



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**RESINAS ACRÍLICAS CON NANOPARTÍCULAS DE  
PLATA PARA REHABILITACIÓN EN ODONTOLOGÍA.**

**T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**C I R U J A N A   D E N T I S T A**

P R E S E N T A:

MÓNICA ANDREA LAZCANO PÉREZ.

TUTOR: Dr. ALEJANDRO LUIS VEGA JIMENEZ.

ASESOR: Esp. MÓNICA PEÑA CHÁVEZ.



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.

## AGRADECIMIENTOS

En este apartado quiero agradecer a todos los que me han apoyado en el ámbito profesional y me han guiado a ser responsable e invertir en un entorno más profesional.

Agradezco a mis profesores de la Facultad de Odontología como la Clínica Periférica de Milpa Alta, soy capaz de consolidar los conocimientos adquiridos en el ámbito laboral, ellos me han preparado para convertirme en un excelente Cirujano Dentista.

Gracias por cada lección de enseñanzas, también me gustaría agradecer a mis amigos de Ciencia, Brenda, Haans, Cristian, Pedro que sin ellos no podría estar aquí por su apoyo inmensurable. Al igual a mis compañeros de la Clínica Periférica por hacer que mi último año fuera el mejor de todos respecto a la carrera especialmente a Melina, Cristina, Selim, Isela, Fernanda y Haifa.

También quisiera agradecer al Dr. Alejandro Luis Vega Jiménez por su labor dedicación y apoyo durante la realización de esta tesina, al igual a la Dra. Mónica Peña Chávez por su paciencia.

## DEDICATORIA

Sabiendo que he completado otro nivel de educación, estoy muy feliz y orgullosa, hoy escribo aquí unas líneas para agradecer a todas las personas importantes por permitirme lograr esta victoria.

### **A MIS PADRES:**

Ricardo Lazcano García y Ana Pérez Hernández que me han dado vida y siempre me han apoyado, me han brindado una carrera para mi futuro y creen en mí, pero lo más importante, siempre me han dado un amor ilimitado y siempre apoyando en todas las decisiones que tomo día a día para ser mejor.

### **A MI FAMILIA:**

En primer lugar, a mis hermanos Diana y Agustín que siempre me ha considerado su modelo a seguir y estoy orgullosa de ser su motivación para seguir adelante todos los días, así como mis tíos que ayudaron a conseguir este sueño.

Pero en especial quiero dedicar esta tesina a todas aquellas personas que el destino les a debatido su vida a lo largo de estos años de carrera, no solo es mi sueño sino de ellos también.

## Índice

I. Introducción.....	1
Propósito.....	3
Metodología .....	4
II. Contenido Temático .....	5
2.1 Generalidades de biomateriales dentales de uso protésico. ....	5
2.2 Resinas Acrílicas.....	7
2.2.1 Usos y Generalidades. ....	7
2.2.2 Clasificación .....	9
2.2.3 Composición.....	10
2.2.4 Propiedades fisicoquímicas generales .....	13
2.3 Problemas asociados al uso de resinas acrílicas para rehabilitación en odontología. ....	14
2.3.1 Colonización bacteriana y fúngica en cavidad oral .....	16
2.4 Nanotecnología en Odontología.....	21
2.4.1 Incorporación de nanopartículas de plata en resinas acrílicas con propiedades antimicrobianas.....	26
Conclusiones .....	33
Referencias Bibliográficas.....	34



## I. Introducción.

La resina acrílica también conocida como polimetilmetacrilato (PMMA) empezó a usarse a partir de los años 30, utilizada principalmente como material de base de dentaduras, aparatos de ortodoncia, dientes artificiales hasta ojos debido a que es biocompatible, fácil manipulación, accesible y de bajo costo, que la convierte en un excelente material para rehabilitar.

Así como a las resinas, los metales se han caracterizado por el gran número de usos en los que se emplean, siendo el cobre, bronce, plata y oro como los de mayor frecuencia.

La ciencia con los años ha evolucionado generando nuevas disciplinas científicas, como es el caso de la nanotecnología que actualmente se considera pilar para la evolución de la tecnología, en especial las ciencias médicas con la creación de artefactos que ayuden al diagnóstico y tratamiento de enfermedades.

En odontología, la nanotecnología se ha empleado para mejorar diversos materiales como son las resinas compuestas las cuales pueden tener un nano relleno de otro material como la zirconia para mejorar sus propiedades, debido a estos efectos se a empelado el uso de nanopartículas de algunos metales que pueden tener un efecto antibacteriano como es el caso de las nanopartículas de plata.

Las resinas acrílicas al usarse en la rehabilitación dental, se ven implicadas a cuidados higiénicos adecuados, maltrato o desajuste de estas al igual que el tipo de alimentación que lleva el paciente pueden retener microorganismos que generen algún malestar como la estomatitis subprotésica causada por *Candida albicans*, con este concepto se planea unir las resina con las nanopartículas de plata para estudiar su reacción con los microorganismos de la flora bucal que puedan dañar a la mucosa sin perjudicar a las células del receptor así



RESINAS ACRILICAS CON NANOPARTÍCULAS DE PLATA  
PARA REHABILITACIÓN EN ODONTOLOGÍA.

---



como la disminución de infecciones, obteniendo un nuevo material que pueda ser preventivo.



## Propósito

Conocer el uso de la nanotecnología en el área Odontológica, especialmente en las resinas acrílicas con la incorporación de nanopartículas de plata proporcionándole propiedades antibacterianas y antifúngicas.





## Metodología

Se realizó una revisión bibliográfica sobre resinas acrílicas con nanopartículas de plata. Los criterios de inclusión en la búsqueda fueron artículos de 5 a 10 años de antigüedad, desde su fecha de publicación hasta la actualidad a través de los buscadores de información y plataformas: Google, ScieELO, MEDLINE, Pudmed y Bidi Unam, Los descriptores (palabras clave) empleados fueron: “resinas acrílicas con nanopartículas plata”, “efecto antibacteriano de las nanopartículas de plata”, “prótesis removibles”, “silver”, “nanoparticles”, “acrylic resin”, “potential antibacterial” , la combinación entre ellos y sus equivalentes en español. Predominó el idioma inglés en los artículos revisados; y se analizaron en español.

Se excluyeron el resto de los artículos que no estuvieran basados en resinas acrílicas y otros relacionados con la adición de estos materiales como la incorporación de nanopartículas de titanio, zirconio, entre otros.

El resultado de la búsqueda proyecta un aproximado de 54 artículos que fueron filtrados por la autora con el propósito de conservar solo los que trataron las temáticas específicas incluidas en los criterios de investigación.



## II. Contenido Temático

### 2.1 Generalidades de biomateriales dentales de uso protésico.

Los biomateriales dentales se han desarrollado para su utilización en tratamientos para restauración y rehabilitación en piezas dentales empleando metales, cerámicas y polímeros, así como la combinación de estos; incluso, hasta dientes humanos y de animales. En la actualidad estos biomateriales han cambiado, buscando alternativas de tratamientos. Se clasifican en base a su uso clínico en: materiales de prevención, materiales de restauración o materiales auxiliares.

Los materiales de prevención son agentes selladores que previenen filtraciones, materiales que emplean efectos antibacterianos como pueden ser los selladores de fosetas y fisuras, ionómero de vidrio, por mencionar algunos. En algunos casos este tipo de materiales puede emplearse como material de restauración a corto y largo plazo(1,2).



