



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

ACTIVIDAD ANTIBACTERIAL DE NANOPARTÍCULAS
DE PLATA Y DIÓXIDO DE TITANIO EN ADHESIVOS
DENTALES: REVISIÓN.

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANA DENTISTA

P R E S E N T A:

MARIA TERESA SALDAÑA CHAVIRA.

TUTOR: Mtro. JORGE GUERRERO IBARRA.

V. B. O.
J. G. I.

□ Cd. Mx.

2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA.

A mis padres **Roberta Chavira Rodríguez y Alberto Saldaña Pérez** por su esfuerzo y amor incondicional vivo agradeciéndoles día a día.

A mis hermanas **Karen Saldaña Chavira y Azul Saldaña Chavira** mis mejores compañeras de vida como las quiero.

A **Eber Raziel Esquivel** por ser mi maestro, mi perfecto compañero, mi protector, te dedico este y todos mis logros.

A **Gael Esquivel Saldaña** mi sol de cada día. mi rayo de luz, mi maestro mi motivo mi razón, algún día lo leerás y espero transmitir todo este amor que siento por ti.

A Cris Yáñez y Jorge Esquivel.

Gracias por todo su apoyo.

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** por permitirme obtener conocimiento en tus aulas.

Índice.

DEDICATORIA.....	I
ÍNDICE.....	II
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO 1. BIOMATERIALES DENTALES.	6
CAPITULO 2. ADHESIVOS DENTALES.....	9
COMPOSICIÓN DE ADHESIVOS.	11
GRABADO ÁCIDO Y GRABADO CON LÁSER.	11
CAPÍTULO 3. GENERALIDADES DE NANOPARTÍCULAS METÁLICAS UTILIZADAS EN ODONTOLOGÍA.	18
CAPÍTULO 4. ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA EN NANOPARTÍCULAS METÁLICAS.....	28
CAPÍTULO 5. ADHESIVOS DENTALES CON NANOPARTÍCULAS DE PLATA Y DIÓXIDO DE TITANIO.	29
CONCLUSIONES.....	32
BIBLIOGRAFÍA	33

INTRODUCCIÓN.

La aplicación de nanotecnología en odontología tiene cada vez más presencia en procedimientos clínicos, el odontólogo en la actualidad manipula materiales con nano partículas en su consulta privada, a causa de esta demanda las compañías comercializan productos como resinas nano-híbridas, nano rellenos y/o nano-adhesivos, que al ser fabricadas a escalas nanométricas incrementan las propiedades mecánicas, físicas y químicas superando así los materiales convencionales utilizados en la práctica clínica.(1,3)

Definiendo caries dental se entiende que es una enfermedad infecciosa que puede transmitirse afectando a los dientes mediante procesos químicos y bacterianos que puede evolucionar hasta la pérdida del tejido dental duro. Es de etiología multifactorial donde existen interacciones entre huésped, dieta, microorganismos y el tiempo. (2,3)

Una vez que se da tratamiento a la enfermedad si no cumple con los requisitos para permanecer en salud como sellado y extirpación completa de la lesión puede ocurrir el proceso denominado caries secundaria lo que sería un completo fracaso de la restauración.

En la cavidad oral, la interfaz diente / restauración se ve constantemente atacada por múltiples factores como el agua, las enzimas, la fuerza de masticación, la temperatura, las biopelículas, Esto conlleva a un deterioro marginal y a una mayor susceptibilidad a la microfiltración y a la caries secundaria, Por lo tanto, son necesarios adhesivos y materiales de resina con propiedades antibacterianas para reducir la incidencia de caries secundarias y prolongar la vida útil de la restauración. (1,4,3)

Al momento de aplicar las fuerzas masticatorias, el sistema "diente/ sello"

comienza a fallar; creando una ruptura en la unión, desarrollando fatiga y tensiones en el sistema "sello-diente". Con la acumulación de tensiones se generan micro fuerza de tejido, lo que produce microfisuras en el sello y en los tejidos dentales. Los defectos formados se convierten en lugares propicios de acumulo de placa dentobacteriana, lo que conduce a caries secundaria. (6)

La tecnología desarrollada para crear unión de un material al diente, nos ayuda a realizar un tratamiento dental mínimamente invasivo y con un fin mas estético, también con adherencia especifica a los tejidos duros dentales lo que tiene ciertas ventajas, pero, la interfaz de unión entre el diente y la resina adhesiva sigue siendo un eslabón débil en la restauración. En la composición, "composite-adhesivo", la principal causa de fracaso es la contracción del material durante su polimerización, como consecuencia existe la aparición de defectos en la interfaz de "sello-adhesivo". Entre la composición "adhesivo-diente" la tecnología incorrecta con la que se elaboró el material o una solubilidad del adhesivo es la causa del fracaso. (6,9)

Por ello se están incorporado agentes antibacterianos a los sistemas adhesivos dentales para ofrecer, mas durabilidad de la restauración, menor reincidencia de caries lo que conlleva, a una superficie libre de bacterias. Los agentes antibacterianos incluyen compuestos como clorhexidina, monómeros poliméricos, péptido como la nisina, metacrilatos de amonio cuaternario, nanopartículas de plata y dióxido de titanio teniendo en cuenta que los compuestos como la clorhexidina, los monómeros poliméricos se dispersan en la fase de matriz y tienen eficacia limitada debido a la liberación en ráfagas. Mientras tanto, los agentes antibacterianos polimerizables como el bromuro de 12-metacrilóiloxidodecilpiridinio (MDPB) pueden reducir la formación de biopelículas pero están limitados por el hecho de que los agentes antibacterianos inmovilizados inhiben las bacterias que tiene contacto directo con la superficie y la acumulación de

biopelículas o proteínas salivales en la superficie y esto debilitará sus propiedades antibacterianas a largo plazo.

No así las nanopartículas de plata y dióxido de titanio han demostrado tener una durabilidad de hasta 24 meses. (2,11)

Los investigadores siguen desarrollando agentes que tengan propiedades antibacterianas se enfocan en evaluar estrategias que mejoren la estabilidad entre el diente y la restauración.

Esta revisión. se realizó en las siguientes plataformas digitales: Google, ScieELO, Science direct, Pudmed, ELSEVIER, ScoPus y principalmente en Bidi Unam. Los términos empleados fueron “biomaterials dental, nanoparticles metals, dental adhesives, titanium, antibacterial, Se revisaron artículos de investigación originales basados en biomateriales dentales experimentales publicados entre 2000 y 2021.

Capítulo 1. BIOMATERIALES DENTALES.

Conceptualizando los biomateriales dentales son un material sintético o natural que está en contacto con tejidos biológicos, con sangre y fluidos, utilizados para restaurar, diagnosticar e implementar una terapéutica, sin causar efectos adversos a los organismos vivos o sus componentes.

