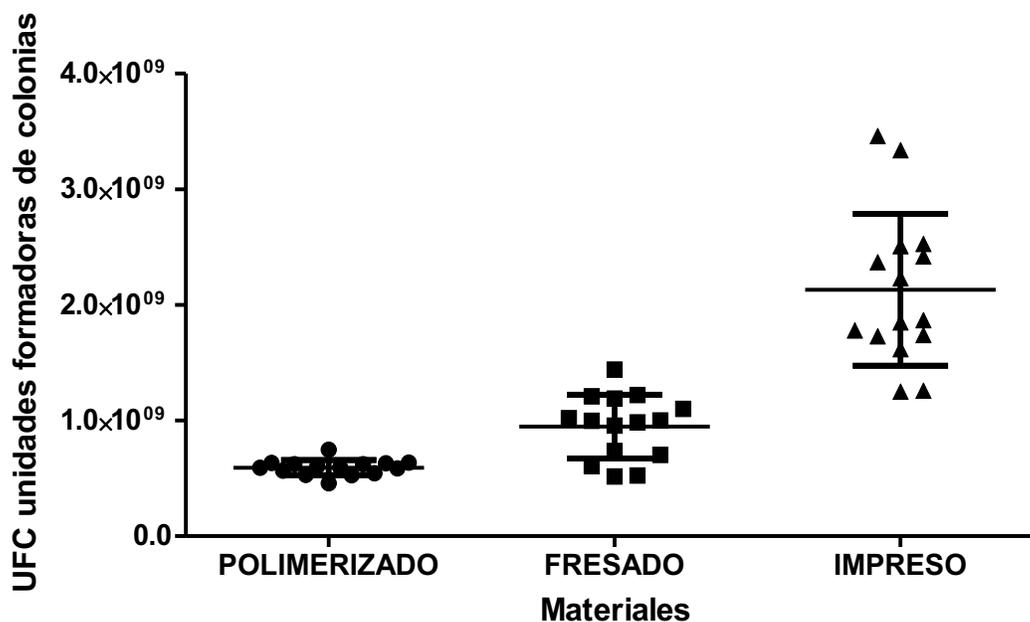


Fig 30 Unidades formadoras de colonias de biofilm de Streptococcus viridans en los diferentes materiales de restauración provisional

Mean	5.928e+008	9.469e+008	2.131e+009
Std. Deviation	6.521e+007	2.760e+008	6.580e+008

One-way analysis of variance	•
P value	< 0.0001
P value summary	***

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
POLIMERIZADO vs FRESADO	-354100000	3.316	No	ns
POLIMERIZADO vs IMPRESO	-1538000000	14.40	Yes	***
FRESADO vs IMPRESO	-1184000000	11.08	Yes	***

## EVALUACIÓN DE LA CARGA MICROBIANA EN LOS DIFERENTES MATERIALES DE RESTAURACIÓN PROVISIONAL EN BIOFILM DE *Streptococcus mutans*

La carga microbiana se evaluó en el biofilm de dos microorganismos distintos como se describe en materiales y métodos.

Se observa una mayor cantidad de microorganismos de *S. mutans* con base en la escala de McFarland en el material impreso, en comparación al material polimerizado y el material fresado,  $p < 0.0001$ , ( $8.2 \pm 3.6$ ,  $2.09 \pm 0.3$ ,  $1.9 \pm 0.4$ , media  $\pm$  desviación estándar, respectivamente Fig 31.

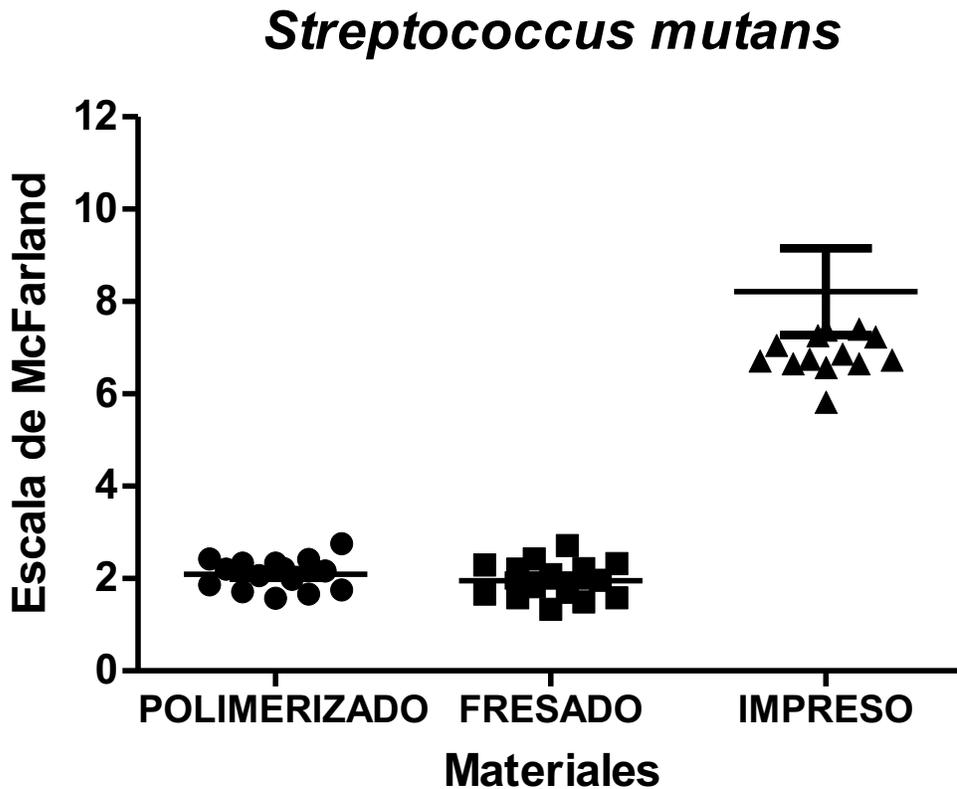


Fig 31 Carga microbiana de *Streptococcus mutans* en los diferentes materiales de restauración provisional en escala de McFarland

25% Percentile	1.760	1.580	6.660
Median	2.160	1.960	6.860
75% Percentile	2.340	2.300	7.390

Kruskal-Wallis test	
P value	< 0.0001
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	***

Dunn's Multiple Comparison Test	Difference in rank sum	Significant? P < 0.05?	Summary
POLIMERIZADO vs FRESADO	3.400	No	ns
POLIMERIZADO vs IMPRESO	-20.80	Yes	***
FRESADO vs IMPRESO	-24.20	Yes	***

Además de la cuantificación de los microorganismos en la escala de McFarland, también se evaluó en Unidades formadoras de Colonias (UFC), obteniendo resultados similares, observando una mayor cantidad de UFC en el material impreso, en comparación al material polimerizado y el material fresado,  $p < 0.0001$ , ( $2.4 \times 10^9 \pm 1.08 \times 10^9$ ,  $6.2 \times 10^8 \pm 1.0 \times 10^8$ ,  $5.8 \times 10^8 \pm 1.08 \times 10^9$ , media  $\pm$  desviación estándar, respectivamente Fig 32.