*Imagen 1. Selladores de fosetas y fisuras 3M. (2)*

Los materiales de restauración son aquellos que tienen componentes sintéticos que incluyen a los tres grandes grupos de materiales, que son, metales, polímeros y cerámicos, que pueden estar combinados llamándose materiales compuestos. Estos materiales se emplean de manera directa o



indirecta, ya sea a corto o largo plazo, como son: coronas provisionales, cementos, prótesis fijas, prótesis removibles, coronas (1,2).



**Imagen 2. Coronas provisionales, coronas metálicas, prótesis fijas. (1)**

Los materiales dentales auxiliares son sustancias que se utilizan en la restauración dental pero no forma parte de ella, como las soluciones de grabado ácido, materiales de impresión, yesos, ceras, etc. (1,2).



**Imagen 3. Materiales Auxiliares. (1)**



## 2.2 Resinas Acrílicas

Las resinas acrílicas incluyen un grupo de resinas sintéticas con suficiente estabilidad química y dimensional. Son derivados de los ácidos acrílico y metacrílico, el más utilizado en Odontología es el polimetilmetacrilato (PMMA), brindando un sistema de polvo-líquido donde el polvo es polimetacrilato de metilo y el líquido metacrilato de metilo, obteniendo un plástico a mezclarlos (1,3,4).

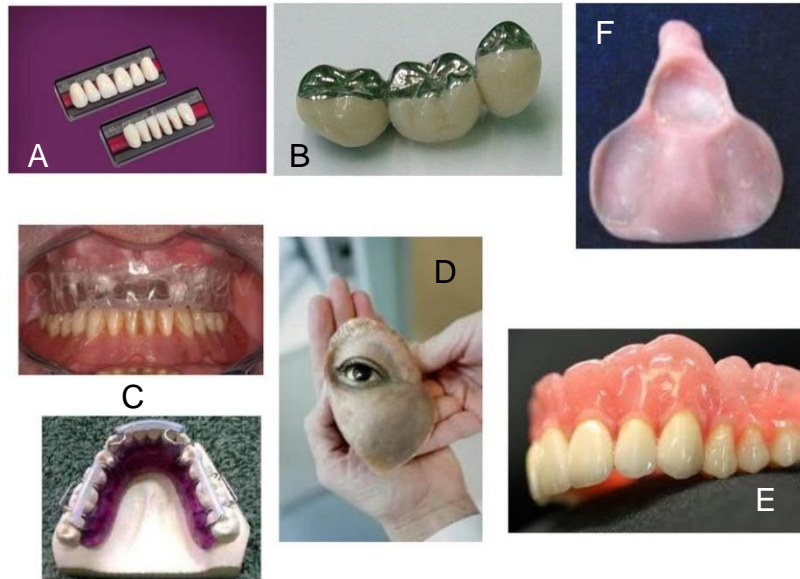


*Imagen 4. Resina Acrílica. (3)*

La Asociación Dental América (ADA) da a las resinas acrílicas las normas 12,13 y 15 por medio de su uso, son aplicadas además para diferentes compuestos de polímeros sintéticos (5).

### 2.2.1 Usos y Generalidades.

Las resinas acrílicas son muy utilizadas en odontología por su fácil manipulación, bajo costo y biocompatibilidad. Con ellas se fabrican dientes artificiales, bases y rebases de dentaduras, aparatos de ortodoncia, portaimpresiones individuales, coronas provisionales, hasta ojos (1,6).



**Imagen 5. Imagen A) Dientes artificiales, Imagen B) Puente de 3 unidades, Imagen C) Aparatos de ortodoncia, Imagen D) prótesis de ojo y mejilla, Imagen E) Dentadura, Imagen F) Portaimpresiones individual. (6)**

Dado que la resina acrílica cuenta con ciertas características como la fácil manipulación, ajuste y estabilidad en boca, resistencia al impacto, estabilidad de color, dureza, resistencia a la abrasión, se puede presentar una reacción alérgica o sensibilidad a estas, el descuido higiénico puede generar una contaminación de microorganismos de la flora bucal como lo son bacterias y hongos (*Candida- albicans*) (1,7,8).



**Imagen 6. Caracterización con resina acrílica. (7)**



## 2.2.2 Clasificación

Las resinas acrílicas se pueden clasificar de varias formas, de acuerdo con su forma de polimerización en:

- Quimiopolimerizable
- Termopolimerizable
- Fotopolimerizable

Siendo las resinas acrílicas termopolimerizable y quimiopolimerizable las más usadas en rehabilitación protésica.

Las resinas quimiopolimerizables cuentan con un iniciador que es el peróxido de benzoilo que al reaccionar con el polvo liberan radicales libres que inician la polimerización, su tiempo de trabajo es aproximadamente de un tiempo corto (2).



*Imagen 7. Resina acrílica autopolimerizable. (2)*



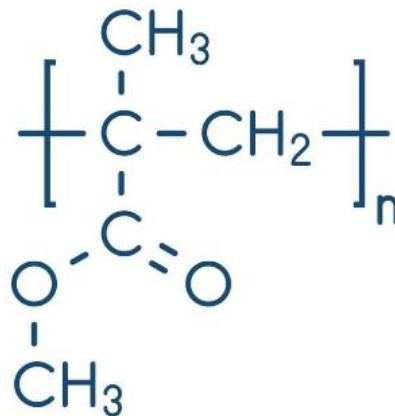
Las resinas acrílicas termopolimerizables requieren una fuente de calor externa como calor húmedo o baño de agua (el más utilizado) a una temperatura de 74°C por un tiempo de 8 hrs o más o también puede ser a 74°C durante una u hora media y después elevarlo a 100°C por 1 hr más. Posteriormente dejar enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente (3,5).



*Imagen 8. Resina acrílica termopolimerizable. (2)*

### 2.2.3 Composición

La resina acrílica contiene un derivado del etileno y un grupo vinilo (1). Existen diferentes tipos de resinas acrílicas, una derivada del ácido acrílico y otra del ácido metacrilato, estos compuestos se polimerizan por adición. (1,2).



*Imagen 9. Fórmula química PMMA. (2)*



Las resinas acrílicas están compuestas de dos elementos:

- Polvo: Está hecho de polimetacrilato de metilo puro, peróxido de benzoilo al 1% (iniciador para la polimerización). Dióxido de titanio para aumentar la opacidad para semejar la translucidez de la mucosa oral. Pigmentos inorgánicos, como el sulfuro de mercurio que da un color rojizo, el sulfato de cadmio un color amarillo y el óxido férrico un color café, dichos pigmentos son usados para semejar el color de la mucosa bucal. Fibras teñidas para semejar vasos sanguíneos. Ftalato de dibutilo, este factor incrementa la solubilidad entre un 8-10 %, con el fin de crear una resistencia a la solubilidad (2,3).
- Líquido: Metacrilato de metilo, que es un monómero muy volátil. Hidroquinona al 0.1%, su principal función es como inhibidor de polimerización en su almacenamiento. Dimetacrilato es un agente de enlace como el etilenglicolmetacrilato cuya función es incrementar la resistencia. Amina orgánica aceleradora, la cual descompone al peróxido orgánico a temperatura ambiente para generar la polimerización (2,3).