Algunos de los biomateriales utilizados en odontología incluyen metales, cerámica, polímeros y compuestos. (6,7)

La elección del tipo de material estará determinada por alguno de los siguientes factores: paciente, dentista, material y propiedades del diente. Algunos de los parámetros importantes para elegir los materiales son: resistencia, dureza, resistencia al desgaste, resistencia química y estética.

- ❖ Los metales se utilizan principalmente donde se necesita resistencia y durabilidad. Los usos de los metales incluyen amalgamas, aleaciones de fundición y restauraciones de porcelana fundida a metal.
- ❖ Las cerámicas también se utilizan junto con el metal como restauraciones de porcelana fundida a metal o como materiales cerámicos independientes estos se utilizan donde la durabilidad química y la estética son importantes podemos encontrarlas en carillas, coronas, capas protectoras, etc.
- ❖ Los materiales poliméricos se utilizan como cementos y como obturaciones de cavidades junto con materiales de relleno.
- ❖ Los cerámicos son útiles debido a sus propiedades estéticas y de adhesión. (6)

Uno de los principales requerimientos de los biomateriales dentales es que sus propiedades mecánicas sean las adecuadas para satisfacer una necesidad específica.

En las pruebas mecánicas, se pueden observar las propiedades de los materiales con la finalidad de comprender, predecir su comportamiento y su rendimiento, el conocer el resultado de las pruebas mecánicas realizadas al producto esto te permitirá identificar materiales, composiciones y diseños adecuados para cada caso.

Una alternativa a este proceso es realizar ensayos clínicos los cuales son muy costosos, prolongados y exigentes de un gran número de pacientes esto con el fin de obtener una base de datos estadísticamente útiles, en estos ensayos clínicos puede haber la existencia de problemas éticos al utilizar los materiales experimentales en pacientes sabiendo que posiblemente podrían dañarlos.

Las pruebas en laboratorio en las etapas de desarrollo y control de calidad son más baratas, fáciles, rápidas y comúnmente sin problemas éticos. Estos resultados de las pruebas son normalmente lo que tomamos como referencia para tomar la elección de un material, también podemos hacer la comparación entre productos y técnicas, como último recurso podemos informarnos en publicaciones de literatura científica para tener justificación en la elección de un producto.

Por lo tanto, Es un requisito previo al utilizar algún biomaterial dental, comprender sus propiedades mecánicas, sus generalidades, las recomendaciones para cada producto y sus procedimientos clínicos.

Con frecuencia el consumidor se hace la pregunta: ¿cuál sería un biomaterial ideal?, la respuesta es aquel que satisfaga todas las necesidades de una problemática.

Las propiedades de los materiales son muy limitadas, por su composición por lo que se entiende que no siempre cubrirá todas las necesidades del problema, en los materiales dentales una mejora en un sentido puede estar asociada con un cambio en alguna otra por esto lo que tenemos que hacer es trabajar dentro de estas limitaciones físicas y químicas. (7,8)

una amplia gama de propiedades es de interés para la odontología, este interés está implicado para la selección de productos y tomar en cuenta estas propiedades (resistencia a la compresión, solubilidad, límite elástico etc.) La problemática que se presenta en los biomateriales es que no todos pueden cumplir con la aplicación prevista y algunos pueden causar reacciones adversas.

Capítulo 2. ADHESIVOS DENTALES.

El éxito o el fracaso de las restauraciones de resina depende esencialmente de la calidad de los adhesivos, a su vez depende del protocolo y técnica utilizados en del tejido ya sea esmalte o dentina otro factor a tomar en cuenta es el aislamiento del líquido dentinario, saliva y agua. (9)

Los principales objetivos de la adhesión son:

- Retención y estabilidad de la restauración.
- Contrarrestar las tensiones de contracción.
- El sellado del complejo pulpa-dentina,
- Reducir la sensibilidad posoperatoria para que el paciente no sienta molestia.
- Refuerzo de la estructura del diente y reducción o eliminación de micro filtraciones. (9)

Los adhesivos dentales deberían cumplir las siguientes funciones:

- Duraderos a largo plazo esto se logrará al proporcionar un sellado perfecto de la restauración.
- Rehabilitación funcional del diente distribuyendo fuerzas.
- Proporcionar retención a la restauración y contrarrestar las tensiones de contracción.

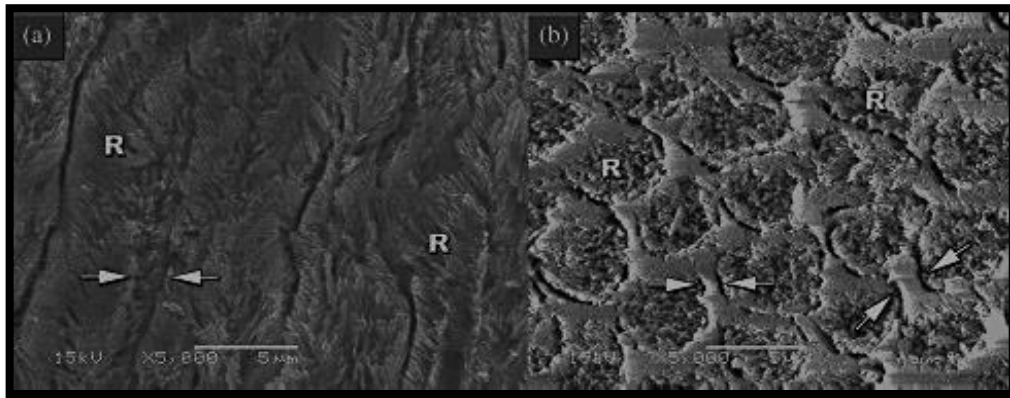


Imagen 1. Esmalte dental humano visto desde microscopio electrónico de barrido. (a)corte transversal(b)corte longitudinal. (10)

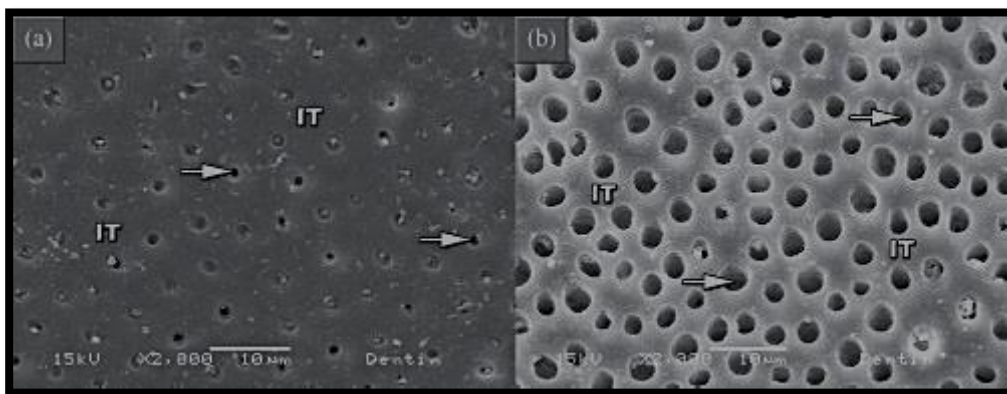


Imagen 2. Unidades estructurales de la dentina. Visto desde un microscopio electrónico de barrido. (a) dentina cercana a cámara pulpar.(b)magnificación 2000x.(10)

Indicaciones.