### *Streptococcus mutans*

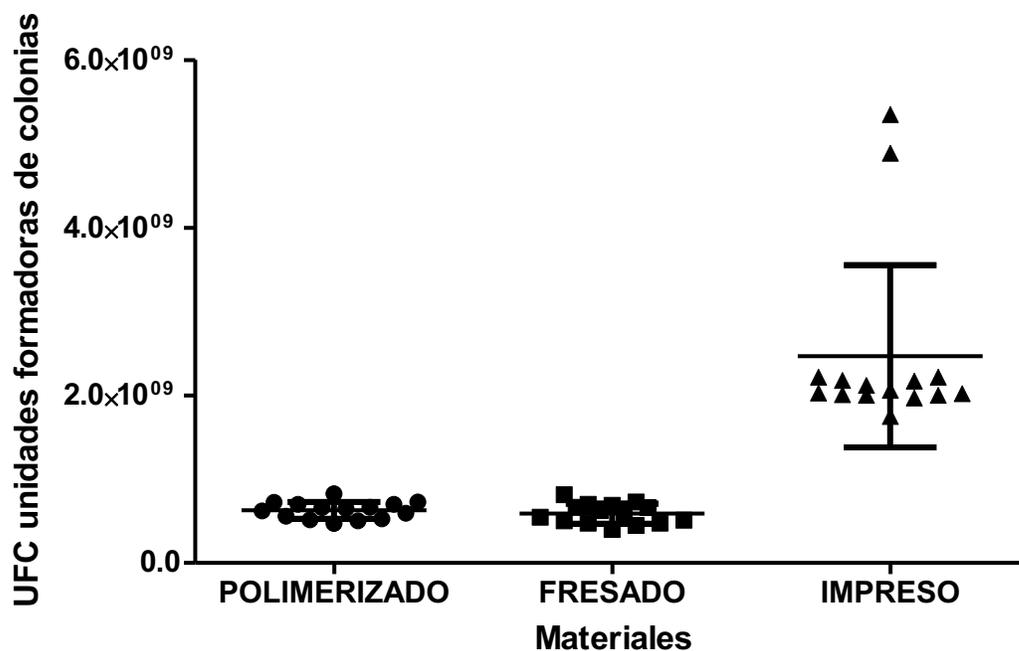


Fig 32 Unidades formadoras de colonias de biofilm de *Streptococcus mutans* en los diferentes materiales de restauración provisional

25% Percentile	5.280e+008	4.740e+008	2.000e+009
Median	6.480e+008	5.880e+008	2.060e+009
75% Percentile	7.020e+008	6.900e+008	2.220e+009

Kruskal-Wallis test	
P value	< 0.0001
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	***

Dunn's Multiple Comparison Test	Difference in rank sum	Significant? P < 0.05?	Summary
POLIMERIZADO vs FRESADO	3.400	No	ns
POLIMERIZADO vs IMPRESO	-20.80	Yes	***
FRESADO vs IMPRESO	-24.20	Yes	***

**EVALUACIÓN DE LA CARGA MICROBIANA DEL BIOFILM DE *Streptococcus mutans* EN COMPARACIÓN AL BIOFILM DE *Streptococcus Viridans* EN LOS DIFERENTES MATERIALES DE RESTAURACIÓN PROVISIONAL**

Además se realizó una evaluación de la carga microbiana en los dos microorganismos en forma de biofilm, como se describe en materiales y métodos.

No se observa una diferencia estadísticamente significativa al comparar la carga microbiana en escala de McFarland en el biofilm de *S. viridans* en comparación al biofilm de *S. mutans* en el material polimerizado  $p=0.25$ , ( $2.09\pm0.3$ ,  $1.9\pm0.21$ , media $\pm$ desviación estándar, respectivamente) Fig 33.

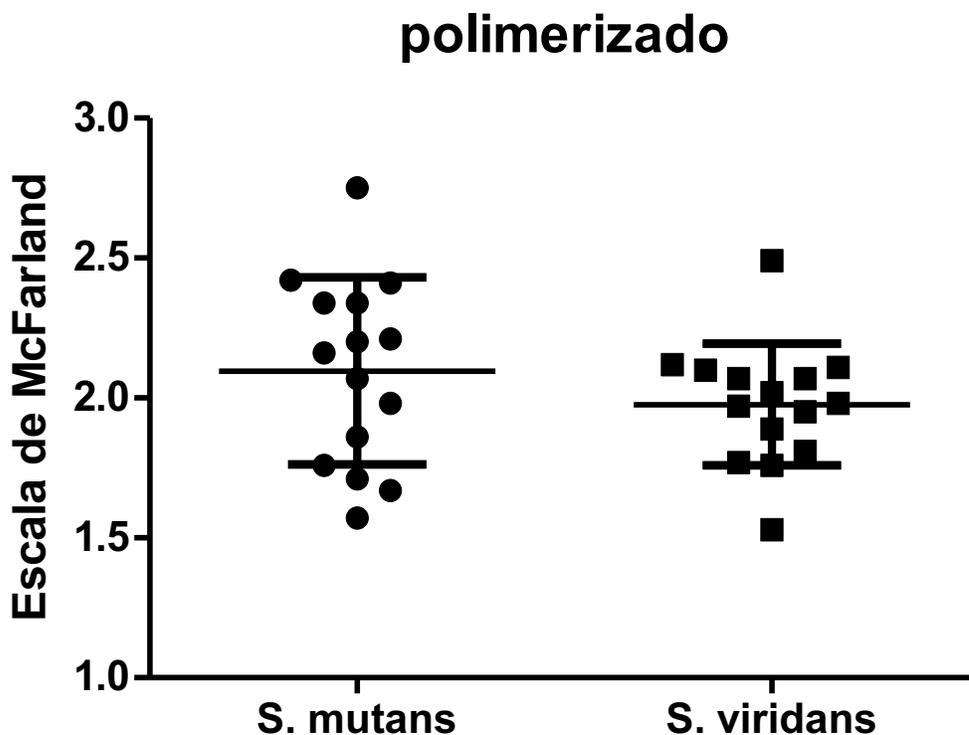


Fig 33 Carga microbiana del biofilm de *Streptococcus mutans* en comparación al biofilm de *Streptococcus viridans* en el material polimerizado en escala de McFarland

---

Mean	2.097	1.976
Std. Deviation	0.3347	0.2174

Unpaired t test	
P value	0.2514
P value summary	ns

Se observa una diferencia estadísticamente significativa al comparar la carga microbiana en escala de McFarland en el biofilm de *S. viridans* en comparación al biofilm de *S. mutans* en el material fresado  $p < 0.0001$ , ( $3.1 \pm 0.9$ ,  $1.9 \pm 0.4$ , media  $\pm$  desviación estándar, respectivamente) Fig 34.