<b>Quimiopolimerizable</b>	<b>Función</b>	<b>Termopolimerizable</b>
Metilmetacrilato Monómero(líquido)	<b>Factor de polimerización</b>	Metilmetacrilato monómero (líquido)
Hidroquinona (líquido)	<b>Inhibidor de la polimerización en almacén</b>	Hidroquinona (líquido)
Etilenglicol dimetacrilato (líquido o polvo)	<b>Agente de cadenas cruzadas</b>	Etilenglicol dimetacrilato (líquido o polvo)
Amina terciaria (polvo)	<b>Activador</b>	Calor
Polimetilmetacrilato (polvo)	<b>Consistencia y aumentar el peso molecular</b>	Polimetilmetacrilato (polvo)
Peróxido de benzoilo (polvo)	<b>Iniciador</b>	Peróxido de benzoilo (polvo)
Fibras y colorantes (polvo)	<b>Caracterizador</b>	Fibras y colorantes (polvo)

**Tabla 1. Composición de la resina autopolimerizable y termopolimerizable. (5)**



## 2.2.4 Propiedades fisicoquímicas generales

En la siguiente tabla se describen las propiedades físico-químicas generales.

### ***Propiedades del monómero***

<i>Peso molecular</i>	100
<i>Punto de ebullición</i>	10.8 °C
<i>Calor de polimerización</i>	12.9 kcal/mol
<i>Presión al vapor</i>	Alta
<i>Punto de fusión</i>	-48°C
<i>Densidad</i>	0.945 g/ml a 20°C
<i>Tipo de solvente</i>	orgánico

**Tabla 2. Propiedades del monómero de la resina acrílica. (2)**

Respecto al polimetilmetacrilato, es una resina transparente con las siguientes propiedades:(2)

### ***Propiedades del Polimetilmetacrilato***

<i>Resistencia de tracción</i>	60 MPa
<i>Elasticidad</i>	2.400 MPa
<i>Solubilidad</i>	Cloroformo y la acetona
<i>Dureza de en la escala de Knoop</i>	18 y 20
<i>Densidad</i>	1.19 g/cm
<i>Sorción</i>	agua

**Tabla 3. Propiedades del polvo de la resina acrílica. (2)**



## 2.3 Problemas asociados al uso de resinas acrílicas para rehabilitación en odontología.

Con el uso de las prótesis dentales con base de resina acrílica pueden generar una gran variedad de problemas ante la presencia de zonas rugosas y porosas causando lesiones por agentes irritantes, friccionales y traumáticos a la mucosa y encía como son (9–12):

- Hiperqueratosis friccional
- Aftas
- Úlceras traumáticas
- Fibroma traumático
- Hiperplasia fibrosa
- Mucocéle
- Queilitis angular
- Epulis fissuratum



*Imagen 12. Úlcera asociada a una prótesis removible. (12)*

La deficiencia de higiene puede favorecer el origen a un nuevo ecosistema de bacterias y hongos como la *C. albicans* provocando estomatitis al inicio hasta llevar a una candidiasis. También se predispone la candidiasis por (13–16):

- Reducción del flujo saliva
- Uso de corticosteroides

- Malnutrición
- Desórdenes endocrinos e inmunológicos



*Imagen 13. Boca seca de paciente portador de prótesis dental. (16)*

Así mismo el monómero residual puede generar una reacción de hipersensibilidad. Los síntomas que se pueden presentar es ardor en boca, lengua y garganta, además de un signo clínico de enrojecimiento (13,17).



*Imagen 14. Paladar con reacción alérgica al acrílico. (17)*

En ocasiones se pueden manifestar ciertos padecimientos por el uso de prótesis dentales: (18,19)

- Candidiasis
- Cefalea
- Dolor en las articulaciones



**Imagen 15. Paciente con candidiasis en mucosa bucal. (19)**

### 2.3.1 Colonización bacteriana y fúngica en cavidad oral

En la cavidad oral existen una gran cantidad de ambientes y zonas donde diferentes tipos de microorganismos pueden desarrollarse, estas comunidades de microorganismos pueden modificarse por diversas circunstancias como el nacimiento, la erupción de los dientes, la pérdida de los dientes, el uso de prótesis, entre otros (18).

Algunos de estos microorganismos son responsables de varias enfermedades bucales como la caries y la periodontitis, siendo estas las más comunes (14).



**Imagen 16. Microflora bucal. (14)**



Entre los microorganismos que encontramos en la cavidad oral son los siguientes:

<i>Streptococcus:</i>	<i>Lactobacillus</i>	<i>Levaduras</i>
<i>S. mutans</i>	<i>L. fructivorans</i>	<i>C. krusei</i>
<i>S. salivarius</i>	<i>L. brevis</i>	<i>C. albicans</i>
<i>S. sobrinus</i>	<i>L. confusus</i>	<i>C. tropicalis</i>
<i>S. milleri</i>	<i>L. fermentum</i>	
<i>S. ferus</i>	<i>L. bavaricus</i>	
<i>S. epidermidis</i>	<i>L. plantarum</i>	
<i>S. carnosus</i>		
<i>S. aureus</i>		

**Tabla 4. Microorganismos de cavidad oral. (18)**

Siendo portador de prótesis dentales, se puede encontrar algunas variaciones en la cantidad y tipos de microorganismos, en recientes investigaciones se demuestra variaciones que dependen del tipo del material con el que están hechas, puesto que en algunas prótesis podemos encontrar zonas retentivas donde podrían almacenarse bacterias, también varía por el tiempo del uso de la prótesis en boca y la dieta (8,18).



**Imagen 17. Prótesis dental desgastada. (8)**



En la siguiente tabla se muestra la especie de *Streptococcus* en dos tipos de materiales: en resina acrílica y metal, por ser utilizados frecuentemente en conjunto para las prótesis dentales removibles.

Las especies microbianas *S. mutans* y *S. salivarius* predominan en metal, en cambio *S. sobrinus* y *S. milleri* son las especies microbianas que predominan en el acrílico (18).

Especies	Material Total			Porcentaje
	Acrílico	Metal		
1 <i>S. mutans</i>	1	4		25%
2 <i>S. salivarius</i>	2	3	5	25%
3 <i>S. sobrinus</i>	1	1	2	10%
4 <i>S. milleri</i>	2	0	2	10%
5 <i>S. ferus</i>	0	1	1	5%
6 Sin tipificar	4	1	5	25%
7 Sin crecimiento	0	0	0	0%
Total	10	10	20	100%

**Tabla 5. *Streptococcus* identificados al tipo de material de la prótesis. (18)**

Respecto a los *Staphylococcus* los que están con mayor frecuencia son *S. epidermidis*, *S. carnosus*, *S. aureus* en la resina acrílica y *S. lugdunensis* junto con *S. shleiferi* subespecie *shleiferi* se encuentran en los metales (18).



Microorganismos	Material		Total Porcentaje	
	Acrílico	Metal		
1 S. epidermidis	4	1	5	25%
2S. carnosus	2	1	3	15%
3 S. lugdunensis	0	2	2	10%
4S. aureus	3	0	3	15%
5S. shleiferi sub.shleiferi	0	1	1	5%
6Sin tipificar	0	3	3	15%
7Sin crecimiento	1	2	3	15%
Total	10	10	20	100%

**Tabla 6. Staphylococcus identificados al tipo de material de la prótesis. (18)**

Los *Lactobacillus* también están presentes en los diferentes tipos de materiales de las prótesis, como se muestra en la tabla, todos los *Lactobacillus* se encuentran equitativamente en ambos materiales (18).





