

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA



**EFFECTO ANTIMICROBIANO DE LAS NANO PARTÍCULAS DE PLATA EN
IONÓMERO DE VIDRIO PARA EL CEMENTADO DE BANDAS DE
ORTODONCIA**

POR

C.D. DANIEL ADAME MONTEMAYOR

Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRÍA EN ORTODONCIA

AGOSTO, 2020

APROBACIÓN DE TESIS DE MAESTRÍA POR COMITÉ ACADÉMICO

**EFFECTO ANTIMICROBIANO DE LAS NANO PARTÍCULAS DE PLATA EN
IONÓMERO DE VIDRIO PARA EL CEMENTADO DE BANDAS DE
ORTODONCIA**

COMITÉ ACADÉMICO DE MAESTRÍA

Dra. Hilda H H Torre Martínez
Presidente

Dr. Roberto Carrillo Fuentevilla
Secretario

Dra. Lizeth Edith Quintanilla Rodríguez
Vocal

APROBACIÓN DE TESIS DE MAESTRÍA POR COMITÉ DE TESIS

**EFFECTO ANTIMICROBIANO DE LAS NANO PARTÍCULAS DE PLATA EN
IONÓMERO DE VIDRIO PARA EL CEMENTADO DE BANDAS DE
ORTODONCIA**

COMITÉ DE TESIS

Dr. Roberto Carrillo Fuentes
Director de Tesis

Dr. Roberto Carrillo González
Codirector de Tesis

Dra. Myriam Angélica de la Garza Ramos
Asesor interno

AGRADECIMIENTOS

A *Dios*, por todas las bendiciones que me ha dado en esta vida y por permitirme estar el día de hoy con las personas que mas quiero.

Papás, gracias por dedicar toda su vida, creer en mí y darme la oportunidad y apoyo de alcanzar otra meta más, por estar a mi lado en cada paso que doy siempre, todo mi esfuerzo se los dedico completamente.

Mi hermana Daniela, que a pesar de la distancia siempre te haces presente, gracias por siempre escucharme y darme los mejores consejos en el momento indicado.

A *Marcela*, por enseñarme a trabajar sin desesperarme, por estar siempre ami lado en todo momento, y guiarme a ser mejor persona cada día.

A *mi comité de tesis*, por asesorarme y por guiarme durante toda la investigación.

Gracias al *Posgrado de Ortodoncia de la UANL*, por abrirme sus puertas y permitirme ser parte de él.

A *CONACYT* por el apoyo que me brindo en estos dos años.

DEDICATORIA

Esta investigación es dedicada a mis padres por ser mi mejor ejemplo y mi mas grande bendición, todo lo que soy se lo debo a ellos, siempre han sido mi motor, mi energía, y mis ganas de cumplir todas y cada una de mis metas. Y por su incondicional apoyo durante toda mi vida.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

Gracias.

TABLA DE CONTENIDO

<u>Sección</u>	<u>Página</u>
AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	v
TABLA DE CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABLAS	ix
NOMENCLATURA	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. HIPÓTESIS	2
3. OBJETIVOS	
3.1 Objetivo general	3
3.2 Objetivos específicos	3
4. ANTECEDENTES	
4.1 Bacterias	4
4.2 Propiedades ideales de un adhesivo	7
4.3 Nanotecnología	8
4.4 Nanopartículas de plata	9
5. MATERIALES Y MÉTODOS	
5.1 Diseño del estudio	12
5.2 Universo de estudio	12
5.3 Tamaño de muestra	12
5.4 Criterios de selección	12
5.4.1 Criterios de inclusión	12
5.4.2 Criterios de exclusión	13
5.4.3 Criterios de eliminación	13
5.5 Descripción de procedimientos	13
5.6 Análisis estadístico	19
5.7 Consideraciones éticas	19

6.	RESULTADOS	
6.1	Evaluación de halos de inhibición en unidiscos con nanopartículas de plata	20
6.2	Evaluación de halos de inhibición en ionómero de vidrio con nanopartículas de plata.	23
6.3	Evaluación de la absorbancia de las nanopartículas de plata incorporado al ionómero de vidrio cementado en las bandas de ortodoncia.	24
7.	DISCUSIÓN	27
8.	CONCLUSIÓN	29
9.	PERSPECTIVA	30
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
1	14
2	14
3	15
4	15
5	15
6	16
7	16
8	17
9	17
10	18
11	18
12	21
13	22
14	22
15	23
16	23
17	24
18	25

LISTA DE TABLAS

<u>Tabla</u>	<u>Página</u>
I	20
II	21
III	25
IV	25
V	26
VI	26

NOMENCLATURA

P	Porphyromonas
S	Streptococcus
F	Fusobacterium
T. Denticola	Treponema Denticola
T. Forsythia	Tannerella Forsythia
Zn	Zinc
Ag	Plata
ADN	Ácido desoxirribonucleico
Nm	Nanómetro
μL	Microlitro
AgNp	Nanopartículas de plata
CHX	Clorhexidina

TESISTA: C.D. Daniel Adame Montemayor
DIRECTOR DE TESIS: Dr. Roberto Carrillo Fuentes
COORDIRECTOR DE TESIS: Dr. Roberto Carrillo González
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