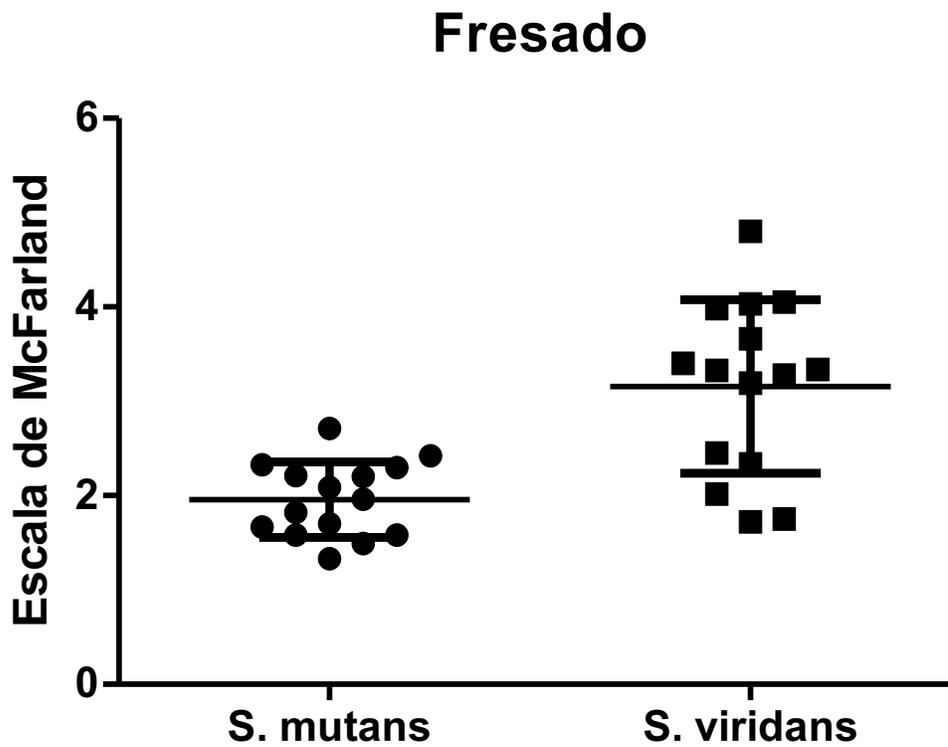


Fig 34 Carga microbiana del biofilm de *Streptococcus mutans* en comparación al biofilm de *Streptococcus viridans* en el material fresado en escala de McFarland

---

Mean	1.959	3.156
Std. Deviation	0.4001	0.9193

Unpaired t test	
P value	< 0.0001
P value summary	***



---

25% Percentile	6.660	5.750
Median	6.860	6.220
75% Percentile	7.390	8.360

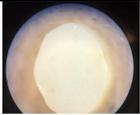
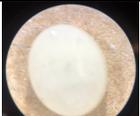
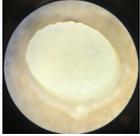
Mann Whitney test	
P value	0.4553
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	ns

Adicionalmente se realizó una evaluación microscópica de los diferentes materiales, utilizando el microscopio estereoscópico, como se describe en materiales y métodos.

Se observa en los diferentes materiales un recubrimiento de tipo glaseado brillante, al cual se le atribuye el biofilm formado de los microorganismos, en comparación a los materiales sin formación de biofilm, los cuales carecen de este acabado brillante.

Se muestran unas imágenes representativas de cada material y de los microorganismos Tabla 4 de imágenes.

**Tabla 4.** Aspecto de la formación *in vitro* de biofilm de *S. mutans* y *S. viridans* en los materiales de restauración provisional

	<b>Control</b>	<b><i>S. mutans</i></b>	<b><i>S. viridans</i></b>
<b>FRESADO</b>			
<b>IMPRESO</b>			
<b>POLIMERIZADO</b>			

---

## DISCUSIÓN

En odontología restauradora, las restauraciones provisionales desempeñan un papel fundamental en la protección del diente preparado, la preservación de la función, la estética y la salud periodontal mientras se confecciona la restauración definitiva.

Diversos materiales se emplean para la elaboración de restauraciones provisionales, cada uno de ellos presenta propiedades físico-químicas distintas que pueden influir en su susceptibilidad a la colonización bacteriana. Además, la técnica de elaboración ya sea directa o indirecta mediante impresión o fresado, también puede afectar la textura superficial de la restauración y la integridad marginal de las restauraciones, factores clave en la formación de biofilm.

Estos materiales están expuestos al complejo entorno oral, donde la formación de biofilm representa una de las principales amenazas para su éxito clínico. El biofilm oral, compuesto por comunidades microbianas organizadas, puede contribuir al desarrollo de halitosis, caries secundarias, inflamación gingival y estomatitis protésica, siendo *S. mutans* y *S. viridans* relevantes por su papel acidogénico y cariogénico.

El presente estudio evidencia que la técnica de fabricación empleada influye significativamente en las propiedades superficiales y en el comportamiento biológico de los materiales utilizados en restauraciones provisionales. Estos hallazgos son concordantes con los reportados por Rashin Giti et al. (2021) (49) quienes evaluaron parámetros como la rugosidad superficial, el potencial de retención de placa bacteriana y la citotoxicidad en materiales restauradores provisionales elaborados mediante técnicas convencionales (PMMA autocurado), tecnología digital sustractiva (PMMA fresado) y aditiva (resina impresa 3D). Evaluaron la colonización de *S. mutans* sobre muestras pulidas, donde obtuvieron que la acumulación de dicho microorganismo fue significativamente mayor en el grupo aditivo que en los grupos convencional y sustractivo. Sin embargo, los grupos convencional y sustractivo fueron

estadísticamente similares, resultados coincidentes con nuestro estudio, lo que nos lleva a pensar que la rugosidad superficial constituye un factor determinante en la adhesión y acumulación de biopelícula en los materiales restauradores.

Los resultados de la presente investigación indican que la resina impresa 3D presentó una mayor tendencia a la colonización microbiana, hallazgo que concuerda con lo reportado por Emerson Koji Uehara et al. (2025), donde se cultivaron 39 especies microbianas, incluyendo *Streptococcus mutans* en un biofilm inmaduro de siete días. Sin embargo, a diferencia de nuestro estudio, su comparación se centró en la resina impresa en 3D versus una resina acrílica convencional de polimetilmetacrilato (PMMA) de curado térmico (50).