Microorganismos	Material		Total Porcentaje	
	Acrílico	Metal		
1 L. fructivorans	2	2	4	20%
2L. brevis	1	0	1	5%
3L. confusus	1	1	2	10%
4L. fermentum	1	0	1	5%
5L. bavaricus	0	1	1	5%
6L. murinus	1	0	1	5%
7L. plantarum	0	1	1	5%
8L. casei sub.pseudopiantarum	1	0	1	5%
9Sin tipificar	2	3	5	25%
10Sin crecimiento	1	2	3	15%
Total	10	10	20	100%

**Tabla 7. Lactobacilius identificados al tipo de material de la prótesis. (18)**

Al igual que los *Lactobacilius*, las especies de levaduras que se muestran en la tabla se encuentran de manera equitativa (18).



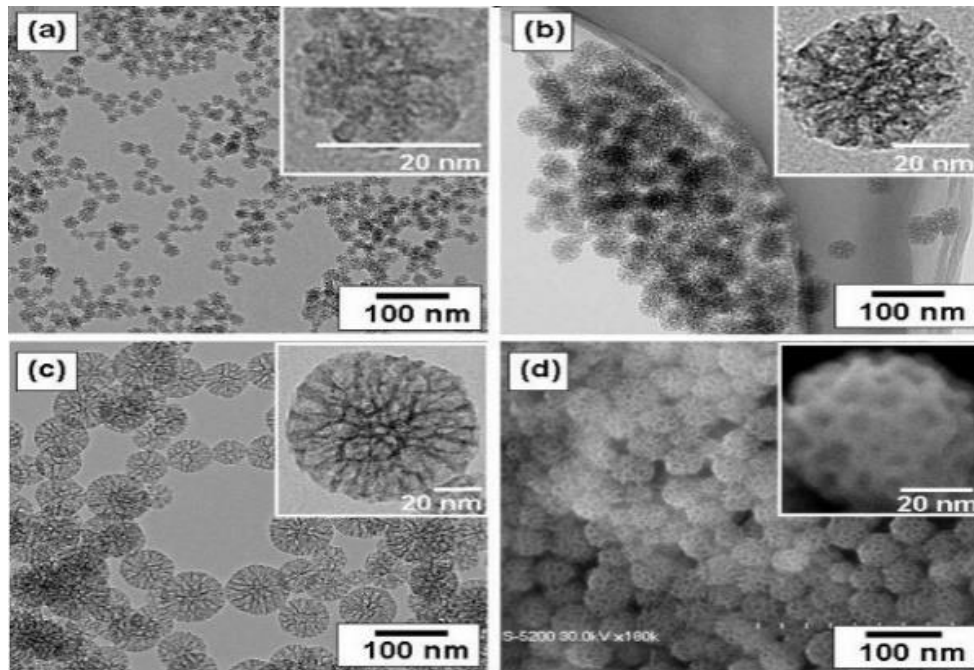
Microorganismos	Material		Total de especies	Porcentaje sobre el total
	Acrílico	Metal		
1 C. krusei	3	3	6	30%
2C. albicans	2	2	4	20%
3C. tropicalis	0	2	2	10%
4Sin tipificar	3	2	5	25%
5Sin crecimiento	2	1	3	15%
Total	10	10	20	100%

**Tabla 8. Levaduras identificadas al tipo de material de la prótesis. (18)**

## 2.4 Nanotecnología en Odontología.

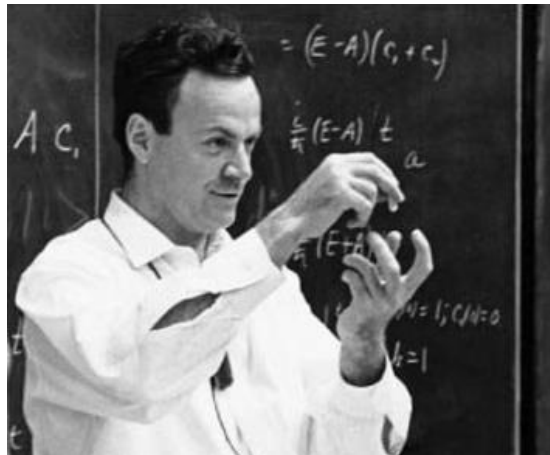
La nanotecnología es considerada una tecnología que manipula a los materiales en dimensiones de 1 a 100 nm para mejorar el diseño, elaboración y las propiedades a un nivel microscópico. Se encarga del estudio, creación, diseño, síntesis, identificación, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas. La nanotecnología incluye a la electrónica y el magnetismo (4,20).

En la nanoescala, las partículas esféricas dentro del rango se llaman nanopartículas, tienen propiedades únicas respecto a su naturaleza, tamaño, distribución, morfología y tendencia a la aglomeración (21).



**Imagen 18. Diferentes formas de nanopartículas de silica. (21)**

En 1959 Richard Feynman fue el primero en mencionar la posibilidad de la nanociencia y la nanotecnología (20).

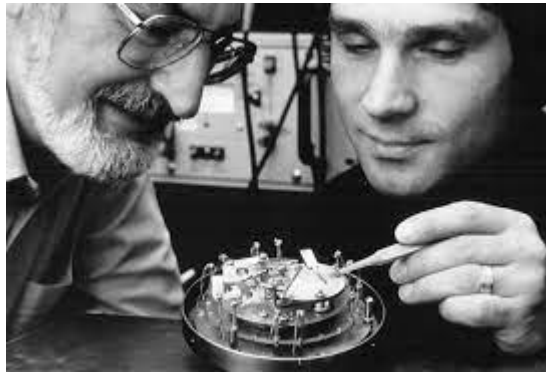


**Imagen 19. Fotografía de Richard Feynman. (20)**



El fundador del Instituto Foresight Eric Drexler en 1980 estableció por primera vez el término “nanotecnología” (20).

Gerd Binning y Heinrich Rohrer, diseñaron y fabricaron el microscopio de efecto túnel en 1986, este microscopio funciona en un campo inmediato a una distancia de dos o tres átomos de la superficie. Con este descubrimiento podemos perfeccionar estos microscopios para trabajar con medidas nanométricas (20).



*Imagen 20. Fotografía de Gerd Binning y Heinrich Rohrer. (20)*

La aplicación de la nanotecnología en las ciencias de la salud ha estimulado la creación de nuevas técnicas para la investigación y ayudar al diagnóstico de diferentes enfermedades, así como la apertura para la investigación sobre regeneración de tejidos, la creación de robots, sensores o nanocomputadoras, también el uso de nanopartículas en diversos materiales (20,22).

El uso de las nanopartículas en Odontología ha tenido un gran uso, por ejemplo, en ortodoncia se aplicó nanopartículas que contienen factores de crecimiento que controlan la señalización del dolor los cuales incrementan las ramificaciones de las terminaciones nerviosas favoreciendo su regeneración (20,22).

También las nanopartículas son capaces de penetrar membranas de las células de algunas bacterias aumentando el efecto bactericida (20,22).