EFFECTO ANTIMICROBIANO DE LAS NANO PARTÍCULAS DE PLATA EN
IONÓMERO DE VIDRIO PARA EL CEMENTADO DE BANDAS DE
ORTODONCIA

RESUMEN

Introducción: Las AgNp mejoran las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados en la odontología. La plata y la nano tecnología ha sido investigada por varios años y ha demostrado su alto nivel antimicrobiano ante diferentes bacterias orales. **Objetivos:** Demostrar que las AgNp tienen efecto antimicrobiano sobre bacterias orales como *S. mutans*, *F. nucleatum* y *P. gingivalis*. Evaluar su incorporación y propiedades antimicrobianas junto al ionómero de vidrio. Medir por halo de inhibición el efecto antimicrobiano de las nanopartículas de plata en unidiscos. Comprobar el efecto de inhibición de las AgNp por densidad óptica mediante espectografía a 600 nanómetros. **Materiales y Métodos:** En 6 molares se cementaron bandas de ortodoncia con ionómero de vidrio incorporadas con AgNp para evaluar su efecto antimicrobiano en las 3 bacterias, se realizó un triplicado para la lectura de la absorbancia mediante espectografía a 600 nanómetros. **Resultados:** El comportamiento de las AgNp comparado con los controles (ionómero solo) tuvieron una diferencia estadísticamente significativa, con las 3 bacterias a 600nm de densidad óptica. *S. mutans* con nanopartículas tiene un valor $P < .0000$, mismo resultado fue observado con *F. nucleatum* $P < .0000$, y *P. gingivalis* $P < .0001$. **Conclusión:** Las AgNp pueden incorporarse al ionómero de vidrio, sin alterar las propiedades de adhesión. Pueden ser utilizadas como un aditivo antimicrobiano que favorece sus propiedades antimicrobianas que evita la colonización de bacterias periodontales y cariogénicas.

TESISTA: C.D. Daniel Adame Montemayor
DIRECTOR DE TESIS: Dr. Roberto Carrillo Fuentesvilla
COORDIRECTOR DE TESIS: Dr. Roberto Carrillo González
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

ANTIMICROBIAL EFFECT OF SILVER NANO PARTICLES ON GLASS IONOMER
FOR CEMENTING OF ORTHODONTIC BANDS

ABSTRACT

Introduction: AgNp improve the physical and mechanical properties of materials used in dentistry. Silver and nano technology has been researched for several years and has shown its high antimicrobial level against different oral bacteria. **Objectives:** To demonstrate that the AgNp have antimicrobial effect on oral bacteria such as *S. mutans*, *F nucleatum* and *P gingivalis*. Evaluate its incorporation and antimicrobial properties together with the glass ionomer. Measure by halo of inhibition the antimicrobial effect of silver nanoparticles on unidisks. Check the inhibition effect of the AgNp by optical density by spectography at 600 nanometers. **Materials and Methods:** Orthodontic bands with glass ionomer incorporated with AgNp were cemented in 6 molars to evaluate their antimicrobial effect on the 3 bacteria. A triplicate was performed to read the absorbance by spectography at 600 nanometers. **Results:** The behavior of the AgNp compared with the controls (ionomer alone) had a statistically significant difference, with the 3 bacteria at 600nm of optical density. *S mutans* with nanoparticles has a P value <.0000, the same result was observed with *F nucleatum* P <.0000, and *P gingivalis* P <.0001. **Conclusion:** AgNp can be incorporated into the glass ionomer, without altering the adhesion properties. They can be used as an antimicrobial additive that favors its antimicrobial properties that prevents the colonization of periodontal and cariogenic bacteria.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la ortodoncia, es de suma importancia disminuir el tiempo en el que los pacientes utilizan los diferentes aparatos de ortodoncia y así disminuir la colonización bacteriana que se produce en ello.

Las bandas de ortodoncia nos ayudan mucho para diferentes tratamientos, y el ionòmero de vidrio es el principal material con el que cementamos estos.

Al retirar las bandas de ortodoncia observamos inflamación de encía, descalcificación de esmalte e incluso caries.

La plata y la nano tecnología ha sido investigada por varios años y a demostrado su alto nivel de ser antimicrobiano ante diferentes bacterias orales.

Todos los ortodoncistas nos encontramos en la búsqueda de nuevos materiales que nos apodan mejorar en adhesión, y en disminuir la colonización de bacterias orales.

Esta investigación pretende demostrar que se puede incorporar nano partículas de plata en ionòmero de vidrio para cementar bandas de ortodoncia y evaluar el efecto antimicrobiano en 3 diferentes bacterias orales.

2. HIPÓTESIS

“Las nanopartículas de plata tienen un efecto antimicrobiano sobre *Porphyromonas gingivalis*, *Streptococcus mutans*, y *Fusobacterium nucleatum*”

 Ho. Las nanopartículas de plata no tienen un efecto antimicrobiano sobre *Porphyromonas gingivalis*, *Streptococcus mutans*, y *Fusobacterium nucleatum*

 Ha: Las nanopartículas de plata tienen distinto efecto antimicrobiano sobre *Porphyromonas gingivalis*, *Streptococcus mutans*, y *Fusobacterium nucleatum*

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Demostrar que las nanopartículas de plata tienen un efecto antimicrobiano sobre bacterias orales.

3.2 Objetivo Específico:

1. Evaluar el efecto antimicrobiano de las nanopartículas de plata sobre *S. mutans*, *P. nucleatum* y *P. gingivalis*.
2. Incorporar las nanopartículas de plata en el cemento de ionómero de vidrio para evaluar su incorporación y propiedades antimicrobianas.
3. Medir por halo de inhibición el efecto antimicrobiano de las nanopartículas de plata en unidiscos.
4. Comprobar el efecto de inhibición de las nanopartículas de plata por densidad óptica mediante espectografía a 600 nanómetros.

4. ANTECEDENTES

El tratamiento ortodóntico incluye el uso de aparatología fija y removible para corregir la posición dental y esquelética. Se ha demostrado que la calidad del tratamiento obtenido al final con el uso de aparatología fija es mucho mejor que con el uso de removibles (Stirrups, 1991).