Adicionalmente, el estudio de Emerson Koji Uehara et al. evidenció mayor formación de biofilm en las resinas 3D, pero con un perfil bacteriano menos patogénico, sin presencia de bacterias asociadas a enfermedad periodontal. En contraste, la resina acrílica PMMA de termocurado presentó bajo crecimiento de biofilm pero con bacterias patógenas. Esto sugiere que las resinas 3D podrían contribuir mejor a la salud periodontal que la resina acrílica durante su uso (50).

En un estudio realizado en 2022 Simoneti y cols (51) describieron mayor rugosidad superficial en la resina acrílica convencional en comparación con los materiales impresos y, a pesar de ello, reportaron mayor colonización de *S. mutans* en las resinas impresas, lo cual demuestra que además de la superficie del material, existen otros factores implicados en el crecimiento bacteriano, que pueden estar relacionadas al microorganismo, como la capacidad de *S. mutans* para sintetizar glucano y producir exopolisacáridos *in situ* para el desarrollo de matriz polimérica extracelular, que contribuyen al desarrollo de biofilm (52).

Por otra parte, estudios recientes han reportado una baja colonización de *Candida albicans* en resinas acrílicas PMMA con técnica sustractiva CAD-CAM, comparado

con materiales de base para prótesis convencionales (53), lo que sugiere que, al ser un material prepolimerizado de fábrica, mejora la superficie y el grado de conversión de los monómeros y disminuye errores de mezcla manual como discrepancias en la proporción polvo-líquido o la incorporación de burbujas de aire durante su manipulación, que pueden influir en la textura superficial e incluso productos residuales en la superficie del material, los cuales dependen en gran medida de la estructura química del material y del grado de conversión monomérica (54).

Del mismo modo, se ha descrito el ángulo de contacto que forma el agua respecto a los distintos materiales representa la humectabilidad de éstos, obteniendo el PMMA un valor menor a 90°, lo que determina que este material tiene un comportamiento hidrofílico, lo cual se presume que podría tener un efecto en la formación de biopelículas (55).

La técnica de curado juega un papel importante, es decir, si se realiza químicamente mediante la mezcla de monómeros, o a través de curado térmico en el caso del PMMA o a través de técnicas de curado por luz (fotopolimerizado) en el caso de las resinas. Esto puede influir en la presencia o liberación de productos residuales en la superficie del material, como monómeros de metacrilato de metilo no polimerizados, que según (54) y cols (56) inician la formación de radicales libres y estrés oxidativo, el cual, representa un aumento en la producción de especies reactivas de oxígeno. Sin embargo, el PMMA en bloque reduce en gran medida la cantidad de estos monómeros ya que se trata de un material prepolimerizado de manera industrial bajo condiciones ideales, lo cual puede justificar la disminución en el crecimiento de estas especies.

No obstante, en un estudio realizado De Angelis y cols (57) reportó un menor crecimiento de *Streptococcus mutans* en una resina polimerizable que tiene en su composición Bis-EMA, a diferencia de dos resinas que no contienen esta sustancia, lo cual sugiere una asociación entre la presencia de este compuesto y la disminución

del crecimiento bacteriano. Asimismo, el recuento de colonias de *S. mutans* fue menor en especímenes que tuvieron un doble proceso de curado a través de luz y calor, lo cual confirma que un mayor grado de conversión del material tiene un efecto positivo en la disminución de la formación de biopelículas. Sin embargo, dicha comparación fue realizada entre materiales polimerizables, a diferencia de nuestro estudio que comparó una resina polimerizable libre de Bis-GMA versus una resina impresa 3D y una resina prepolimerizada CAD-CAM.

Este estudio confirma que la técnica de fabricación y el tipo de material restaurador provisional influyen significativamente en la formación de biofilm oral. Las resinas impresas en 3D mostraron mayor colonización bacteriana, atribuida a su mayor rugosidad superficial y menor grado de conversión. En contraste, los materiales prepolimerizados CAD-CAM presentaron menor susceptibilidad al biofilm. Si bien la rugosidad es un factor clave, otros aspectos como la composición química, el curado y la energía superficial también afectan la adhesión microbiana. Estos hallazgos resaltan la importancia de elegir materiales que no solo cumplan criterios mecánicos y estéticos, sino que también ofrezcan resistencia biológica al entorno oral.

Se puede inferir que existen otros factores que influyen también en la colonización bacteriana como la energía superficial libre, la porosidad, la permeabilidad, la energía superficial libre, la cantidad y tipos de relleno de los materiales, así como las técnicas de curado e incluso la técnica de manipulación del operador y la textura de las matrices con que se confeccionan dichas restauraciones, en el caso de los materiales elaborados manualmente.

## **LIMITACIONES Y/O NUEVAS PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN:**

Existen tratamientos de superficie que pueden implementarse para modificar las características propias del material, a través de pulido o glaseado con barnices, o bien, la incorporación de sustancias antibacterianas en la composición química del material para mejorar las propiedades biológicas de los materiales de restauración.

Aún falta evidencia científica acerca del comportamiento de *S. viridans* respecto a la modificación de estos materiales, tanto en su composición química como de superficie, por lo que puede ser una perspectiva para futuras investigaciones.

## **CONCLUSIONES**

Los resultados de este estudio evidencian que la técnica de elaboración de los materiales restauradores influye en la formación de biofilm de *S. mutans* y *S. viridans*. La composición físico-química y la textura superficial son factores determinantes e influyen en la colonización bacteriana, observándose una mayor afinidad de estas especies por las resinas fabricadas mediante técnica de fabricación aditiva 3D. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la formación de biofilm de *S. mutans* y *S. viridans* entre los materiales impresos y los polimerizados, lo que sugiere que otros factores también pueden estar involucrados en este proceso.

---

## BIBLIOGRAFÍA

1. Christiani JJ, Devecchi JR. Materiales para Prótesis Provisionales. *Actas Odontológicas*. 24 de julio de 2017;14(1):28.
2. Alzahrani SJ, Hajjaj MS, Azhari AA, Ahmed WM, Yeslam HE, Carvalho RM. Mechanical Properties of Three-Dimensional Printed Provisional Resin Materials for Crown and Fixed Dental Prosthesis: A Systematic Review. *Bioengineering*. 31 de mayo de 2023;10(6):663.
3. Bergamo ETP, Campos TMB, Piza MMT, Gutierrez E, Lopes ACO, Witek L, et al. Temporary materials used in prosthodontics: The effect of composition, fabrication mode, and aging on mechanical properties. *J Mech Behav Biomed Mater*. septiembre de 2022;133:105333.
4. Sulaiman TA. Materials in digital dentistry—A review. *J Esthet Restor Dent*. marzo de 2020;32(2):171-81.
5. Astudillo-Rubio D, Delgado-Gaete A, Bellot-Arcís C, Montiel-Company JM, Pascual-Moscardó A, Almerich-Silla JM. Mechanical properties of provisional dental materials: A systematic review and meta-analysis. *PloS One*. 2018;13(2):e0193162.
6. Zafar MS. Prosthodontic Applications of Polymethyl Methacrylate (PMMA): An Update. *Polymers*. 8 de octubre de 2020;12(10):2299.
7. Cardoso TW, Sato T do P, Rode KM, Borges ALS, Rode S de M. Comparação da exotermia de resinas durante a restauração provisória direta. *Rev Odontol UNESP*. 13 de marzo de 2020;48:e20190103.
8. Paradowska-Stolarz A, Malysa A, Mikulewicz M. Comparison of the Compression and Tensile Modulus of Two Chosen Resins Used in Dentistry for 3D Printing. *Materials*. 15 de diciembre de 2022;15(24):8956.
9. Raszewski Z. Acrylic resins in the CAD/CAM technology: A systematic literature review. *Dent Med Probl*. 31 de diciembre de 2020;57(4):449-54.