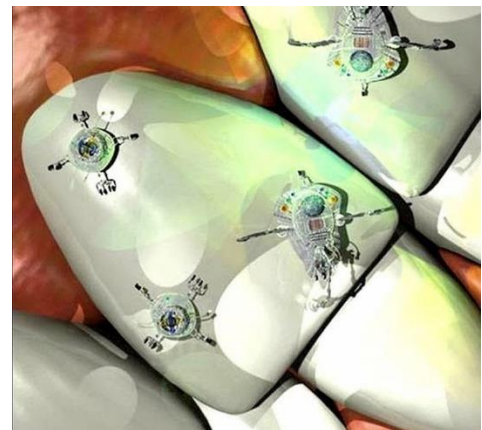
Las nanopartículas metálicas son las más usadas y con mayor investigación por tener un efecto antibacteriano como, por ejemplo: dióxido de titanio, plata, óxido de zinc y cobre (20,22).



*Imagen 21. Metales ocupados para nanopartículas. (22)*

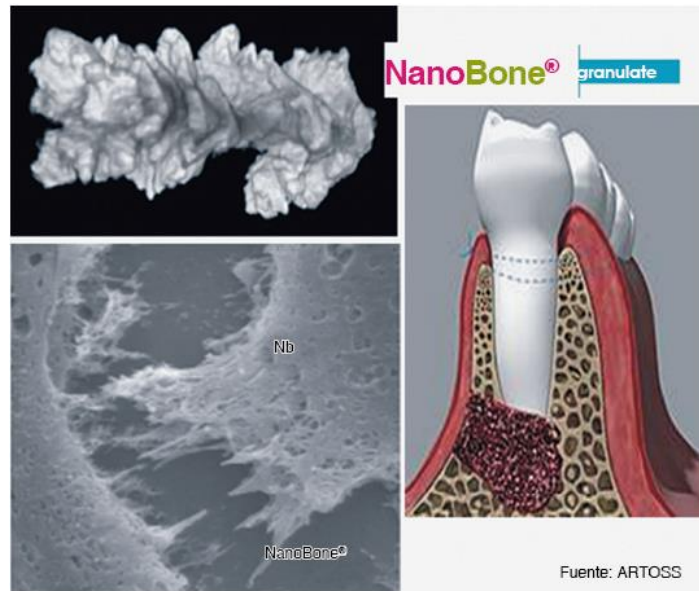
A su vez se ha planteado la sustitución de los brackets por microchips preprogramados para manipular los tejidos periodontales directamente permitiendo un movimiento del diente rápido y sin dolor, así como controlar la fuerza aplicada, la respuesta de los tejidos, además de contar con memoria para almacenar y conservar los movimientos (20,22,23).

El uso de un biomaterial conocido como nanohueso en implantología, simula la estructura y composición del hueso.



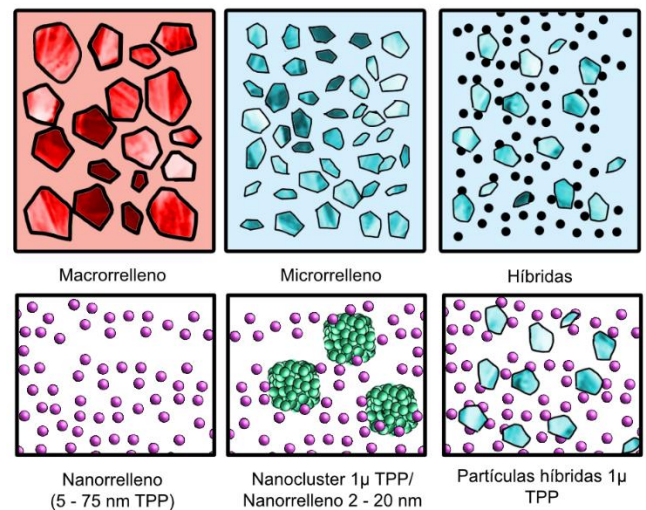
*Imagen 22. Ilustración de nanorobots. (23)*

La rugosidad de la superficie del implante también se han modificados reduciendo sus poros a tamaño nanométrico, lo que permite un aumento en la integración a los tejidos circundantes, mayor adherencia y crecimiento celular; mejorando la cicatrización de la zona donde se colocó el implante (20,22,24).



**Imagen 23. La estructura de Nanobone ha demostrado tener una osteoconductor en estudios de regeneración de tejido óseo. (24)**

En la resina compuesta se demuestra la contribución de la nanotecnología en Odontología restauradora con la introducción de las resinas compuestas de nanorrelleno. A las resinas compuestas se les incorporaron partículas de nanorrelleno de 5 y 10 nanómetros mejorando las propiedades a comparación de las resinas de micro y macrorrelleno.



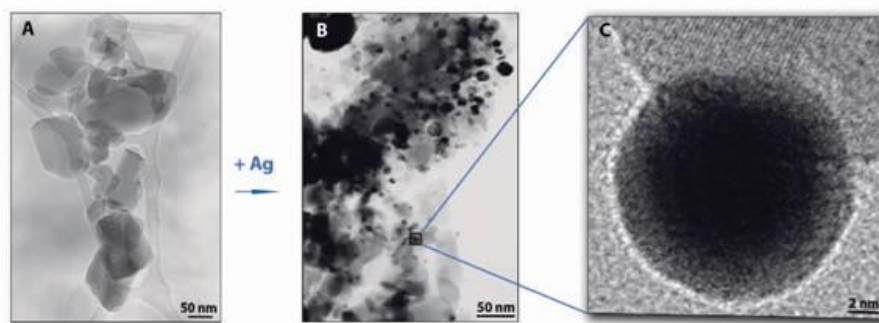
**Imagen 24. Clasificación de partículas de composites. (22)**

Las resinas compuestas de nanorelleno por su homogeneidad y alto porcentaje de relleno, tiene una interfaz estable y completa con el tejido permitiendo un buen sellado marginal, mejor terminado en pulido, resistencia al desgaste y apariencia al diente natural (22).

#### 2.4.1 Incorporación de nanopartículas de plata en resinas acrílicas con propiedades antimicrobianas.

Las nanopartículas de plata tienen propiedades ópticas, térmicas, eléctricas, antibacterianas, antifúngicas y eficaz en contra de algunos virus los cuales sean incorporado a una gran cantidad de productos por sus propiedades más en el área biomédica, así mismo una baja toxicidad para los seres humanos (21,25).

En la odontología, el uso de las nanopartículas de plata se emplea combinándolas con, el chitalac-Ag, AgNP-metil polimetilmetacrilato, calcio amorfo AgNP-fosfato, y fluoruros (nano fluoruro de plata) o solas, ya sea en nanopartículas de plata o plasma de plata, aunque de uso limitado debido a la aglomeración entre nanopartículas y una coloración grisácea (25–27).

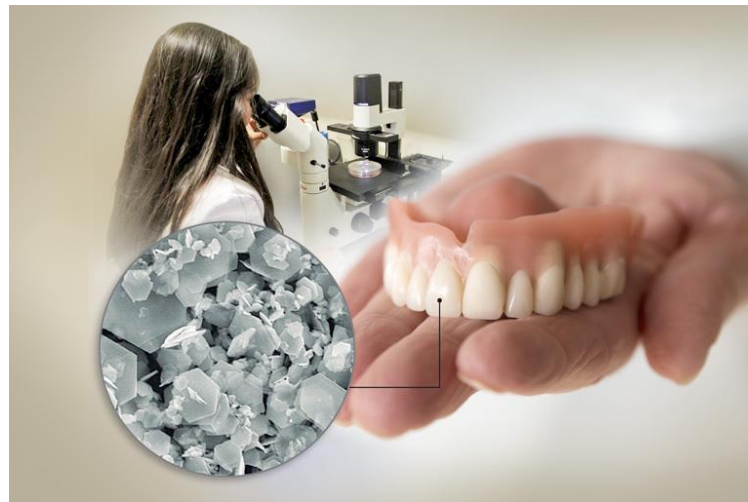


*Imagen 26. Nanopartículas de plata. (27)*

El polimetilmetacrilato presenta nulas propiedades antimicrobianas por sí mismo lo que facilita la formación de biofilm, pero con el uso de nanopartículas

de plata podremos inhibir el crecimiento bacteriano en el material como portándole propiedades antifúngicas (7,21).