1. Restauración de defectos con caries o sin ella.
2. Unión de restauraciones indirectas coronas, incrustaciones onlay.
3. Unión de carillas de resina parciales y totales.
4. En el cierre de diastemas.
5. Como sellador de fosas y fisuras.

6. En la cementación de brackets de ortodoncia.
7. Desensibilización de raíces expuestas.
8. Sellado del conducto radicular.
9. Unión de postes de fibra o metalicos. (21)

Composición de adhesivos.

Químicamente se compone de:

Grabador.

El grabador utilizado en los sistemas adhesivos desmineraliza la estructura del diente y produce microporosidades y así crear una unión micromecánica. El grabador generalmente utilizado en los sistemas de "grabado y enjuague" es ácido fosfórico al 35% o 37%. en los sistemas de autograbado, un monómero ácido actúa como grabador y como imprimación.

La técnica de grabado se utiliza para eliminar la capa de frotis y crear una superficie rugosa. El término "capa de frotis" (también conocido como lodo dentinario, smear layer) fue introducido por primera vez por McComb y Smith (1975). ellos la definieron como una capa amorfa causada por la instrumentación al cortar y modelar el esmalte y la dentina. Determinaron que la capa de frotis consta de partes inorgánicas y orgánicas del tejido dental y esto bloquea los túbulos lo que imposibilita una adecuada unión.

El grabado de esmalte se ha dividido en lo siguiente:

Grabado ácido y grabado con láser.

Grabado ácido.

La técnica de grabado con ácido fue presentada por primera vez por Buonocore en 1955 para grabar la superficie del esmalte del diente.

Según su hipótesis, el ácido fosfórico industrial, que se utilizó en pinturas y revestimientos acrílicos para metales, se puede utilizar para adherir la resina acrílica con el esmalte del diente después de grabar con ácido fosfórico al 85% durante 30 segundos esta técnica de grabado ácido puede eliminar la capa superficial de esmalte hasta 10 μm y producir una superficie con micro porosidades donde el tamaño de los poros es de 5 a 50 μm .

El grabado ácido aumenta la fuerza de unión entre la restauración y el tejido dental, reduce la microfiltración periférica de la restauración lo que reduce las posibilidades de caries secundaria. Sin embargo, un inconveniente asociado con el grabado es que se pierde la capa más exterior más resistente de la superficie del esmalte, lo que lo hace más propenso a los ataques de ácido.

Sería recomendable que el procedimiento de grabado con ácido se simplificara y disminuyera la cantidad de pérdida de esmalte.

Para grabar la superficie del esmalte, se han utilizado muchos ácidos inorgánicos y quelantes que se mencionan a continuación:

- ❖ Ácido fosfórico.
- ❖ Ácido cítrico.
- ❖ Solución de cloruro férrico.
- ❖ Amalgambond.
- ❖ Hipoclorito de sodio.
- ❖ Ácido etilendiaminotetracético. (EDTA)

Grabado láser.

Debido a la limitación de las técnicas de grabado ácido, se pueden utilizar como alternativa la radiación de erbio, cromo: itrio-escandio-galio-granate (Er, Cr: YSGG)

El láser crea microporosidades con una superficie rugosa esto se logra al disolver la capa superficial del esmalte también el laser cristaliza los prismas del esmalte; la cristalización aumenta la retención micromecánica o química de la restauración con la estructura del diente.

Debido a estas propiedades, puede ser una buena alternativa a la técnica de grabado con ácido convencional porque no induce dolor, calor o vibración . Los resultados de la fuerza de unión entre la restauración y la estructura del diente por grabado con láser siguen siendo controvertidos.

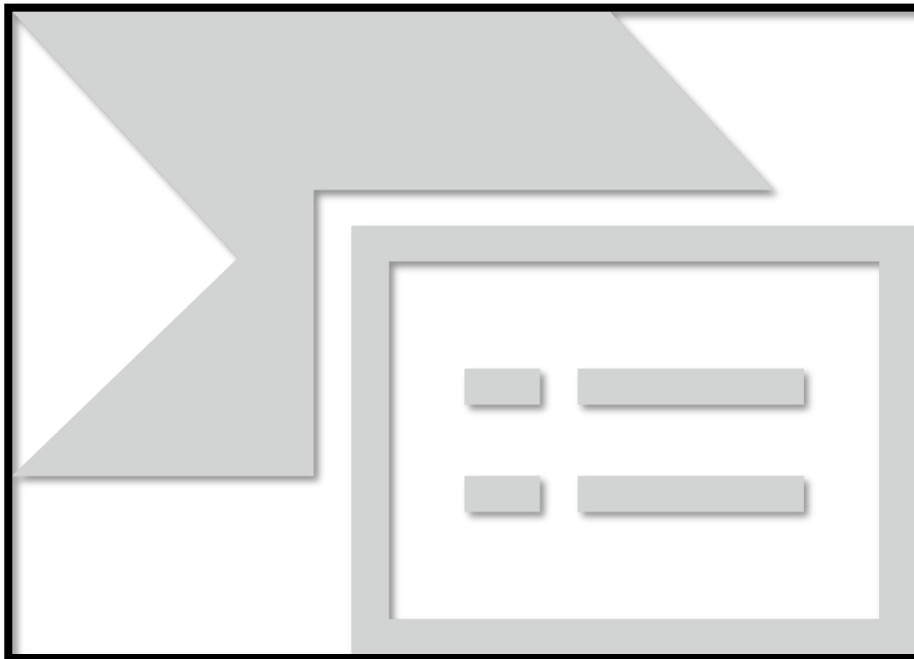


Imagen 3. Superficie de dentina irradiada con láser YSGG que muestra una apariencia escamosa, irregular y rugosa.
(17)

Autograbado.

Técnica que contiene monómero ácido polimerizable este monómero tiene doble función una como acondicionador y otra de imprimación para el esmalte y la dentina (Moszner et al., 2005). Como ventaja al utilizar la técnica de autograbado, se reduce el número de pasos, y como desventaja la superficie del esmalte es menos retentiva, tiende a absorber más agua y a degradar hidrolíticamente las resinas a base de dimetacrilato.