El éxito del uso de la aparatología fija depende totalmente de que el aparato esté bien adherido al diente, de esta manera no tendrá motivo para despegarse de la superficie durante el tratamiento. Los brackets se colocan normalmente en las caras libres de los dientes, mientras que las bandas se colocan en los dientes posteriores, sobretodo molares.

Existe numerosos tipos de adhesivos para cementar las bandas al diente, es muy importante entender el tipo de adhesivo que se esta utilizando y a que grupo pertenece, saber sus pros y contras para de esta manera prevenir y reducir la aparición de caries, gingivitis y otras lesiones durante el periodo de tratamiento.

Los procedimientos de higiene oral en la primera línea de los métodos de prevención de caries no son los suficientemente confiables debido a que dependen de la cooperación del paciente. Por lo tanto, una solución podría ser la incorporación de agentes antimicrobianos en los adhesivos de ortodoncia. En este sentido la adición de clorhexidina y fluoruro a los adhesivos se ha sugerido en algunos estudios. Sin embargo, las propiedades mecánicas inadecuadas de los adhesivos resultantes, así como efectos antimicrobianos a corto plazo de estos agentes han hecho cuestionable este enfoque (Cohen et al, 2003).

4.1 Bacterias

Después de cementar aparatología fija de ortodoncia, esta documentado que incrementa la acumulación de *Streptococcus mutans* y *Lactobacilli* en la saliva y en la placa dental de pacientes (Pellegrini et al, 2009).

La lesión de mancha blanca alrededor de los brackets es una complicación importante en pacientes con tratamientos de ortodoncia, especialmente aquellos con mala higiene bucal. Estas lesiones se deben a la desmineralización del esmalte por ácidos de biopelículas alrededor de los aparatos de ortodoncia (Lucchese et al, 2013).

El control de la placa es un factor crítico que podría limitar la implementación y el asentamiento de microorganismos causales de caries y enfermedad periodontal (Rakhshan et al, 2015).

La colonización de los microorganismos orales empieza en la superficie dental después de 0 a 4 horas de la formación de la película.

Los colonizadores iniciales son: *Streptococcus sanguis*, *oralis*, *mitis*, así como la especie *Actinomyces comitans*, las cuales son bacterias gram negativas; y los colonizadores tardíos el *Streptococcus mutans* y *Streptococcus sobrinus*. Durante las próximas 4 a 24 horas estas bacterias se multiplican y agrupan ciertas micro-colonias, que integran la placa supragingival (Karthikeyan Subramani et al, 2009).

Las bacterias forman la placa subgingival a partir del exudado crevicular y el líquido gingival crevicular. Después de 1 a 14 días, los *Streptococcus*, quienes predominaban cambian a una placa dominada por Actinomyces, siendo así la sucesión microbiana; y después de 2 a 4 semanas estas bacterias se vuelven más diversas, con mayores niveles de gram negativas anaerobias, resultado de en una placa más madura, a la que se le nombra “biofilm”. Esta placa supragingival es la causante de la gingivitis; la cual, si no es retirada, puede dar como resultado la progresión y aumento de bacterias, avanzando la enfermedad a una periodontitis, sumándose bacterias subgingivales como, *P. Gingivalis* y *F. nucleatum* (Karthikeyan Subramani et al, 2009).

- ***Porphyromonas gingivalis***

Las bacterias asociadas a la periodontitis, residen tanto en biopelículas que se encuentran por encima y por debajo del margen gingival. Sin embargo, la naturaleza de la

biopelícula subgingival es mucho más complicada, dado que existen dos biopelículas diferentes; una asociada a la superficie radicular y otra en íntima relación con la superficie epitelial de la pared blanda de la bolsa (Mombelli, 2000). Esta última contiene predominantemente espiroquetas y especies gram negativas como la *P. gingivalis*. Esta bacteria es reconocida como el mayor agente causal en el desarrollo y progreso de dicha enfermedad periodontal; así como un patógeno oral oportunista, ya que su habilidad para proliferar y diseminarse en el biofilm subgingival es la parte central de su virulencia. Se describe a la *P. gingivalis*, como un bacilo gram negativo anaerobio, asacarolítico, ampliamente reconocido como un factor predominante en la periodontitis en humanos.

En 1992 Socransky estableció los distintos complejos bacterianos, siendo así que las Porphyromonas gingivalis prevalecen en el complejo rojo, el cual está muy asociado a la placa subgingival, junto con *Tannerella forsythia* y *Treponema denticola*, asociadas con la enfermedad periodontal.

- ***Streptococcus mutans***

Los *Streptococcus* comprenden un grupo muy diverso de bacterias gram-positivas, que van de un rango patógeno, hasta de iniciación que podría verse envuelto en infecciones oportunistas. En la Cavidad Oral *Streptococcus* constituyen aproximadamente un 60% del biofilm inicial de la microflora sobre la superficie de los dientes.

El *S. mutans*, pertenece al complejo Amarillo, siendo un coco gram positivo anaerobio facultativo, acidófilo, ya que vive en un medio con PH bajo. Esta especie fue descrita por Clark en 1924 a partir de la caries de la dentina, su primer hábitat es la superficie dentaria del hombre, pero también se puede identificar en las fauces. Su presencia en la biopelícula dental se ve muy favorecida por el alto nivel de sacarosa de la dieta (Negroni M, 2009).

- ***Fusobacterium nucleatum***

F. nucleatum, en conjunto con *P. gingivalis*, *Prevotella intermedia* y espiroquetas orales son anaerobios estrictos que son abundantes en la placa subgingival, existen ahí debido a que están protegidos de los metabolitos del oxígeno por otros microorganismos de la placa que desintoxican o consumen el oxígeno. (Khan, 2010).