La incorporación de nanopartículas de plata al 1% en peso, con un tamaño entre 100 a 120 nm en los acondicionadores de tejido promueven un efecto antibacteriano y para el efecto antifúngico se requiere de una concentración del 2% de nanopartículas de plata (7,28–30).

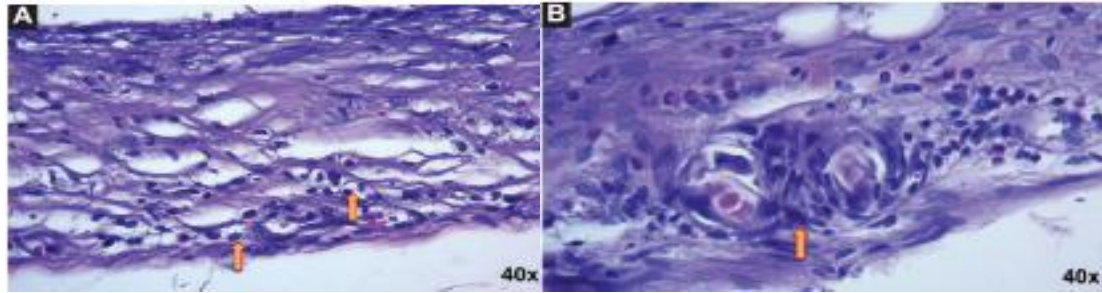


**Imagen 27. Ilustración de la incorporación de nanopartículas en resinas acrílicas. (30)**

En el estudio “*Biomaterial antifúngico para pacientes edéntulos*” realizado por Acosta-Torres, et al.(31), analizaron la efectividad de las nanopartículas de plata sobre pequeños discos de polimetilmetacrilato (PMMA) y polimetilmetacrilato (PMMA-AgNP) estos fueron implantados en el dorso de 30 ratas Wistar durante 15 y 45 días.

De las ratas con discos de PMMA-AgNP, al paso de los 45 días se obtuvieron muestras del tejido en donde se implanto el disco, donde se observaron una pseudocápsula con una reacción inflamatoria linfoplasmocitario, discreta, controlada y limitada a la cápsula; a su vez se observaron células gigantes multinucleadas aisladas, evidenciando la biocompatibilidad del material aún con la incorporación de las nanopartículas de plata (31).





**Imagen 28. Imagen A) Tejido en contacto con PMMA, muestra infiltrado inflamatorio crónico linfoplasmocitario (flechas) Imagen B) Tejido en contacto con PMMA-AgNP muestra reacción de cuerpo extraño, células gigantes aisladas (flechas). (31)**

Al mismo tiempo, se destaca una leve inflamación con el avance de los días y el 90% de ausencia de reacciones a cuerpos extraños ante el polimetilmetacrilato con nanopartículas de plata (PMMA-AgNP), como se muestra en la tabla a continuación:

Característica	15 días			45 días		
	Control	PMMA	PMMA-AgNP	Control	PMMA	PMMA-AgNP
Tipo de inflamación	Ausente	80 % crónica	60 % mixta	Ausente	100 % mixta	90 % mixta
Severidad	Células inflamatorias no detectadas	40 % moderada, 40 % leve	60 % moderada, 20 % severa	Células inflamatorias no detectadas	60 % leve	50 % leve
Extensión	Células inflamatorias no detectadas	90 % limitada a la cápsula	90 % limitada a la cápsula	Células inflamatorias no detectadas	100 % limitada a la cápsula	100 % limitada a la cápsula
Reacción a cuerpo extraño	Ausente	70 % presente	80 % presente	Ausente	100 % ausente	90 % ausente

**Tabla 9. Descripción del análisis histopatológico de las muestras obtenidas de los animales a los 15 y 45 días de exposición a PMMA y PMMA-AgNP. (31)**

La adherencia de los microorganismos en las superficies de las prótesis dentales es una afección que aumenta la posibilidad de provocar infecciones a la mucosa bucal que suelen ser modificadas con medicación. En México, el 65% de la población que usa una prótesis dental suelen sufrir de *Candida albicans* (21,31).



Por tal motivo en la tabla se muestra los diferentes tipos de *Candida* que sufren los portadores de prótesis en comparación con personas no portadoras demostrando que el uso de prótesis favorece la proliferación de *Candida krusei* y *Candida albicans* (31).

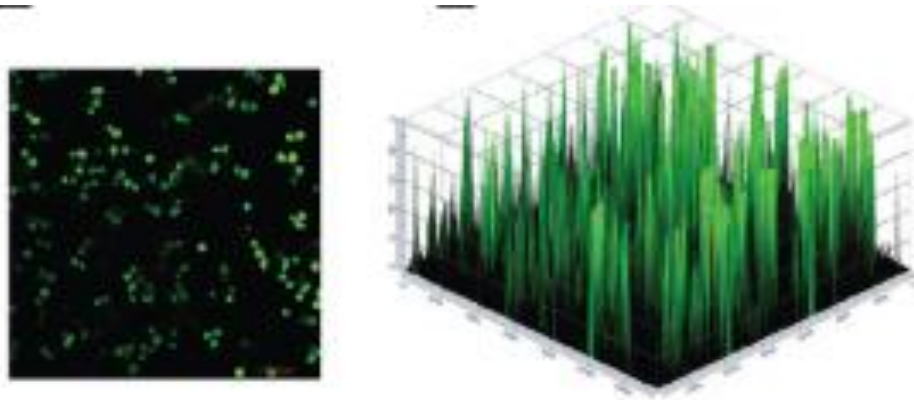
Portación o no de prótesis	Pacientes con <i>Candida</i> (%)			
	Total (n)	<i>albicans</i>	<i>tropicalis</i>	<i>krusei</i>
Pacientes portadores de prótesis parciales o totales	48	35.4	16.7	31.3
Pacientes no portadores de prótesis	92	29.7	16.7	12.2
		$\chi^2 = 0.480,$ $p = 0.489$	$\chi^2 = 0.018,$ $p = 0.892$	$\chi^2 = 7.412,$ $p = 0.006$

**Tabla 10. Total de pacientes portadores y no portadores de prótesis dental que mostraron *Candida albicans*, *tropicalis* o *krusei*. (31)**

Se ha propuesto alternativas para disminuir la retención de biopelículas y lograr un adecuado mantenimiento de limpieza, como el uso de antimicrobianos como las nanopartículas de plata donde su uso puede ser mezclado con otros elementos o sintetizado con el mismo fin (28,31).