Su aplicación consta de dos pasos: El primer paso es la aplicación de imprimación autograbante sobre la dentina y/o el esmalte, seguida de la aplicación de resina adhesiva. Estos se conocen como sexta generación (Kugel y Ferrari, 2000). Actualmente se utilizan autograbantes a base de metacrilato o agentes adhesivos que tienen un pH de 1,5 a 2,5.

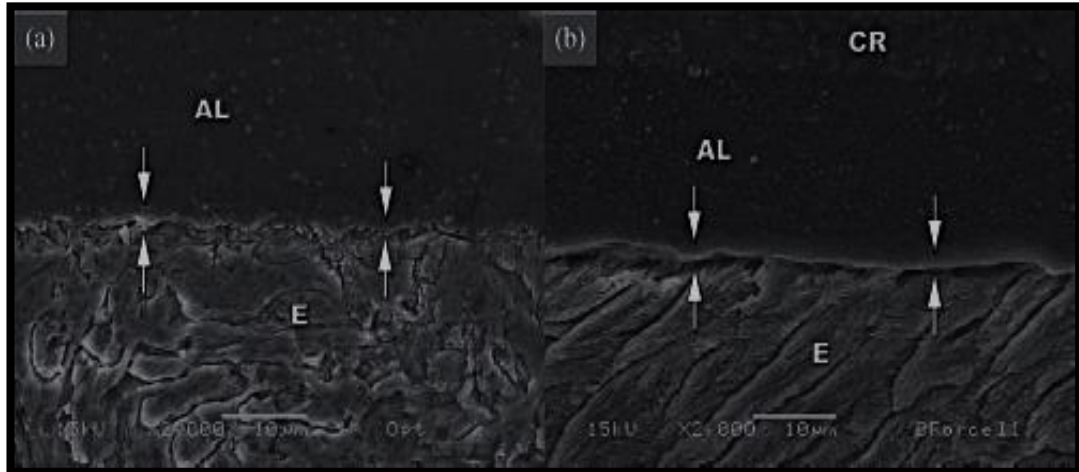


Imagen 4. Se muestran las interfaces entre esmalte y la resina. (10)

Solvente Orgánico.

Como imprimaciones se utilizan monómeros hidrófilos en acetona, etanol y agua para aumentar el flujo y la penetración en las microporosidades generadas en el diente. Estos imprimadores aumentan la humectabilidad de los adhesivos en la superficie del diente grabado.

Monómeros de resina.

Hidrófobos e hidrófilos.

- **Iniciador químico.**
- **Inhibidor.**
- **Rellenos como sílice coloidal, sílice y vidrios de silicato.**
- **Otros compuestos: como copolímeros, agentes desensibilizantes, liberadores de fluoruro y agentes antibacterianos.**

Tabla 1. Adhesivos actualmente comercializados ordenados de acuerdo a la clasificación de Van Meerbeek *et al.*

Adhesivo	Fabricante
Adhesivos de grabado y enjuague de tres pasos (3-E y R)	
Adper Scotchbond Multiusos	3M ESPE, Seefeld, Alemania
Adper Scotchbond Multi-Purpose Plus	3M ESPE
All-Bond 2	Bisco Inc., Schaumburg, IL, EE. UU.
All-Bond 3	Bisco
Bond-it	Pentron Corporation, Wallingford, CT, EE. UU.
Adhesivo Clearfil Liner Sistema adhesivo cmf	Kuraray Medical Inc., Tokio, Japón
Ecusit-Primer / Mono	Saremco, Rebstein, Suiza
Enlace sólido de Gluma	DMG, Hamburgo, Alemania
Optibond	Heraeus Kulzer, Hanau, Alemania
Optibond FL	Kerr, Orange, California, EE. UU.
PAAMA 2	Kerr
PermaQuick	SDI Limited, Bayswater, Victoria, Australia
	Ultradent, South Jordan, UT, EE. UU.

ProBond	Dentsply, Kontanz, Alemania
Cuadrante Unibond	Cavex Holland BV, Haarlem, Países Bajos
Solobond PlusSyntac	VOCO, Cuxhaven, Alemania Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein
Adhesivos de grabado y enjuague de dos pasos (2-E y R)	
Adhesivo Adper Scotchbond 1 XT (Single Bond Plus)	3M ESPE
Enlace-1	Pentron Corporation
Clearfil Photobond	Kuraray Medical Inc.
Clearfil New Bond	Kuraray Medical Inc.
Excitar	Ivoclar Vivadent
Excite DSC	Ivoclar Vivadent
Bono de confort Gluma	Heraeus Kulzer
Gluma One Bond	Heraeus Kulzer
¡Ir!	SDI limitada
Heliobond	Ivoclar Vivadent
Bond de una capa	Coltene-Whaledent, Altstätten, Suiza
Un paso	Bisco Inc.
One-Step Plus	Bisco Inc.
Optibond Solo Plus	Kerr
Optibond Solo Plus Dual Cure	Kerr
Bono LC pico	Ultradent
Polibond	VOCO
Prime y Bond NT	Dentsply
Curado dual Prime & Bond NT	Dentsply
PQ1	Ultradent
Cuadrante Uni-1-Bond	Cavex Holland BV
Solista	DMG
Solobond M	VOCO
Stae	SDI limitada
Superbond C&B	Sun Medical Co., Shiga, Japón
TECO	DMG
BONO XP	Dentsply
Adhesivos de autograbado de dos pasos (2-SEA)	
AdheSE	Ivoclar Vivadent
Adper Scotchbond SE	3M ESPE
All-Bond SE (incluido el revestimiento All-Bond SE)	Bisco Inc.
Clearfil Liner Bond 2 (Clearfil Liner Bond II en Japón)	Kuraray Medical Inc.
Clearfil Liner Bond 2V (Clearfil Liner Bond II Σ en Japón)	Kuraray Medical Inc.
Bono protector Clearfil	Kuraray Medical Inc.
Clearfil SE Bond (Clearfil Mega Bond en Japón)	Kuraray Medical Inc.
Contax	DMG
FL Bond (Imperva Fluorobond en Japón)	Shofu Inc., Kioto, Japón
Rana	SDI limitada
Microbond / Microbond Duo	Saremco
Nano-Bond	Pentron Corporation
Adhesivo autograbante de una	Coltene-Whaledent