4.2 Propiedades ideales de un adhesivo

Las bandas de ortodoncia están sujetas a múltiples fuerzas dando como resultado una distribución compleja de estrés en el adhesivo y la unión entre la banda y el esmalte (Durning et al, 1994; Millet et al, 1992).

Idealmente la dureza del adhesivo debería ser:

- Suficientemente fuerte para mantener la banda en el diente por un largo periodo de tiempo.
- No tan fuerte para evitar daño en la superficie dental al momento de retirar la banda.
- Fácil de usar clínicamente
- Protectora, contra caries dental.
- Costo razonable.

El cemento de Fosfato de zinc, silicofosfato de zinc, y polycarboxilato de zinc, fueron usados para el cementado de bandas a inicios de 1990 (Gottlieb et al, 1996).

Algunos de estos cementos siguen siendo utilizados en pequeñas proporciones para el cementado de bandas, sin embargo, la mayoría de los ortodoncistas hoy en día usan el ionómero de vidrio para el mismo propósito (Keim et al, 2002).

Este cemento es clasificado de la siguiente manera: (McCabe 1998).

1. Cemento de ionómero de vidrio suministrado como polvo/líquido ácido, o polvo/agua.

2. Resina compuesta modificada con poliácido (compómero) que son compuestos de matriz de resina, similares a los materiales de relleno "blanco" y tienen algunas partículas de relleno de ionómero de vidrio.

3. Cemento de ionómero de vidrio modificado con resina que son híbridos de sus grupos matriz de ionómero de vidrio y matriz de resina.

Los ionómeros de vidrio modificados con resina a menudo tienen un mecanismo de fraguado de curado triple: una reacción ácido-base, una reacción de polimerización fotopolimerizable y una reacción de polimerización autopolimerizable.

Con la cantidad de adhesivos disponibles para aplicar bandas a los dientes, es importante comprender qué grupo se une de manera más confiable, así como reducir o prevenir la caries dental y otras lesiones durante el período de tratamiento (Millett, et al, 2016).

4.3 Nano Tecnología

En 1974, la Universidad de Ciencia de Norio Taniguchi en Tokio, describió a la nanotecnología como el procesamiento de la separación y consolidación de los materiales por un átomo o molécula. (Mritunjai 2008).

La nanotecnología se clasifica en 3 tipos, las cuales son dependientes una de la otra (Mritunjai 2008):

- Nanotecnología húmeda: Estudio de los sistemas biológicos que existen principalmente en el ambiente del agua, siendo aquí el material genético, las membranas, enzimas y otros componentes celulares el material de interés.

- Nanotecnología seca: Estudio de las superficies químicas y físicas. Esta se centra en la fabricación de estructuras como el carbono, silicio, y otros materiales inorgánicos, así como el uso de metales y semiconductores.

- Nanotecnología computacional: Ésta permite el modelado y la simulación de complejas estructuras de escala nanométrica.

La nanotecnología se ha aplicado en la odontología como un concepto innovador para el desarrollo de materiales con mejores propiedades y potencial anticaries. Dichos materiales tienen el potencial de disminuir la acumulación de biopelícula e inhibir el proceso de desmineralización y caries (Melo et al, 2013).

4.4 Nano partículas de Plata

Desde hace ya años se sabe sobre las propiedades de la plata y de sus características antimicrobianas, del uso que tiene en la medicina con una respuesta positiva en los tejidos debido a su baja toxicidad, que es más tóxico que muchos otros metales contra un amplio espectro de bacterias sésiles gram positivas y gram negativas, protozoarios, virus y hongos (Ki-Young, 2011; Samuel U. et al, 2004; Douglas R. 2009).

Los iones de plata (Ag) resultan tener un amplio efecto antimicrobiano y se han utilizado durante años, en la medicina (Chopra, 2007). Además de ser un potente antimicrobiano, cuenta con baja toxicidad y biocompatibilidad con células de los humanos. Su actividad antibacteriana puede permanecer durante un largo plazo, debido a la liberación de iones y su baja resistencia bacteriana (Percival et al, 2005).

Las nano partículas de plata han sido utilizadas en el ámbito médico, por ejemplo, en suturas de heridas tubos endotraqueales, instrumentos quirúrgicos y prótesis óseas (Zhang et al, 2007).

Recientemente se han aplicado en diferentes áreas de la odontología, como la endodoncia las prótesis dentales, la implantología y la odontología restauradora (Samiei et al, 2013). Se han realizado ya numerosos estudios para evaluar las propiedades

antimicrobianas y mecánicas de varias nano partículas incorporadas en adhesivos de ortodoncia (Poosti et al, 2013).

La incorporación de nano partículas de plata tiene como objetivo evitar o disminuir la colonización microbiana sobre diferentes materiales dentales, mejorando la salud oral y la calidad de vida (Cheng et al, 2012).

Los iones de plata interactúan con la pared celular causando cambios estructurales, se ha encontrado un aumento de la permeabilidad de la membrana y, hasta muerte celular. También podrían interactuar con los grupos sulfhidrilo expuestos en proteínas bacterianas, evitando la replicación del ADN (Seth et al, 2011).

Morones y colaboradores en su estudio observaron el comportamiento antimicrobiano de las nanoparticulas de plata evaluandolas a distintos tamaños de un rango de 1 a 100 nanómetros en bacterias gram negativas, concluyendo que la capacidad antimicrobianas dependiente del tamaño; y que las únicas nanopartículas que presentan una interacción directa con las bacterias preferentemente tienen un diámetro de 1-10 nm, es decir las mas pequeñas (Morones et al, 2005).