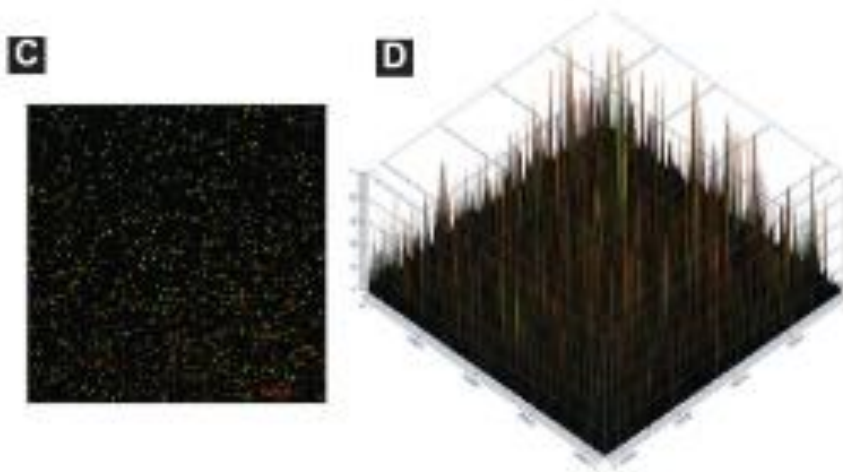
Con la realización de una variedad de estudios del uso de nanopartículas de plata sintetizadas a partir de nitrato de plata, demostrando un efecto antimicótico mayor por sus propiedades oxidantes, evitando menor adherencia de microorganismos, especialmente a *C.albicans*. en comparación de las resinas acrílicas convencionales (21).

A continuación, se muestra una imagen microscópica confocal de *Candida albicans* (en verde) sobre polimetilmetacrilato (PMMA), en el cual se observa a esta levadura expandirse sin dificultad alguna (31).



**Imagen 29. Imagen microscópica de *Candida albicans* sobre PMMA. (31)**

En esta imagen microscópica, ahora podemos observar a la *Candida albicans* muerta (en rojo) puesto que esta muestra es sobre un polimetilmetacrilato con nanopartículas de plata (PMMA- AgNP) demostrando el efecto antifúngitivo que tiene las partículas de plata (31).

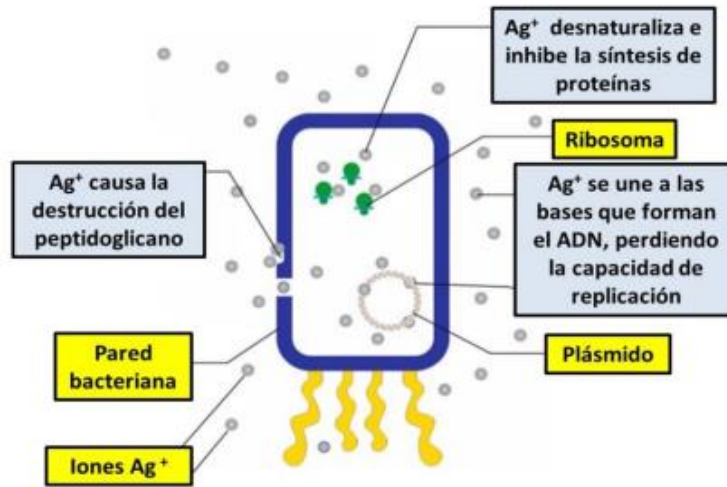


**Imagen 30. Imagen microscópica de *Candida albicans* sobre PMMA-AgNP. (31)**



El uso de compuestos que pueden ser agregados a las nanopartículas de plata como el vanadio, han reportado una eficacia antimicrobiana en contra de *Streptotoccus mutans*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Candida albicans*. Esta eficacia se debe a la liberación de iones plata que penetran las paredes celulares de los microorganismos, esto ocurre debido a diversos mecanismos de acción bactericida de las nanopartículas de plata (Ag-NP) que son (32–34):

- Primer mecanismo: los iones de plata inhiben las enzimas citocromo b, citocromo d en el sitio de entrada de sustrato, en la cadena respiratoria y la flavoproteína, en las regiones NADH y succinato deshidrogenasa en cuanto la plata se une al aminoácido cisteína provoca la muerte de la bacteria.
- Segundo mecanismo: los iones de plata producen ruptura a la pared celular, inhibiendo el movimiento de la bacteria y el paso de los nutrientes; provocando su muerte.
- Tercer mecanismo: Los iones de plata afectan el ADN de la bacteria generando una mutación, provocando su muerte.
- Cuarto mecanismo: la plata se une a los radicales libres que se forman por el metabolismo aeróbico de la célula, logrando acumularse dentro de la bacteria rompen la membrana celular; produciendo su muerte.



*Imagen 31. Mecanismo de acción bacteriana de las nanopartículas de plata. (34)*

Para lograr una efectividad antibacteriana se debe las concentraciones y tamaño de plata fina al ser incorporadas a la resina acrílica, al igual si es una resina acrílica termopolimerizable o quimiopolimerizable (21).



## Conclusiones

Las resinas acrílicas siguen siendo la mejor opción para uso de rehabilitación de prótesis totales por su fácil manipulación, bajo precio y por su caracterización a las mucosas bucales.

Al incorporarles las nanopartículas de plata conseguimos un material totalmente innovador dándoles a las resinas acrílicas el efecto antibacterial y antimicótico, con el fin de poder prevenir y tratar infecciones odontológicas.

Actualmente la nanotecnología está acaparando la atención de los odontólogos como a la mayoría de las ciencias, con la posibilidad de crear y mejorar sus materiales para poder ofrecer mejores tratamientos y mejorar la vida de las personas.



## Referencias Bibliográficas

1. Macchi Ricardo Luis. Materiales Dentales [Internet]. 4°. 2007 [cited 2021 Nov 12]. 420 p. Available from: [https://www.academia.edu/36807813/Macchi\\_Materiales\\_Dentales\\_4ta\\_Ed](https://www.academia.edu/36807813/Macchi_Materiales_Dentales_4ta_Ed)
2. Kenneth J. Anusavice. Ciencia de los materiales dentales. Anusavice Elsevier. 2004. p. 34.
3. Rolinda MC, Alejo M, Analia G, Lourdes ZL. Protésis Removible de Resina. Rev Actualización Clínica. 2012;24:1158–63.
4. Argueta-Figueroa L, Mesta-Pichardo D, Torres-Gómez N, Martínez-Alvarez O, Paulino-González ÁD, Arenas-Aroccena MC. Acrílico termopolimerizable enriquecido con nanopartículas de cobre: evaluación antibacteriana y citotóxica. Mundo Nano Rev Interdiscip en Nanociencia y Nanotecnología. 2018 Jun;11(21):45–60.
5. Barceló Santana FH, Palma Calero JM. Materiales Dentales. Conocimientos Básicos Aplicados. México: Trillas; 2007. 230–240 p.
6. Kurzer M. Estudio comparativo de dureza en dientes artificiales fabricados con diferentes tipos de resinas acrílicas. Rev EIA. 2006;6:121–8.
7. Indumathi S, Kuthalingam Subbiah A, Suresh S, Alluri Venkata R, Bheemalingeshwara R, Bindu K. Incorporation of antimicrobial macromolecules in acrylic denture base resins: a research composition and update. J Prosthodont [Internet]. 2014;23(4):284–90. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24138425/>
8. Takashi N, Futami N-T, Kazuhiko E. Designing an antibacterial acrylic resin using the cosolvent method -Effect of ethanol on the optical and mechanical properties of a cold-cure acrylic resin. Dent Mater J [Internet]. 2017 [cited 2021 Oct 9];36(5):662–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28626205/>