capa	
Autograbado Optibond Solo Plus	Kerr
Un paso Plus / Tyrian SPE	Bisco Inc.
Pico de autograbado	Ultradent
Tokuso Mac Bond II	Tokuyama Dental Corporation, Tokio, Japón
Vínculo uniforme	GC, Tokio, Japón
Adhesivos de autograbado de un solo paso (1-SEA)	
Absoluto 2	Dentsply
AdheSE One	Ivoclar Vivadent
Admira Bond	VOCO
Adper Easy Bond	3M ESPE
Adper Prompt L-Pop	3M ESPE
All-Bond SE	Bisco Inc.
AQ Bond (también Touch & Bond de Parkell, EE. UU.)	Sun Medical Co.
Fuerza de enlace	Tokuyama Dental Corporation
Bono Clearfil S³	Kuraray Medical Inc.
Futurabond NR	VOCO
G-Bond	GC
Enlace híbrido	Sun Medical Co.
iBond	Heraeus Kulzer
James-2	Saremco
OptiBond todo en uno	Kerr
Bono F uno arriba	Tokuyama Dental Corporation
Bond F Plus único	Tokuyama Dental Corporation
Vínculo Reactmer	Shofu Inc.
Tyrian SPE	Bisco Inc.
Xeno III (Xeno CF II en Japón)	Dentsply
Xeno IV	Dentsply
Xeno V	Dentsply

capítulo 3. GENERALIDADES DE NANOPARTÍCULAS METÁLICAS UTILIZADAS EN ODONTOLOGÍA.

Los materiales a nanoescala, esta en el rango de 1 y 100 nanómetros, de dimensiones tienen propiedades diferentes lo que llevo al desarrollo, una nueva ciencia definida por Norio Taniguchi en 1974 que se desarrollo en los años ochenta.

Las nanopartículas que contienen metales cómo la plata, oro, hierro, cobre y magnesio, y óxidos metálicos son óxido de aluminio, óxido de zinc, óxido de hierro, óxido de cerio, dióxido de titanio o sulfuro de cadmio y seleniuro de cadmio en las que se han observado propiedades antimicrobianas. Las principales ventajas de los nanomateriales que contienen metales en odontología son sus efectos antibacterianos, con un bajo costo en la producción de nanopartículas, y un bajo riesgo para el desarrollo de resistencias bacterianas, Sin embargo, hasta el momento, se sabe poco sobre su toxicidad en el cuerpo humano.

Las nanopartículas de metales y óxidos metálicos se consideran una base para el desarrollo de agentes antibacterianos.

El efecto antibacteriano de las nanopartículas de plata es conocido, así como su toxicidad lo cual esta en debate los óxidos metálicos, como el oxido de zinc y dióxido de titanio ejercen efectos antibacterianos en su polvo a granel, pero el oxido de hierro presenta efectos antibacterianos sólo en forma de nanopartículas.

El dióxido de titanio y el óxido de zinc son las nanopartículas con propiedades antimicrobianas más estudiadas en odontología.

Otras nanopartículas que contienen óxidos metálicos con propiedades antibacterianas son: óxido de cobre (CuO), óxido de hierro (Fe₂O₃), óxido de tantalio (TaO), óxido de vanadio (VO₂), óxido de cobalto (CoO) y dióxido de tantalio (TaO₂).

La mayoría de los artículos experimentales sobre los efectos antibacterianos de los nanomateriales que contienen óxidos metálicos utilizados en odontología son estudios in vitro sobre nanopartículas de dióxido de titanio y óxido de zinc. Estos han mostrado actividad contra una amplia gama de patógenos bacterianos de la cavidad oral: *S. mutans*, *S. sanguis*, *Lactobacillus*, *Prevotella intermedia*, *Porphyromonas gingivalis*, *Fusobacterium nucleatum* y *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*.

El TiO_2 fue introducido en un nuevo cemento de ionómero de vidrio doblemente modificado con quitosano en la que encontraron propiedades antibacterianas contra las biopelículas de *S. mutans*.

Las capas de nanotubos de TiO_2 sintetizadas en la superficie de compuestos de titanio puro de Ti de implantes dentales tenían muy buena actividad antibacteriana in vitro contra *S. mutans*.

Nanopartículas de óxido de zinc (zno) en aplicaciones dentales

El ZnO exhibe propiedades antibacterianas como polvo a granel o en forma de nanopartículas. Los estudios in vitro sobre el efecto antibacteriano de las nanopartículas de ZnO en odontología son controvertidos.

Dental material	Test set		
	Type of metal oxide-containing nanomaterial	Microorganism tested	Anti-bacterial effect
Solid forms			
restorative glass-ionomer cement [10]	TiO ₂	<i>S. mutans</i>	Yes
glass-ionomer cement [15]	ZnO	<i>S. mutans</i>	No
composite resins [16]	ZnO	<i>S. mutans</i>	Yes
composite resins [17]	ZnO	<i>S. mutans</i>	Yes
composite resins [17]	ZnO	<i>Lactobacillus</i>	No
film for dental application [11]	TiO ₂	<i>S. mutans, Actinomyces viscosus</i>	Yes
coating material for implants [13]	TiO ₂	<i>S. mutans</i>	Yes
coating material for implants [18]	ZnO	<i>S. mutans, P. gingivalis</i>	Yes
coating material for implants [24]	CuO, Cu ₂ O, ZnO, TiO ₂ , WO ₃	<i>P. intermedia, P. gingivalis, F. nucleatum, Aggregatibacter actinomycetemcomitans</i>	Yes
coating material for implants [26]	CuO	<i>S. mutans</i>	Yes
coating material for orthodontic wires [18]	ZnO	<i>S. mutans</i>	Yes
coating material for orthodontic wires [25]	ZnO, CuO	<i>S. mutans</i>	Yes
Semisolid forms			
paste [20]	ZnO	<i>E. faecalis</i>	Yes
Liquid forms			
mouthwash solution [12]	TiO ₂	<i>S. mutans, S. sanguis</i>	Yes
suspension [19]	ZnO	<i>Rothia dentocariosa, Rothia mucilaginosa</i>	Yes
colloidal solutions [8]	TiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , TaO, VO ₂ , CoO, TaO ₂ , ZnO, CuO	<i>E. coli</i>	Yes

Tabla 2. Efectos antibacterianos de las nanopartículas de óxido metálico de los materiales dentales. (13)

Los AgNP son conocidos por demostrar altas propiedades antibacterianas, inhibiendo eficazmente el crecimiento de bacterias, microbios eucarióticos y virus. Los efectos antibacterianos de las nanopartículas de son superiores al de otros materiales antibacterianos. Debido a estas propiedades, los

productos médicos que contienen AgNP se han utilizado ampliamente, como apósitos para heridas, Los AgNP también se han agregado a la superficie de implantes de titanio.

La incorporación de AgNP no solo resultó en un aumento significativo de las propiedades antibacterianas (*Streptococcus mutans* (MS), *Porphyromonas gingivalis* y *C. albicans*), también aumentó significativamente la expresión de genes de osteoblastos en el crecimiento celular en el titanio implantado con Ag de la superficie de dispositivos médicos, suturas quirúrgicas, excipientes antibacterianos, válvulas cardíacas y agentes diana.