Algunos autores informaron que el tamaño de las nano partículas de plata va de 2 a 5 nm. (Cheng et al, 2012). Este tamaño permite la penetración en los túbulos dentinarios, lo que representa la posibilidad de inactivar las bacterias residuales formadas en la dentina (Melo et al, 2013).

Se han puesto en el mercado diferentes compuestos de resina dental con nano partículas. Unas de las ventajas de los materiales nano compuestos es que tienen propiedades ópticas, son de fácil manejo y fácil de pulir. Pueden disminuir la rugosidad de la superficie de algunos adhesivos en ortodoncia, que es uno de los principales factores en la adhesión bacteriana (Gajbhiye et al, 2009).

Se ha encontrado que las nano partículas de plata producen un efecto antimicrobiano contra *S. mutans* con concentraciones más bajas que otros agentes, como el oro o el zn. Esto permite importantes efectos clínicos resultando con muy baja toxicidad (Hernández-Sierra et al, 2008).

La incorporación de las nano partículas de plata a un adhesivo, no tiene efecto en la citotoxicidad con respecto a la viabilidad de fibroblastos gingivales humanos (Zhang et al, 2013).

Resultados demuestran que las nano partículas de plata producen una actividad antibacteriana incorporadas en el cemento adhesivo y puede prolongarse hasta 4 meses (Moreira et al, 2015). Pueden conducir a la formación de huecos, debilitando la matriz polimérica. Recientemente se informó un método simple para promover la dispersión de nano partículas de plata con una solución acuosa (Blöcher et al, 2015).

Aunque el agregar agua a la resina no polimerizada puede afectar a la formación de la reticulación, facilita que las nano partículas de plata se puedan dispersar y mejorar su efecto antimicrobiano (Ahn et al, 2009).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Diseño del estudio

La presente investigación corresponde a un estudio

- Prospectivo
- Longitudinal
- Comparativo
- Experimental
- Abierto

5.2 Universo de Estudio

Cemento de ionómero de vidrio, Ketac 3M

5.3 Tamaño de la muestra

- 6 molares humanos extraídos superiores e inferiores.
- 6 bandas de ortodoncia

5.4 Criterios de selección

5.4.1 Criterios de inclusión

- Molares superiores e inferiores extraídos.
- Bandas
- Ionómero de vidrio
- Clorhexidina

5.4.2 Criterios de exclusión

- Otras piezas

5.4.3 Criterios de eliminación

- Dientes fracturados, bandas rotas, otra marca de ionómero de vidrio

5.5 Descripción del procedimiento:

Se mezclaron las nanopartículas de plata con ionómero para bandas de ortodoncia, después se realizaron pequeñas muestras del ionómero con plata para ponerlas en cajas de Petri con *S. mutans*, *P. gingivalis* y *F. nucleatum*, y así observar a las 24 horas los halos de inhibición que resultaban y *P. gingivalis* a los 7 días. Se utilizó ionómero sin nanopartículas de plata como control. Para medir dicha inhibición se utilizó un vernier.

También se utilizaron muestras de papel, con nano partículas de plata y utilizando como control clorhexidina y para observar los halos de inhibición.

Se realizaron medios de cultivo deshidratado de Agar de soya tripticaseína. Unidiscos de papel fueron impregnados con 10 microlitros de nanopartículas de plata al 52.86 mg/ml (presentación gel y líquido) y como grupo control se colocó clorhexidina al .12% marca Perioxidín para observar los halos de inhibición. Estos unidiscos una vez impregnados se colocaron en las cajas Petri con medio de tripticaseína de soya, y se incubaron bajo las condiciones fisiológicas del microorganismo, *S. mutans*, *F. Nucleatum (facultativos)* y *P. gingivales* (anaerobiosis) utilizando las atmósferas recomendadas para cada microorganismo durante 7 días (Fig. 1) y posteriormente medir dicha inhibición con el uso de un vernier (Fig. 2).



Figura 1. Halos de inhibición terminado el periodo de incubación



Figura. 2 Medición de halos de inhibición con un vernier

Después se mezcló ionómero de vidrio para bandas de ortodoncia marca KETAC 3M con nano partículas de plata al 50% (Fig. 3), para posteriormente en otro medio de cultivo colocar 5 pequeñas muestras y una más como control solamente con el ionómero de vidrio (sin nano partículas de plata). Se realizaron 3 pruebas con 3 bacterias diferentes, *S. mutans*, *P. gingivalis*, y *F. nucleatum*, para comparar el efecto en cada una de las bacterias (Fig. 4). Se incubaron bajo las condiciones fisiológicas de los microorganismos, *S. mutans*, *F. Nucleatum* (*facultativos*) y *P. gingivales* (*anaerobiosis*) utilizando las atmósferas recomendadas para cada microorganismo y así medir los halos de inhibición con un vernier. A los 2 días de incubación se midieron los halos de inhibición de *S. Mutans* y *F. Nucleatum*; *P. gingivalis* a los 7 días (Fig. 5).

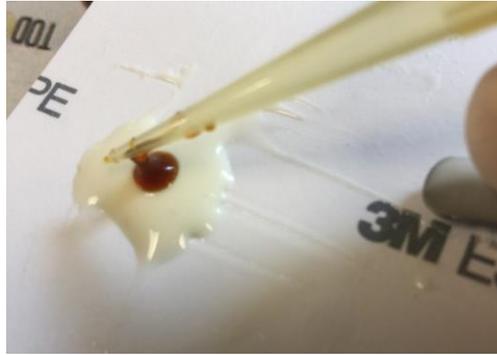


Figura 3. Preparación de ionómero de vidrio con nanopartículas de plata.