10. Torabi K, Farjood E, Hamedani S. Rapid Prototyping Technologies and their Applications in Prosthodontics, a Review of Literature. *J Dent.* marzo de 2015;16(1):1-9
11. Amekyeh H, Tarlochan F, Billa N. Practicality of 3D Printed Personalized Medicines in Therapeutics. *Front Pharmacol.* 12 de abril de 2021;12:646836.
12. Redtenbacher Jos. Ueber die Zerlegungsprodukte des Glyceryloxydes durch trockene Destillation. *Justus Liebigs Ann Chem.* enero de 1843;47(2):113- 48.
13. Díez-Pascual AM. PMMA-Based Nanocomposites for Odontology Applications: A State-of-the-Art. *Int J Mol Sci.* 7 de septiembre de 2022;23(18):10288.
14. AlAzzam NF, Bajunaid SO, Mitwalli HA, Baras BH, Weir MD, Xu HHK. The Effect of Incorporating Dimethylaminohexadecyl Methacrylate and/or 2-Methacryloyloxyethyl Phosphorylcholine on Flexural Strength and Surface Hardness of Heat Polymerized and 3D-Printed Denture Base Materials. *Materials (Basel).* 2024 Sep 20;17(18):4625. doi: 10.3390/ma17184625. PMID: 39336366; PMCID: PMC11433138.
15. Liu J, Ge Y, Xu L. [Study of antibacterial effect of polymethyl methacrylate resin base containing Ag-TiO<sub>2</sub> against *Streptococcus mutans* and *Saccharomyces albicans* in vitro]. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi Huaxi Kouqiang Yixue Zazhi West China J Stomatol.* abril de 2012;30(2):201-5.
16. Yu H, Yao J, Du Z, Guo J, Lei W. Comparative Evaluation of Mechanical Properties and Color Stability of Dental Resin Composites for Chairside Provisional Restorations. *Polymers (Basel).* 2024 Jul 22;16(14):2089. doi: 10.3390/polym16142089. PMID: 39065406; PMCID: PMC11280800.
17. Oleiwi J, Hamad Q, Kadhim N. Study Compression, Hardness and Density properties of PMMA Reinforced by Natural Powder Used in Denture Base applications. *Eng Technol J.* 25 de diciembre de 2019;37(12A):522-7.
18. Penzenstadler M, Intarak N, Kamnoedboon P, Nantanapiboon D, Suwanchaikasem P, Porntaveetus T, Srinivasan M. In vitro analysis of composition profiles of resins for 3D printing of dentures. *J Dent.* 2025 Mar;154:105565. doi: 10.1016/j.jdent.2025.105565. Epub 2025 Jan 11. PMID: 39805495.

19. Taormina, G., Sciancalepore, C., Messori, M., & Bondioli, F. (2018). 3D printing processes for photocurable polymeric materials: technologies, materials, and future trends. *Journal of applied biomaterials & functional materials*, 16(3), 151-160.
20. Prakash J, Shenoy M, Alhasmi A, Al Saleh AA, C SG, Shivakumar S. Biocompatibility of 3D-Printed Dental Resins: A Systematic Review. *Cureus*. 2024 Jan 5;16(1):e51721. doi: 10.7759/cureus.51721. PMID: 38318586; PMCID: PMC10839546.
21. Perea-Lowery L, Gibreel M, Vallittu PK, Lassila LV. 3D-Printed vs. Heat-Polymerizing and Autopolymerizing Denture Base Acrylic Resins. *Materials (Basel)*. 2021 Oct 3;14(19):5781. doi: 10.3390/ma14195781. PMID: 34640178; PMCID: PMC8510326.
22. Bayarsaikhan E, Lim JH, Shin SH, Park KH, Park YB, Lee JH, Kim JE. Effects of Postcuring Temperature on the Mechanical Properties and Biocompatibility of Three-Dimensional Printed Dental Resin Material. *Polymers (Basel)*. 2021 Apr 7;13(8):1180. doi: 10.3390/polym13081180. PMID: 33916899; PMCID: PMC8067535.
23. Kowalska A, Sokolowski J, Bociong K. The Photoinitiators Used in Resin Based Dental Composite-A Review and Future Perspectives. *Polymers (Basel)*. 2021 Feb 2;13(3):470. doi: 10.3390/polym13030470. PMID: 33540697; PMCID: PMC7867280.
24. Mhaibes, A. H., Safi, I. N., & Haider, J. (2024). The influence of the addition of titanium oxide nanotubes on the properties of 3D printed denture base materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 36(11), 1574-1590.
25. Mizrahi, B. (2019). Temporary restorations: the key to success. *British dental journal*, 226(10), 761-768.
26. Al-Dwairi ZN, Tahboub KY, Baba NZ, Goodacre CJ, Özcan M. A Comparison of the Surface Properties of CAD/CAM and Conventional Polymethylmethacrylate (PMMA). *J Prosthodont*. 2019 Apr;28(4):452-457. doi: 10.1111/jopr.13033. Epub 2019 Feb 19. PMID: 30730086.
27. Wiertelak-Makała K, Szymczak-Pajor I, Bociong K, Śliwińska A. Considerations about Cytotoxicity of Resin-Based Composite Dental Materials: A

---

Systematic Review. *Int J Mol Sci.* 2023 Dec 21;25(1):152. doi: 10.3390/ijms25010152. PMID: 38203323; PMCID: PMC10778595.

28. Zhang X, Zhang Q, Meng X, Ye Y, Feng D, Xue J, Wang H, Huang H, Wang M, Wang J. Rheological and Mechanical Properties of Resin-Based Materials Applied in Dental Restorations. *Polymers (Basel).* 2021 Sep 1;13(17):2975. doi: 10.3390/polym13172975. PMID: 34503014; PMCID: PMC8433687.