Recientemente, los AgNP se han utilizado para mejorar el rendimiento antibacteriano de los materiales dentales

Se agregaron AgNP a resinas compuestas y los resultados demostraron que, en concentraciones suficientes, la presencia de nanoplata aumentó significativamente el rendimiento antibacteriano de las resinas.

Numerosos estudios han demostrado que los AgNP pueden afectar la replicación del ADN y las funciones mitocondriales de las células, produciendo citotoxicidad.

Muchos factores están directamente relacionados con la bioseguridad de los AgNP, incluyendo tamaño, forma, composición química, superficie carga, solubilidad, sitio de unión, vías metabólicas y de excreción. (13,14)

Tipo de nanopartícula	Objetivo de estudio	Método de preparación de nanopartículas	Tamaño de partícula (nm)	Resultado del estudio
Plata	Influencia explorada de los AgNP en la placa dental y las propiedades de los materiales nanocompuestos	Combinación de etilhexanoato de Ag y metacrilato de etilo.	2,7	Disminución de la formación de biopelículas y mejora de las propiedades mecánicas de los nanocompuestos.
	Análisis comparativo de la acción antibacteriana de AgNP, CHX e hipoclorito de sodio (NaOCl)	Deposición de vapor químico catalítico con adición de agua destilada	35	A concentraciones más bajas, la solución de AgNP tuvo un efecto bactericida similar al 5.25% de NaOCl; por lo tanto, se puede utilizar como irrigaciones intracanal
Oro	Influencia investigada de AuNP sobre las propiedades del adhesivo dental	Obtenido comercialmente de Nano Natural Gift (BioGNP)	N / A	El aumento de la concentración de AuNP mejoró las propiedades mecánicas del adhesivo dentinario
	Películas de CS-AuNP investigadas para actividad biológica	Método de evaporación de solvente	10--20	No mostró ninguna citotoxicidad pero sí una alta

				actividad antibacteriana.	
	Recubrimiento investigado de AuNP en la superficie del implante para mejorar la formación de hueso	Reducción de ácido cloroáurico con citrato trisódico	30–50	Mejora de la formación y el mantenimiento de los huesos.	[
	AuNP investigados para imágenes dentales	Procedimiento de reducción fototérmica	40-120	Se puede utilizar como potenciador de contraste para técnicas de imagen.	
Oxido de hierro	Se evaluó la humectabilidad NP de óxido de hierro de la superficie del biomaterial que influye en la adhesión bacteriana y el crecimiento de la biopelícula	Se añaden 4 ml de cloruro ferroso y 1 ml de cloruro férrico al hidróxido de sodio.	10	Las estrategias combinacionales, como el recubrimiento con cepillo de polímero en la superficie del biomaterial y las NP de óxido de hierro, disminuyeron significativamente las infecciones asociadas con el biomaterial.	
	Investigación de SPION en la inhibición del biofilm de placa	Cloruro de hierro (Fisher Scientific Inc, Waltham, MA) combinado con hidróxido	8	Las SPION solas o en combinación evitaron la formación de biopelículas	

		de sodio			
	Preparación de nanocomposites y efectos del tamaño sobre la citotoxicidad y las respuestas inflamatorias.	Método de descomposición térmica	20, 40, 100 y 200	Efectos dependientes del tamaño sobre la toxicidad celular y la respuesta inflamatoria.	[
Óxido de cobre	Se investigaron concentraciones variadas de CuO-NP sobre las propiedades antimicrobianas, la fuerza de unión entre la resina y la dentina y otras propiedades mecánicas en un sistema adhesivo de grabado y enjuague de dos pasos.	Disponible comercialmente (99,9% puro, Sky Spring Nanomaterials, Inc., Houston, TX, EE. UU.) 0,0075%, 0,015%, 0,06%, 0,1%, 0,5% y 1,0%	40–60	La adición de CuO-NP en concentraciones de hasta el 1% en un sistema adhesivo de grabado y enjuague de dos pasos fue factible y podría proporcionar propiedades antimicrobianas y preservar la unión a la dentina después de 1 año, sin reducir las propiedades mecánicas de las formulaciones adhesivas.	
	Evaluación de la acción de CuO-NP sobre la inhibición de la formación de biopelículas en diversas superficies	Método solvo-térmico	40	Disminución de la carga bacteriana e inhibición del crecimiento de organismos de biopelícula.	

	Efectos bactericidas y bacteriostáticos investigados de las soluciones de ZnO, CuO, TiO ₂ y AgNP	Comprado comercialmente (Fanavaran Araz Tajhiz Co., Irán)	40–60	El enjuague bucal que contiene nanoTiO ₂ fue el antibacteriano más potente
	Acción antibacteriana analizada de CuO-NPs	Proceso de plasma Tesima™	20–95	Eficaz contra las bacterias asociadas con las infecciones adquiridas en el hospital
Dióxido de titanio	Efecto analizado de TiO ₂ NP sobre cemento GI convencional	Disponible comercialmente (número de lote: MKBC-4174, Sigma-Aldrich)	21	La incorporación de TiO ₂ NP mejoró las propiedades físicas y antibacterianas del material de restauración GI.
	Impacto evaluado de la adición de una pequeña fracción de TiO ₂ NP con resinas dentales	Proporcionado por Evonik Industries (Essen, Alemania)	15-30	Propiedades mecánicas mejoradas de la resina mediante la adición de NP de TiO ₂
Circonita	Efecto estudiado de los NP de zirconia sobre las propiedades mecánicas de los sistemas adhesivos	Vaporización láser	20–50	Los NP en la capa adhesiva o en la imprimación aumentaron la resistencia a la tracción y

				promovieron la mineralización
	Efecto de los ZrNP sobre las bases de resina para prótesis	Disponible comercialmente (99,9% de pureza, 1314-23-4; Sigma-Aldrich)	90	La adición de ZrNP mejoró la resistencia a la flexión pero redujo la resistencia al impacto con mayores concentraciones de ZrNP
	Consecuencias calibradas de la incorporación de nanocargas de ZrO ₂ - TiO ₂ , que pueden tener efectos antibacterianos sobre las propiedades mecánicas del adhesivo de ortodoncia	ZrO ₂ (HWN ANO, China); TiO ₂ (Nanoshell, EE. UU.)	ZrO ₂ 70–80 nm; TiO ₂ < 50 nm	La adición de NP de ZrO ₂ - TiO ₂ a los adhesivos a base de resina aumentó la resistencia a la compresión, tracción y cizallamiento del adhesivo <i>in vitro</i>
Óxido de zinc	Experimento para probar la acción antimicrobiana del NZnO	Síntesis química	35	Colonizadores bacterianos prevenidos responsables de la formación de biopelículas orales
PLGA	Investigación de NP de PLGA con azul de metileno contra <i>Enterococcus faecalis</i>	N / A	N / A	Exhibió acción antibacteriana contra el organismo responsable

				de las infecciones del conducto radicular.
	NP de PLGA evaluados con minociclina para infecciones periodontales	Método de emparejamiento de iones	85–424	La incorporación de minociclina con PLGA NPs mostró efectos antibacterianos específicamente contra <i>Aggregatibacter actinomycetemcomitans</i>

Tabla 3. diferentes estudios en nanopartículas destacando sus aplicaciones, métodos de preparación, tamaños de partículas y resultados. (20)

Capítulo 4. ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA EN NANOPARTÍCULAS METÁLICAS.