9. Fernando RSL. Tecnico Auxiliar de Geriatria. Manual. [Internet]. 2nd ed. España; [cited 2021 Oct 31]. Available from: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=5VFKRFM1MXoC&oi=fnd&pg=PA299&dq=problemas+asociados+con+dentadura+postiza&ots=wflHDJP3Zs&sig=48Hny7WWWnhrGp7OYSWUvFbC8c8#v=onepage&q=problemas+asociados+con+dentadura+postiza&f=false>
10. Amézaga JF, González RR. Halitosis: diagnóstico y tratamiento en Atención Primaria Halitosis: diagnosis and treatment in Primary Health Care. MEDIFAM. 2002;12:46–57.
11. Rioboo Crespo M BMA. Aftas de la mucosa oral. 2009;
12. Somacarrera Pérez ML, López Sánchez AF, Martín Carreras-Presas C, Díaz Rodríguez M. Lesiones traumáticas en la mucosa oral de los adultos mayores. Av Odontoestomatol [Internet]. 2015 Jul 31 [cited 2022 Apr 12];31(3):129–34. Available from: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0213-12852015000300003&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852015000300003&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
13. Weaver RE, Goebel WM. Reactions to acrylic resin dental prostheses. J Prosthet Dent [Internet]. 1980 [cited 2021 Nov 1];43(2):138–42. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6985962/>
14. Pineda SE MJ. Adherencia de Candida albicans a resinas acrílicas y poliamidas. Biosalud. 2017;
15. Cruz Quintana, Sandra Margarita, Díaz Sjostrom, Pedro, Arias Socarrás, Dunier, Mazón Baldeón GM. Microbiota de los ecosistemas de la cavidad bucal. Rev Actualización Clínica vista Cuba Estomatol. 2017;
16. Pérez Poveda FJ, Ilzarbe LM, Ilzarbe M. Propuesta de tratamiento para la xerostomía grave: dispositivo nocturno de irrigación gota a gota a través de férula de descarga permeable [Internet]. Gaceta Dental. [cited 2022 Apr 13]. Available from: <https://gacetadental.com/2009/03/propuesta-de-tratamiento-para-la-xerostoma-grave-dispositivo-nocturno-de-irrigacin-gota-a-gota-a-travs->





de-frula-de-descarga-permeable-31629/

17. Boeckler AF. La intolerancia de las prótesis de resina. Evaluación, conceptos terapéuticos y productos alternativos | Quintessence Técnica [Internet]. Quintessence técnica. 2010 [cited 2022 Apr 13]. p. 444–7. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-quintessence-tecnica-33-pdf-X1130533910547071>
18. García EDF, Millán PV, Santos PJDL, Huerta PM, García EDF. Identificación bioquímica de microorganismos presentes en prótesis Removibles metálicas y acrílicas (estudio piloto). Rev la Asoc Dent Mex. 2009;66(2):36–41.
19. Bengel W. Candidiasis orales. Parte 1: Cuadro clínico, epidemiología y etiología. Quintessence [Internet]. 2010;23(10):510–7. Available from: [file:///02140985/0000002300000010/v0\\_201307310951/X0214098510886703/v0\\_201307310953/es/main.assets](file:///02140985/0000002300000010/v0_201307310951/X0214098510886703/v0_201307310953/es/main.assets)
20. Ramón Martínez H, Abdala HM, Treviño E, Garza G, Pozas A, Rivera G. Aplicación de la nanotecnología en odontología: Nano-odontología Application of nanotechnology in dentistry: Nano-Dentistry. Nanotecnología, Salud Oral RevCES Odont. 2011;24(2):87–91.
21. de Castro DT, Valente ML da C, Aires CP, Alves OL, dos Reis AC. Elemental ion release and cytotoxicity of antimicrobial acrylic resins incorporated with nanomaterial. Gerodontology. 2017;34(3):320–5.
22. Vittorio DL, Rodríguez DM, Vittorio D, Rodríguez D, de Odontología C, Vittorio Leonardo D. Nano-odontología; Nano-medicina; Nanopartículas; Nanodispositivos. Aplicaciones clínicas de la nanotecnología en Odontología y Medicina Oral. Cient Dent. 2018;15(1):37–44.
23. Cantín ML, Vilos CO, Suazo IG. Nanodontología: el Futuro de la Odontología Basada en Sistemas Nanotecnológicos Nanodentistry: the Future of Dentistry Based on Nanotechnology Systems. Int J Odontostomat. 2010;4(2):127–32.
24. Jelić L, Popović M, Prtenjak Milenković S. Use of New Technologies in



- Education. In: Revista Odontológica Mexicana [Internet]. 2020 [cited 2022 Apr 13]. p. 392–415. Available from: [www.medigraphic.org.mx](http://www.medigraphic.org.mx)
25. Teresa G-Q, Genoveva H-P, de la Fuente, Susana Acosta-Torres L. Nanopartículas con efecto antifúngico en prótesis dentales. *Ide@s CONCYTEG*. 2012;7(87):1101–12.
  26. -Baculima A, Michelle, Cuenca-León ;, Katherine, Pacheco-Quito ;, - Mauricio E. Antimicrobial Nanoparticles in Dentistry: State of the art. [cited 2022 Mar 6]; Available from: <http://doi.org/10.5281/zenodo.5791388>
  27. LS A-T, I M, RE N-A, M C-J, VM C. Cytocompatible antifungal acrylic resin containing silver nanoparticles for dentures. *Int J Nanomedicine* [Internet]. 2012;7:4777–86. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22969297/>
  28. Aline Satie T, Douglas Roberto M, Luiz Fernando G, Ebele Adaobi S, Emerson Rodriques de C, Joao Eduardo G-F, et al. Biocompatible silver nanoparticles incorporated in acrylic resin for dental application inhibit *Candida albicans* biofilm. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl* [Internet]. 2021;118. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33254968/>
  29. García-Contreras R, Argueta-Figueroa L, Mejía-Rubalcava C, Jiménez-Martínez R, Cuevas-Guajardo S, Sánchez-Reyna PA, et al. Perspectives for the use of silver nanoparticles in dental practice. *Int Dent J* [Internet]. 2011 Dec [cited 2022 Mar 16];61(6):297–301. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22117785/>
  30. López P. Desarrolla León biomateriales dentales con nanopartículas - *Gaceta UNAM* [Internet]. *Gaceta UNAM*. 2018 [cited 2022 Apr 13]. Available from: <https://www.gaceta.unam.mx/desarrolla-leon-biomateriales-dentales-con-nanopartículas/>
  31. Acosta-Torres LS, Flores-Arriaga JC, Serrano-Díaz PN, González-García IA, Viveros-García JC, Del Carmen Villanueva-Vilchis M, et al. Biomaterial antifúngico para reducir las infecciones causadas por



- Candida albicans en pacientes edéntulos. 2021 [cited 2022 Mar 6]; Available from: [www.gacetamedicademexico.com](http://www.gacetamedicademexico.com)
32. Zhe L, Jing S, Jing L, Qingguo Q. Effect of a denture base acrylic resin containing silver nanoparticles on Candida albicans adhesion and biofilm formation. Gerodontology. 2016 Jun;33(2):209–16.
  33. Balderas-delgadillo C. Uso y aplicación de Nanopartículas de plata en Odontología Use and application of silver nanoparticles in dentistry. 2020;8(16):96–100.
  34. Chaloupka K, Malam Y, Seifalian AM. Nanosilver as a new generation of nanoparticle in biomedical applications. Trends Biotechnol. 2010 Nov 1;28(11):580–8.