29. Szczesio-Wlodarczyk A, Domarecka M, Kopacz K, Sokolowski J, Bociong K. An Evaluation of the Properties of Urethane Dimethacrylate-Based Dental Resins. *Materials (Basel).* 2021 May 21;14(11):2727. doi: 10.3390/ma14112727. PMID: 34064213; PMCID: PMC8196897.

30. Garg DP, Ravi DR, Ghalaut DP. Outcome of Provisional Restorations on Basis of Materials and Techniques of Choice: A Systematic Review. 2021;3.

31. Watts DC. Light-curing dental resin-based composites: How it works and how you can make it work. *Front Dent Med.* 2023 Mar 7;4:1108316. doi: 10.3389/fdmed.2023.1108316. PMID: 39916906; PMCID: PMC11797893.

32. Deo PN, Deshmukh R. Oral microbiome: Unveiling the fundamentals. *J Oral Maxillofac Pathol JOMFP.* 2019;23(1):122-8.

33. Jakubovics NS, Goodman SD, Mashburn-Warren L, Stafford GP, Cieplik F. The dental plaque biofilm matrix. *Periodontol 2000.* junio de 2021;86(1):32-56.

34. Wang X, Li J, Zhang S, Zhou W, Zhang L, Huang X. pH-activated antibiofilm strategies for controlling dental caries. *Front Cell Infect Microbiol.* 2023 Mar 6;13:1130506. doi: 10.3389/fcimb.2023.1130506. PMID: 36949812; PMCID: PMC10025512.

35. Rather MA, Gupta K, Mandal M. Microbial biofilm: formation, architecture, antibiotic resistance, and control strategies. *Braz J Microbiol.* 2021 Dec;52(4):1701-1718. doi: 10.1007/s42770-021-00624-x. Epub 2021 Sep 23. PMID: 34558029; PMCID: PMC8578483.

36. Engel AS, Kranz HT, Schneider M, Tietze JP, Piwowarczyk A, Kuzius T, Arnold W, Naumova EA. Biofilm formation on different dental restorative materials in the oral

---

cavity. BMC Oral Health. 2020 Jun 3;20(1):162. doi: 10.1186/s12903-020-01147-x. PMID: 32493365; PMCID: PMC7268681.

37. Ruhai R, Kataria R. Biofilm patterns in gram-positive and gram-negative bacteria. Microbiol Res. 2021 Oct;251:126829. doi: 10.1016/j.micres.2021.126829. Epub 2021 Jul 23. PMID: 34332222.

38. Ahmed, N., Tariq, P., & Naim, A. (2023). Viridans group streptococci and dental caries: An overview. *Int J Biol Biotech*, 20(1), 3-16.

39. Li X, Fields FR, Ho M, Marshall-Hudson A, Gross R, Casser ME, Naito M. Safety assessment of *Streptococcus salivarius* DB-B5 as a probiotic candidate for oral health. Food Chem Toxicol. 2021 Jul;153:112277. doi: 10.1016/j.fct.2021.112277. Epub 2021 May 15. PMID: 34004226.

40. Bloch S, Hager-Mair FF, Andrukhov O, Schäffer C. Oral streptococci: modulators of health and disease. Front Cell Infect Microbiol. 2024 Feb 22;14:1357631. doi: 10.3389/fcimb.2024.1357631. PMID: 38456080; PMCID: PMC10917908.

41. Fang Y, Chen X, Chu CH, Yu OY, He J, Li M. Roles of *Streptococcus mutans* in human health: beyond dental caries. Front Microbiol. 2024 Dec 19;15:1503657. doi: 10.3389/fmicb.2024.1503657. PMID: 39749137; PMCID: PMC11693680.

42. Horacio A. Lopardo, Laura Vigliarolo, Laura Bonofiglio, Paula Gagetti, Gabriela García Gabarrot, Sara Kaufman, Marta Mollerach, Inés Toresani, Martha von Specht. Beta-lactam antibiotics and viridans group streptococci, *Revista Argentina de Microbiología*, Vol 54, Issue 4, 2022, Pages 335-3438/13/25 1:28:00 AM, <https://doi.org/10.1016/j.ram.2022.06.004>

43. Kuryłek A, Stasiak M, Kern-Zdanowicz I. Virulence factors of *Streptococcus anginosus* - a molecular perspective. Front Microbiol. 2022 Oct 26;13:1025136. doi: 10.3389/fmicb.2022.1025136. PMID: 36386673; PMCID: PMC9643698.

44. Okahashi N, Nakata M, Kuwata H, Kawabata S. Oral mitis group streptococci: A silent majority in our oral cavity. Microbiol Immunol. 2022 Dec;66(12):539-551. doi: 10.1111/1348-0421.13028. Epub 2022 Oct 4. PMID: 36114681.

- 
45. Cui, G., Li, P., Wu, R. *et al.* *Streptococcus mutans* membrane vesicles inhibit the biofilm formation of *Streptococcus gordonii* and *Streptococcus sanguinis*. *AMB Expr* **12**, 154 (2022).
46. Begić, G., Badovinac, I. J., Karleuša, L., Kralik, K., Cvijanovic Pelozo, O., Kuiš, D., & Gobin, I. (2023). *Streptococcus salivarius* as an important factor in dental biofilm homeostasis: Influence on *Streptococcus mutans* and *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* in mixed biofilm. *International journal of molecular sciences*, *24*(8), 7249.
47. Zhang Q, Ma Q, Wang Y, Wu H, Zou J. Molecular mechanisms of inhibiting glucosyltransferases for biofilm formation in *Streptococcus mutans*. *Int J Oral Sci*. 2021 Sep 30;13(1):30. doi: 10.1038/s41368-021-00137-1. PMID: 34588414; PMCID: PMC8481554.
48. Aati S, Akram Z, Ngo H, Fawzy AS. Development of 3D printed resin reinforced with modified ZrO<sub>2</sub> nanoparticles for long-term provisional dental restorations. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater*. junio de 2021;37(6):e360-74.
49. Giti R, Dabiri S, Motamedifar M, Derafshi R. Surface roughness, plaque accumulation, and cytotoxicity of provisional restorative materials fabricated by different methods. *PLoS One*. 2021 Apr 5;16(4):e0249551. doi: 10.1371/journal.pone.0249551. PMID: 33819292; PMCID: PMC8021148.
50. Koji Uehara E, Castro de Lima G, Sardi JCO, de Figueiredo LC, Shibli JA, Asbi T, Haim D, Augusto Rodrigues J. Next-Generation Dental Materials: Exploring Bacterial Biofilm Formation on 3D-Printable Resin-Based Composites. *J Funct Biomater*. 2025 Jan 3;16(1):12. doi: 10.3390/jfb16010012. PMID: 39852568; PMCID: PMC11765569.
51. Simoneti DM, Pereira-Cenci T, dos Santos MBF. Comparison of material properties and biofilm formation in interim single crowns obtained by 3D printing and conventional methods. *J Prosthet Dent*. 2020: In Press. 10.1016/j.prosdent.2020.06.026