Las nanopartículas metálicas con propiedades antibacterianas son en su mayoría metales con una densidad superior a $4,5 \text{ g/cm}^3$, y suelen ser metales de transición, como plata, cobre, zinc, oro y titanio.

Las nanopartículas de metales y óxidos metálicos tienen propiedades antibacterianas, con la destrucción de las membranas celulares bacterianas, la producción de agentes reactivos de oxígeno y crean inhibición en la replicación del DNA bacteriano por nanopartículas. (19)

Actualmente se considera que su mecanismo antibacteriano es: que, las nanopartículas o los iones cargados positivamente producidos por las nanopartículas se absorben en la pared celular cargada negativamente, y la pared celular es destruida por la acción de la carga, interrumpiendo la función de transporte de la célula. ; a la par, se crean radicales libres de oxígeno como OH^- , O^{2-} , etc., los cuales destruyen la membrana celular, también la conformación espacial de la molécula denominada proteasa e interfieren con el metabolismo; para después estas nanopartículas ingresen a las bacterias a través de la membrana celular dañada e interactuar con el grupo R-SH en el ADN., inhibiendo la replicación bacteriana como consecuencia afecta la producción de adenosin trifosfato , ejerciendo así un efecto antibacteriano.(15,16)

La destrucción de la membrana celular bacteriana inducida por nanopartículas de TiO_2 se realiza mediante varios mecanismos: aumento de la generación de radicales de oxígeno activo que provocan la ruptura de la membrana, del ADN y de muchas otras macromoléculas y funciones de la célula bacteriana, Efecto fotocatalítico inducido por luz visible, UV cercano o UV. Recientemente se demostró la destrucción de la membrana de las esporas con la liberación de orgánulos al medio ambiente mediante una solución coloidal de nanopartículas de dióxido de titanio en un sistema bacteriano modelo (*Bacillus cereus*).

Capítulo 5. ADHESIVOS DENTALES CON NANOPARTÍCULAS DE PLATA Y DIÓXIDO DE TITANIO.

Existe una necesidad de desarrollar un producto con propiedades antimicrobianas adicionales. Empezando con esta premisa la adición de nano partículas metálicas y oxido metálicas específicamente hablando de la plata y el dióxido de titanio a los adhesivos podría ser una alternativa a cumplir esta problemática.

En contexto los adhesivos dentales sobre dentina forman una interfaz entrelazada al penetrar en los túbulos de la dentina. Su aceptación en odontología se debe a su fiabilidad, biocompatibilidad, bajo costo, fácil disponibilidad y facilidad de modificación.

En esta interfaz dentina-adhesiva puede existir la formación de biopelículas y presencia de bacterias cariogénicas como *Streptococcus mutans*.

Entre los diversos antimicrobianos, se ha considerado ampliamente a la plata ya que tiene baja toxicidad para los seres humanos y un efecto antagonista de amplio espectro sobre los microbios patógenos. Especialmente en las últimas décadas, las nanopartículas de plata (AgNPs) tienen una amplia aceptación como un antimicrobiano, gracias a sus propiedades mejoradas basadas en tecnología nanométrica. Debido a esto, muchos productos de consumo se les ha incorporado AgNPs están disponibles en el mercado. (16,17)

Las nanopartículas de plata (AgNPs) se sintetizan por métodos: químicos, físicos y biológicos.

Aunque algunos estudios indican la preocupación por el estrés oxidativo y las complicaciones asociadas para los iones de plata sintetizados químicamente generalmente el efecto puede depender de la concentración. Con suerte, las nanopartículas sintetizadas biológicamente que están

cubiertas con biopelículas de origen microbiano o vegetal pueden considerarse que tienen efectos menos tóxicos.

Los métodos de síntesis verde implican el uso de reductores y agentes taponadores ecológicos como proteínas, péptidos, carbohidratos, extracto de plantas, bacterias, hongos y algas. La relativa facilidad con las manipulaciones genéticas y culturales hace que el sistema bacteriano sea atractivo para mejorar la síntesis de nanopartículas. Principalmente se ha demostrado que los péptidos y carbohidratos presentes en los biomateriales tienen un efecto estabilizador sobre la nanopartícula sintetizada. Estos AgNP de base biológica son particularmente atractivos debido a su mayor estabilidad, menor toxicidad y facilidad con la que los biomateriales pueden ser manejados y manipulados para la síntesis de nanopartículas. (19,4)

Sin embargo, la actividad antibacteriana de las partículas de plata disminuye con el tiempo y puede afectar negativamente las propiedades físicas del material. Por el contrario, otro estudio mostró que las nanopartículas de plata podrían tener efectos positivos sobre la fuerza de unión de los sistemas adhesivos de grabado y enjuague y de autograbado. Se informa además que los mejores resultados de las nanopartículas de plata se logran si se aplican antes del grabado ácido. (20,21)

La incorporación de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2) a un adhesivo adhesivos y nanopartículas de Ag a concentraciones de 0.05, 0.1, 0.2, 0.5 y 1% en peso. Dan como muestras con actividad antibacteriana comparando con las muestras de control. Las muestras de nanopartículas de Ag mostraron propiedades antibacterianas más altas en comparación con las muestras de nanopartículas de TiO_2 .

El aumento de la concentración de nanopartículas dio como resultado diferencias significativas en las propiedades bactericidas, con la excepción de las muestras de nanopartículas de Ag de 0,2 a 0,5% en peso expuestas a *S. mutans* y las muestras de nanopartículas de TiO_2 de 0,2 a 0,5% en

peso expuestas a *L. acidophilus*. Se concluyó que nanopartículas a base de metales exhibieron actividades bactericidas dependientes de la dosis. **(5)9**

Un estudio realizado en 2017 llegó a la conclusión de que adicionando nanopartículas de Ag, Ta, Cu, Fe, Al y V en un adhesivo dental le da un efecto duradero, efecto bacteriostático y bactericida contra la microflora de la placa dental.