Figura 4. Medio de cultivo, 5 muestras de ionómero de vidrio con nanopartículas de plata y 1 muestra control (sin nanopartículas de plata).



Figura. 5 Medición de halos de inhibición con un vernier

Para poder observar la inhibición que tenía el mezclar nanopartículas de plata con ionómero, se realizaron 6 muestras (2 para cada medio de cultivo) de molares humanos extraídos en cubos de acrílico. Procedimos a cementar las bandas de ortodoncia con ionómero de vidrio KETAC 3M mezclado con nanopartículas de plata a una concentración de 52.86 mg/ml. (Fig. 6).



Figura 6. Cementado de bandas con ionómero de vidrio y nanopartículas de plata.

Una vez cementadas las bandas, se colocan 2 molares en cada medio de cultivo: *S. mutans*, *P. gingivalis*, y *F. nucleatum*, fueron incubados durante un periodo de tiempo de 7 días *P. gingivalis* y 2 días *F. nucleatum* y *S. mutans* (Fig. 7).



Figura 7. Incubación de medios de cultivo con los molares.

Posteriormente se retiraron las bandas a los dos días (Fig. 8), se tomó una muestra de ionómero con una cucharilla de dentina estéril de cada banda para colocarlas en los tubo tipo eppendorff (Fig. 9) y dejarlos un día mas en la incubadora.

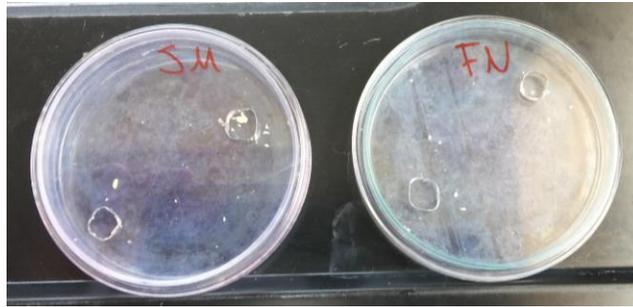


Figura 8. Bandas descementadas una vez terminado el periodo de incubación.



Figura 9. Toma de muestra de ionómero para posterior incubación

Después se procedió a realizar una lectura del triplicado (Fig. 10) en el espectrómetro BioRad modelo Smartpec plus de cada una de las muestras de las 3 diferentes bacterias (Fig. 11).



Figura 10. Toma de muestra del triplicado



Figura 11. Lectura en espectrómetro Biorad de cada bacteria

Se lavaron los dientes y se les retiró cualquier resto de ionómero para poder volver a cementar bandas de ortodoncia con ionómero de vidrio marca KETAC 3M pero ésta vez sin las nano partículas de plata, realizando el mismo procedimiento para cada bacteria, esto con el fin de comparar las diferencias que había colocando el ionómero con nanopartículas y el ionómero sin nanopartículas.

5.6 Análisis Estadístico

Se utilizó la prueba de T de Student y ANOVA para las variables utilizando Excel, y el programa estadístico SPS versión 23.

5.7 Consideraciones Éticas

"Todos los procedimientos estarán de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento de la ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud.

- Título segundo, capítulo I, Artículo 17, Sección II, investigación con riesgo mínimo.

Debido a que el siguiente trabajo no se requirió mas que consentimiento para adquirir las piezas dentales, ya que el resto del trabajo fue realizado de manera in vitro.

6. RESULTADOS

6.1 Evaluación de halos de inhibición en unidiscos con nanopartículas de plata

Los resultados observados en los halos de inhibición comparados con clorhexidina se observa lo siguiente:

Las nanopartículas de plata en gel y líquido probadas en los unidiscos se comportaron de manera muy similar en *S. mutans* y *F. nucleatum*. Con una $P < .000$, lo cual muestra que son resultados altamente significativos con ambas bacterias. Sin embargo el comportamiento de *P. gingivalis* resulto en nanopartículas de plata en líquido ($P < .000$), y en gel ($P < 1.000$) (Tabla 1).

Multiple Comparisons							
Dunnett t (2-sided) _a							
Dependent Variable			Mean	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
			Difference (I-J)			Lower Bound	Upper Bound
S. mutans	Nanopartículas en gel	CHX (control)	-1.3000*	0.1633	0.000	-1.706	-0.894
	Nanopartículas en líquido	CHX (control)	-2.2333*	0.1817	0.000	-2.685	-1.782
F. nucleatum	Nanopartículas en gel	CHX (control)	-1.9500*	0.1323	0.000	-2.288	-1.612
	Nanopartículas en líquido	CHX (control)	-2.3000*	0.1456	0.000	-2.672	-1.928
P. gingivalis	Nanopartículas en gel	CHX (control)	0.0000	0.2494	1.000	-0.647	0.647
	Nanopartículas en líquido	CHX (control)	-1.8667*	0.2494	0.000	-2.514	-1.219

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

a. Dunnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

Tabla 1. Promedios de los halos de inhibición de las diferentes bacterias con los 3 experimentos

De igual manera utilizando la prueba de ANOVA se pudo observar las 3 bacterias comparando las nanopartículas de plata en líquido y en gel, los resultados comparados con clorhexidina son altamente significativos. Donde podemos observar mejor respuesta antimicrobiana utilizando las nanopartículas en gel que en líquido (Tabla 2, Fig. 12-14).