52. Zheng T, Jing M, Gong T, Yan J, Wang X, Xu M, Zhou X, Zeng J, Li Y. Regulatory mechanisms of exopolysaccharide synthesis and biofilm formation in *Streptococcus mutans*. *J Oral Microbiol*. 2023 Jun 18;15(1):2225257. doi: 10.1080/20002297.2023.2225257. PMID: 37346997; PMCID: PMC10281425.
53. Larijani M, Zareshahrabadi Z, Alhavaz A, Hajipour R, Ranjbaran A, Giti R, Soltankarimi V, Zomorodian K. Evaluation of *Candida albicans* biofilm formation on conventional and computer-aided-design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) denture base materials. *Curr Med Mycol*. 2022 Sep;8(3):23-29. doi: 10.18502/cmm.8.3.11208. PMID: 37051555; PMCID: PMC10084483.
54. Parakaw T, Ruangsawasdi N, Dararat P, Phruksaniyom C, Srihirun S, Petchmedyai P. Biocompatibility and biofilm formation on conventional and CAD/CAM provisional implant restorations. *BMC Oral Health*. 2023 Oct 5;23(1):718. doi: 10.1186/s12903-023-03468-z. PMID: 37798682; PMCID: PMC10552236.
55. Vulović S, Nikolić-Jakoba N, Radunović M, Petrović S, Popovac A, Todorović M, Milić-Lemić A. Biofilm Formation on the Surfaces of CAD/CAM Dental Polymers. *Polymers (Basel)*. 2023 Apr 29;15(9):2140. doi: 10.3390/polym15092140. PMID: 37177285; PMCID: PMC10181064.
56. Barutçugil K, DüNDAR A, Batmaz SG, Yıldırım K, Barutçugil Ç. Do resin-based composite CAD/CAM blocks release monomers? *Clin Oral Investig*. 2021 Jan;25(1):329-336. doi: 10.1007/s00784-020-03377-3. Epub 2020 Jun 3. PMID: 32488490.
57. De Angelis F, D'Arcangelo C, Di Lodovico S, Sorrentino E, Buonvivere M, D'Ercole S. Influence of Polymerization Protocol on Adhesion and Proliferation of *Streptococcus mutans* on Three Dental Composite Resins. *Biomedicines*. 2024 Oct 1;12(10):2235. doi: 10.3390/biomedicines12102235. PMID: 39457548; PMCID: PMC11505629.

## ANEXOS

Anexo 1. Aprobación del trabajo por el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Estomatología UASLP



San Luis Potosí, S.L.P. 10 DE OCTUBRE DE 2024

**M.E. Alba Alicia Mata Galván**  
**Especialidad en Odontología Estética, Cosmética, Restauradora e**  
**Implantología**  
**Facultad de Estomatología, UASLP**  
**PRESENTE**

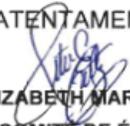
Por este conducto me dirijo a Usted en referencia a su trabajo de investigación titulado "Evaluación de la formación de biofilm en materiales para restauraciones provisionales según la técnica de elaboración" asignado con la clave: **CEI-FE-066-024**.

Dicho trabajo fue evaluado en los **aspectos del marco ético-legal y bioseguridad** por los miembros del H. Comité de Ética en Investigación: M. en C. Ana María Guadalupe González Amaro, Dra. Yolanda Hernández Molinar, Dra. Norma Verónica Zavala Alonso, Dra. Claudia Edith Dávila Pérez, Dra. Rita Elizabeth Martínez Martínez, Dr. José Arturo Garrocho Rangel, M en C. Alan Martínez Zumarán y CMF Víctor Mario Fierro Serna. De dicha evaluación y de forma colegiada, el Comité ha dictaminado que su protocolo de investigación ha sido **APROBADO POR UNANIMIDAD** pudiendo llevarlo a cabo en los tiempos que Usted ha considerado necesarios para su ejecución.

El Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Estomatología se rige con la clave **CONBIOÉTICA-24-CEI-001-20190213** de acuerdo con las directrices nacionales para la integración y funcionamiento de los Comités de Ética e Investigación emitidas por la Comisión Nacional de Bioética (CONBIOÉTICA).

Le solicitamos nos haga llegar los informes correspondientes del **AVANCE** de su proyecto de investigación, así como un **INFORME FINAL** para nuestro archivo, recordándole además que este proyecto podrá ser monitoreado en cualquier momento por este Comité.

ATENTAMENTE

  
**DRA. RITA ELIZABETH MARTÍNEZ MARTÍNEZ**  
**PRESIDENTE DEL H. COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN**  
**FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA, UASLP**



[www.uaslp.mx](http://www.uaslp.mx)

Av. Dr. Manuel Nava 2  
Zona Universitaria • CP 78290  
San Luis Potosí, S.L.P., México  
tel. +52 (444) 826 2300  
ext. 5116 a 5120  
(444) 813 9743, 834 2522, 23 y 21  
[www.estomatologia.uaslp.mx](http://www.estomatologia.uaslp.mx)  
[estomatologia@uaslp.mx](mailto:estomatologia@uaslp.mx)

Alba Alicia Mata Galván

**ANEXO 2. Resultados obtenidos de la cuantificación del desarrollo de biofilm**

**STREPTOCOCCUS VIRIDIANS**

S. viridians									
Grupo Polimerizado	MF	MF-Blanco	UFC MF	LOG	PROMEDIO MF	PROM LOG	(X-Xprom)^2	sum(x-xprom)^2	S
1	1.84	1.77	5.31E+08	8.7251	5.93E+08	8.77044211	2.06E-03	3.24E-02	2.31E-03
	1.83	1.76	5.28E+08	8.7226			2.29E-03		
	1.96	1.89	5.67E+08	8.7536			2.84E-04		
	1.6	1.53	4.59E+08	8.6618			1.18E-02		
	1.88	1.81	5.43E+08	8.7348			1.27E-03		
3	2.02	1.95	5.85E+08	8.7672			1.08E-05		
	2.05	1.98	5.94E+08	8.7738			1.12E-05		
	2.56	2.49	7.47E+08	8.8733			1.06E-02		
	2.14	2.07	6.21E+08	8.7931			5.13E-04		
5	2.19	2.12	6.36E+08	8.8035			1.09E-03		
	2.09	2.02	6.06E+08	8.7825			1.45E-04		
	2.18	2.11	6.33E+08	8.8014			9.59E-04		
	2.17	2.1	6.30E+08	8.7993			8.35E-04		
	2.04	1.97	5.91E+08	8.7716			1.31E-06		
	2.14	2.07	6.21E+08	8.7931			5.13E-04		