Determinaron que las nanopartículas de metal son componentes de alta energía del adhesivo dental, por lo que pueden cambiar las propiedades de resistencia en el interfaz tanto con el material de obturación como con el tejido dental.

Se determinó en el estudio que las nanopartículas de tantalio aumentan el valor promedio de resistencia al cizallamiento en más del 40%. Se demuestra que desde el punto de vista de las propiedades bactericidas y de alta adherencia, es conveniente utilizar nanopartículas de tantalio como aditivo para el adhesivo dental.

se han agregado como aditivos en los materiales dentales una de sus propiedades es la radiopacidad esto nos ayuda ya que puede igualar las propiedades opacas de los dientes. (20,21)

Conclusiones.

Los investigadores de biomateriales actualmente esta desarrollando basta investigación sobre el agregado de nanoparticulas con efecto antibacteriano a productos dentales para tener mejores propiedades mecánicas esto se debe a que busca siempre las mejoras Y asi cubrir esta necesidad del consumidor, el hecho es que los materiales que tienen unión especifica al diente son cada día mas requeridos por los pacientes y seleccionados por los odontólogos hace a los investigadores aplicar nuevas tecnologías como la adición de partículas nanométricas las cuales en múltiples estudios se han descrito con propiedades físicas y químicas superiores, podemos estar seguros que el utilizar un adhesivo de buena calidad y con el seguimiento del protocolo de aplicación indicado por el fabricante tendremos éxito en prolongar la vida en salud de nuestro diente que contiene la restauración, evitando un proceso de caries secundaria, el adhesivo que contiene nanoparticulas de plata se ha demostrado en numerosos estudios que tiene actividad antimicrobiana contra bacterias cariogenicas como Streptococcus mutans y Lactobacillus acidophilus y aun mas actividad antimicrobiana que los adhesivos que no contienen estas nanoparticulas, probablemente falte tiempo para poder tener acceso a este producto ya que aun se siguen realizando pruebas en pacientes ya que la plata en el metabolismo puede presentar toxicidad. Una vez mas como todo proceso en odontología se tendría que evaluar el riesgo beneficio lo mismo con las nanopartículas de dióxido de Titanio estas en un estudio (12) se observaron propiedades antibacteriales superiores contra diferentes bacterias cariogénicas como Streptococcus mutans y Lactobacillus acidophilus pero no superiores a las de las nanoparticulas de plata.

Bibliografía

1. Fuente Hernández J de la, Álvarez Pérez MA, Sifuentes Valenzuela MC. Uso de nuevas tecnologías en odontología / Use of new technologies in dentistry. Revista odontológica mexicana.
2. Sánchez CC. La caries secundaria y su adecuado diagnóstico. (Spanish). Revista ADM.
3. Katz S, Stookey G, McDonal J. Preventive dentistry in action, Dental Plaque and Dental Caries. NJ, D.C.P. Publishing, Upper Montclair, 1980, pp. 140-166.
4. Yang Y, Ding Y, Fan Y, Ren L, Tang X, Meng X. Application of silver nanoparticles in situ synthesized in dental adhesive resin. International J
5. Sánchez CC. La caries secundaria y su adecuado diagnóstico. (Spanish). Revista ADM.
6. Bhaduri SB, Bhaduri S. Biomaterials for dental applications Springer US; journal of Adhesion and Adhesives
7. Thomas R(1), Babu S(1), Ajith A(1), Radhakrishnan EK(1), Snigdha S(2), Bhavitha KB(2,3). Biofabricated silver nanoparticles incorporated polymethyl methacrylate as a dental adhesive material with antibacterial and antibiofilm activity against Streptococcus mutans. 3 Biotech.
8. Farhad Shafiei, Arezoo Ashnagar, Mehrsima Ghavami-Lahiji, Farhood Najafi, Seyed Mahmoud Amin Marashi. Evaluation of Antibacterial Properties of Dental Adhesives Containing Metal Nanoparticles. Journal of Dental Biomaterial

9. Schwendicke F, Frencken J, Innes N. Caries excavation: evolution of treating cavitated carious lesions.
10. Edward Sacher, Rodrigo Franca. Dental Biomaterials [Internet]. New Jersey: World Scientific; 2018.
11. Münchow EA, da Silva AF, Piva E, Cuevas-Suárez CE, de Albuquerque MTP, Pinal R, et al. Development of an antibacterial and anti-metalloproteinase dental adhesive for long-lasting resin composite restorations. Journal of materials chemistry B
12. Fischer NG, Münchow EA, Tamerler C, Bottino MC, Aparicio C. Harnessing biomolecules for bioinspired dental biomaterials. Journal of Materials Chemistry B.
13. Mikhail SS, Azer SS, Schricker SR. Nanofillers in Restorative Dental Materials. Handbook of Nanomaterials Properties.
14. Effects on cytotoxicity and antibacterial properties of the incorporations of silver nanoparticles into the surface coating of dental alloys. Journal of Zhejiang University: Science B.
15. Shen X-T(1), Zhang Y-Z(2), Xiao F(2), Zhu J(3), Zheng X-D(4). Ghiciuc CM, Ghiciuc ON, Ochiuz L, Lupusoru CE. Antibacterial effects of metal oxides-containing nanomaterials in dentistry.
16. WANG Wanrong, GU Junting, GAO Peng, LI Jing, WAN Meichen, JIAO Kai, et al. Progress in the application of metal and metal oxide nanoparticles in the antibacterial modification of dental materials.
17. Leont ev, VK(1), Pogorel skii, IP(2), Frolov GA(3), Gusev AA(3,5), Karasenkov YN(4), Latuta NV(6), et al. Antibacterial Properties of Aqueous Colloid Solutions of Metal and Metal Oxide Nanoparticles against Dental

PlaqueBacteria. Nanotechnologies in Russia.

18. Khurshid Z, Najeeb S, Zafar MS, Sefat F. Advanced dental biomaterials . Woodhead Publishing, an imprint of Elsevier; 2019.
19. Combe EC, Burke FJT, Douglas WH. Dental biomaterials . Kluwer Academic; 1999.
20. Edward Sacher, Rodrigo Franca. Dental Biomaterials New Jersey: World Scientific; 2018.

21. Frolov GA, Karasenkov YN, Gusev AA, Zakharova OV, Godymchuk AY, Kuznetsov DV, et al. Germicidal Adhesives with Nanoparticles of Metals for Prevention of Recurrence of Caries. Nano Hybrids and Composites.

22. Bapat RA, Joshi CP, Bapat P, Chaubal TV, Pandurangappa R, Jnanendrappa N, et al. The use of nanoparticles as biomaterials in dentistry. Drug Discovery Today.