		Descriptives								
		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Mean		Minimum	Maximum	
						Lower Bound	Upper Bound			
S. mutans	Nanopartículas en gel	4	1.900	0.4619	0.2309	1.165	2.635	1.5	2.3	
	Nanopartículas en líquido	3	0.967	0.4619	0.2667	-0.181	2.114	0.7	1.5	
	CHX (control)	10	3.200	0.0000	0.0000	3.200	3.200	3.2	3.2	
	Total	17	2.500	0.9507	0.2306	2.011	2.989	0.7	3.2	
F. nucleatum	Nanopartículas en gel	4	0.950	0.4041	0.2021	0.307	1.593	0.6	1.3	
	Nanopartículas en líquido	3	0.600	0.0000	0.0000	0.600	0.600	0.6	0.6	
	CHX (control)	7	2.900	0.0000	0.0000	2.900	2.900	2.9	2.9	
	Total	14	1.850	1.1141	0.2977	1.207	2.493	0.6	2.9	
P. gingivalis	Nanopartículas en gel	3	2.500	0.7000	0.4041	0.761	4.239	1.8	3.2	
	Nanopartículas en líquido	3	0.633	0.4041	0.2333	-0.371	1.637	0.4	1.1	
	CHX (control)	7	2.500	0.0000	0.0000	2.500	2.500	2.5	2.5	
	Total	13	2.069	0.8826	0.2448	1.536	2.603	0.4	3.2	

Taba 2. Comparación de promedios de los halos de inhibición de las 3 bacterias con nanopartículas en gel y en líquido.

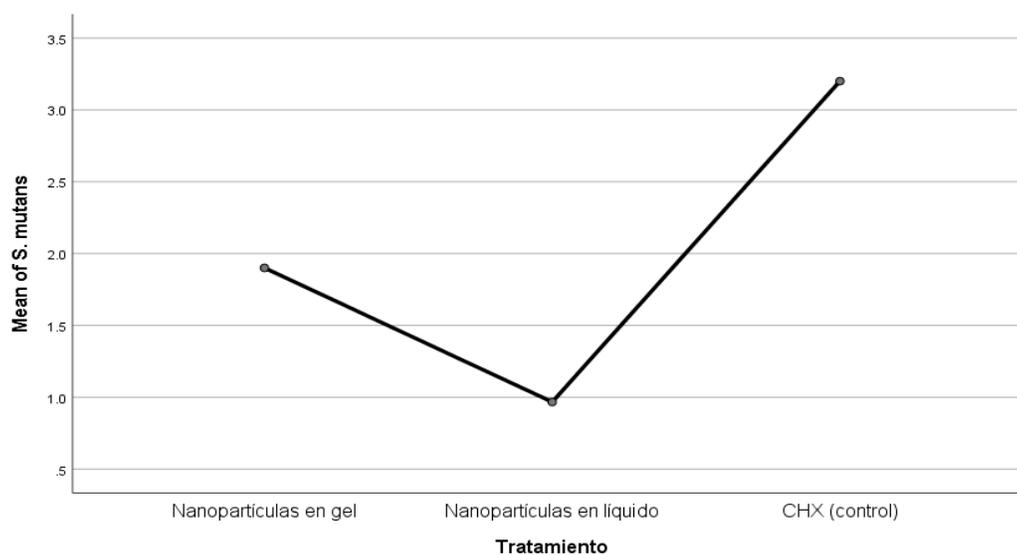


Figura 12. Comportamiento de halos de inhibición en *S. mutans*.

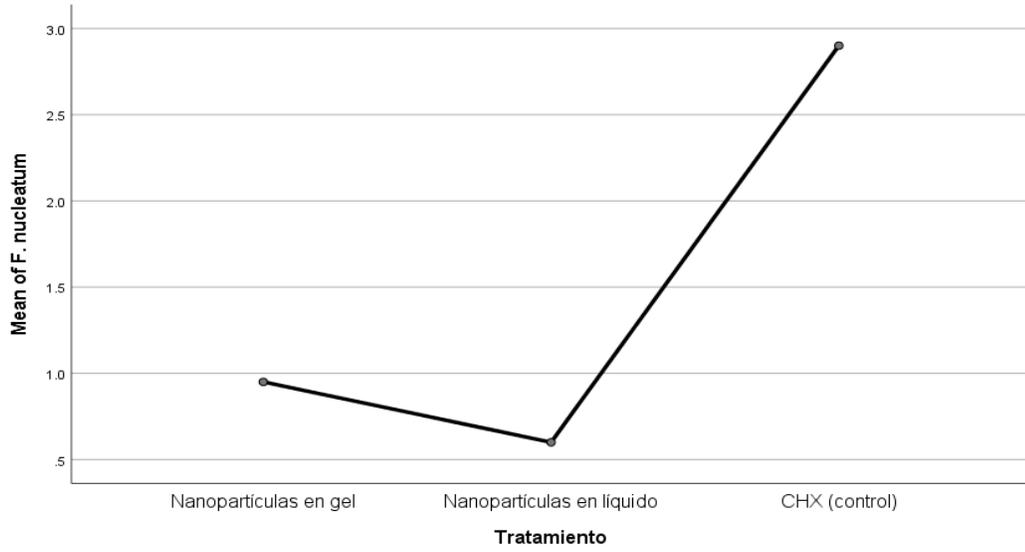


Figura 13. Comportamiento de los halos de inhibición en *F nucleatum*.