S. viridians									
Grupo Fresados	MF	MF-Blanco	UFC MF	LOG	PROMEDIO MF	PROM LOG	(X-Xprom)^2	sum(x-xprom)^2	S
1	3.45	3.19	9.57E+08	8.98091	9.47E+08	8.95692	5.76E-04	2.69E-01	1.92E-02
	3.54	3.28	9.84E+08	8.99300			1.30E-03		
	3.92	3.66	1.10E+09	9.04060			7.00E-03		
	3.66	3.4	1.02E+09	9.00860			2.67E-03		
	4.29	4.03	1.21E+09	9.08243			1.58E-02		
3	2.01	1.75	5.25E+08	8.72016			5.61E-02		
	2.28	2.02	6.06E+08	8.78247			3.04E-02		
	1.98	1.72	5.16E+08	8.71265			5.97E-02		
	2.71	2.45	7.35E+08	8.86629			8.21E-03		
5	2.6	2.34	7.02E+08	8.84634			1.22E-02		
	3.59	3.33	9.99E+08	8.99957			1.82E-03		
	5.06	4.8	1.44E+09	9.15836			4.06E-02		
	3.6	3.34	1.00E+09	9.00087			1.93E-03		
	4.24	3.98	1.19E+09	9.07700			1.44E-02		
	4.31	4.05	1.22E+09	9.08458			1.63E-02		

S. viridians									
Grupo Impresos	MF	MF-Blanco	UFC MF	LOG	PROMEDIO MF	PROM LOG	(X-Xprom)^2	sum(x-xprom)^2	S
1	8.17	7.91	2.37E+09	9.37530	2.13E+09	9.30975802	4.30E-03	0.24218	1.73E-02
	8.31	8.05	2.42E+09	9.38292			5.35E-03		
	7.7	7.44	2.23E+09	9.34869			1.52E-03		
	8.7	8.44	2.53E+09	9.40346			8.78E-03		
	8.62	8.36	2.51E+09	9.39933			8.02E-03		
3	6.48	6.22	1.87E+09	9.27091			1.51E-03		
	11.4	11.14	3.34E+09	9.52401			4.59E-02		
	6.43	6.17	1.85E+09	9.26741			1.79E-03		
	6.18	5.92	1.78E+09	9.24944			3.64E-03		
5	11.8	11.54	3.46E+09	9.53933			5.27E-02		
	6.01	5.75	1.73E+09	9.23679			5.32E-03		
	6.05	5.79	1.74E+09	9.23980			4.89E-03		
	5.67	5.41	1.62E+09	9.21032			9.89E-03		
	4.46	4.2	1.26E+09	9.10037			4.38E-02		
	4.44	4.18	1.25E+09	9.09830			4.47E-02		

**Resultados obtenidos de la cuantificación del desarrollo de biofilm**

**STREPTOCOCCUS MUTANS**

S. Mutans									
Grupo Polimerizado	MF	MF-Blanco	UFC MF	LOG	PROMEDIO MF	PROM LOG	(X-Xprom)^2	sum(x-xprom)^2	S
2	2.41	2.34	7.02E+08	8.84633711	6.29E+08	8.79339718	2.80E-03	6.92E-02	4.94E-03
	2.23	2.16	6.48E+08	8.81157501			3.30E-04		
	2.49	2.42	7.26E+08	8.86093662			4.56E-03		
	2.82	2.75	8.25E+08	8.91645395			1.51E-02		
	2.48	2.41	7.23E+08	8.8591383			4.32E-03		
4	2.05	1.98	5.94E+08	8.77378644			3.85E-04		
	2.27	2.2	6.60E+08	8.81954394			6.84E-04		
	2.14	2.07	6.21E+08	8.7930916			9.34E-08		
	2.41	2.34	7.02E+08	8.84633711			2.80E-03		
6	2.28	2.21	6.63E+08	8.82151353			7.91E-04		
	1.74	1.67	5.01E+08	8.69983773			8.75E-03		
	1.64	1.57	4.71E+08	8.67302091			1.45E-02		
	1.78	1.71	5.13E+08	8.71011737			6.94E-03		
	1.83	1.76	5.28E+08	8.72263392			5.01E-03		
	1.93	1.86	5.58E+08	8.7466342			2.19E-03		

S. Mutans									
Grupo Fresados	MF	MF-Blanco	UFC MF	LOG	PROMEDIO MF	PROM LOG	(X-Xprom)^2	sum(x-xprom)^2	S
2	1.75	1.49	4.47E+08	8.65031	5.88E+08	8.76063	1.22E-02	1.13E-01	8.09E-03
	1.59	1.33	3.99E+08	8.60097			2.55E-02		
	1.93	1.67	5.01E+08	8.69984			3.70E-03		
	1.96	1.7	5.10E+08	8.70757			2.82E-03		
	2.35	2.09	6.27E+08	8.79727			1.34E-03		
4	1.84	1.58	4.74E+08	8.67578			7.20E-03		
	1.84	1.58	4.74E+08	8.67578			7.20E-03		
	2.08	1.82	5.46E+08	8.73719			5.49E-04		
	2.22	1.96	5.88E+08	8.76938			7.65E-05		
6	2.56	2.3	6.90E+08	8.83885			6.12E-03		
	2.46	2.2	6.60E+08	8.81954			3.47E-03		
	2.47	2.21	6.63E+08	8.82151			3.71E-03		
	2.68	2.42	7.26E+08	8.86094			1.01E-02		
	2.97	2.71	8.13E+08	8.91009			2.23E-02		
	2.59	2.33	6.99E+08	8.84448			7.03E-03		

S. Mutans									
Grupo Impresos	MF	MF-Blanco	UFC MF	LOG	PROMEDIO MF	PROM LOG	(X-Xprom)^2	sum(x-xprom)^2	S
2	7.52	7.26	2.18E+09	9.33806	2.46E+09	9.36508	7.30E-04	0.282664	2.02E-02
	7.65	7.39	2.22E+09	9.34577			3.73E-04		
	7.31	7.05	2.12E+09	9.32531			1.58E-03		
	7.66	7.4	2.22E+09	9.34635			3.51E-04		
	6.92	6.66	2.00E+09	9.30060			4.16E-03		
4	7.12	6.86	2.06E+09	9.31345			2.67E-03		
	7.49	7.23	2.17E+09	9.33626			8.31E-04		
	6.83	6.57	1.97E+09	9.29469			4.95E-03		
	6.97	6.71	2.01E+09	9.30384			3.75E-03		
6	6.91	6.65	2.00E+09	9.29994			4.24E-03		
	18.1	17.84	5.35E+09	9.72852			1.32E-01		
	16.55	16.29	4.89E+09	9.68904			1.05E-01		
	6.99	6.73	2.02E+09	9.30514			3.59E-03		
	7.01	6.75	2.03E+09	9.30643			3.44E-03		
	6.09	5.83	1.75E+09	9.24279			1.50E-02		