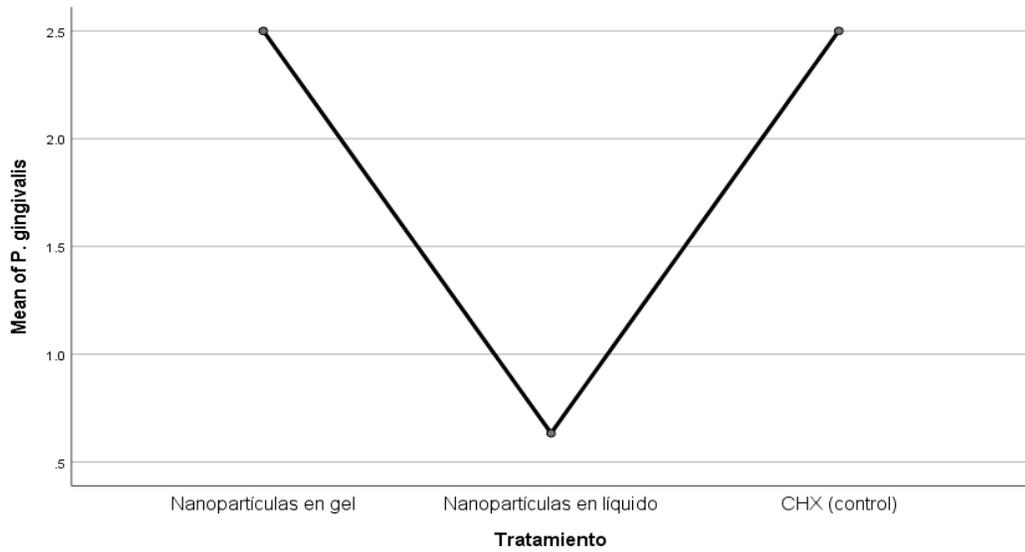
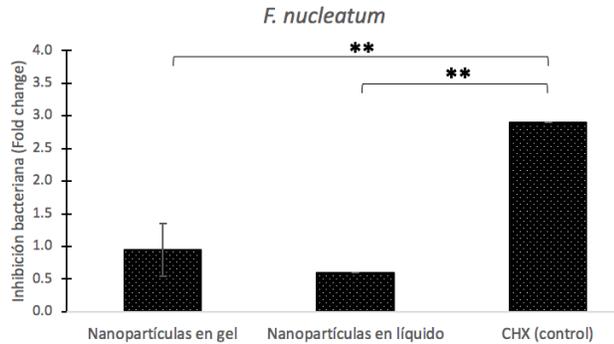


Figura 14. Comportamiento de los halos inhibición en *P gingivalis*.

6.2 Evaluación de halos de inhibición en ionómero con nanopartículas de plata

Se muestran promedios de halos de inhibición de las AgNp incorporado al ionómero de vidrio en las 3 bacterias comparando ionómero solo, y clorhexidina. Donde los resultados son altamente estadísticamente significativos, dando como resultado que de igual manera las AgNp en líquido tuvieron resultados mas favorables.

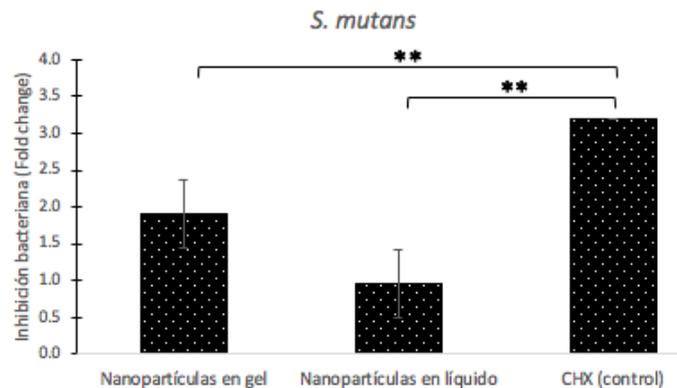
F. nucleatum			
Tratamiento	Halo inhibición (mm)	Solo ionómero (control)	Fold change (halo / ionómero)-1
Nanopartículas en gel	3	1.28	1.3
	2	1.28	0.6
	2	1.28	0.6
	3	1.28	1.3
Nanopartículas en líquido	2	1.28	0.6
	2	1.28	0.6
	2	1.28	0.6
	5	1.28	2.9
Solo ionómero	5	1.28	2.9
	5	1.28	2.9
	5	1.28	2.9
	5	1.28	2.9
	5	1.28	2.9
	5	1.28	2.9
	5	1.28	2.9
	5	1.28	2.9



	Promedio	Desv. Est.
Nanopartículas en gel	0.950	0.404
Nanopartículas en líquido	0.600	0.000
CHX (control)	2.900	0.000

Figura 15. Anotación promedio halos de inhibición de AgNp en ionómero de vidrio inoculadas con *F. nucleatum*.

S. mutans			
Tratamiento	Halo inhibición (mm)	Solo ionómero (control)	Fold change (halo / ionómero)-1
Nanopartículas en gel	4	1.2	2.3
	3	1.2	1.5
	3	1.2	1.5
	4	1.2	2.3
Nanopartículas en líquido	3	1.2	1.5
	2	1.2	0.7
	2	1.2	0.7
	5	1.2	3.2
CHX (control)	5	1.2	3.2
	5	1.2	3.2
	5	1.2	3.2
	5	1.2	3.2
	5	1.2	3.2
	5	1.2	3.2
	5	1.2	3.2
	5	1.2	3.2



	Promedio	Desv. Est.
Nanopartículas en gel	1.900	0.462
Nanopartículas en líquido	0.967	0.462
CHX (control)	3.200	0.000

Figura 16. Anotación promedio halos de inhibición de AgNp en ionómero de vidrio inoculadas con *S. mutans*.

<i>P. gingivalis</i>			
Tratamiento	Halo inhibición (mm)	Solo ionómero (control)	Fold change (halo / ionómero)-1
Nanopartículas en gel	5	1.43	2.5
	6	1.43	3.2
Nanopartículas en líquido	4	1.43	1.8
	3	1.43	1.1
	2	1.43	0.4
Solo ionómero	2	1.43	0.4
	5	1.43	2.5
	5	1.43	2.5
	5	1.43	2.5
	5	1.43	2.5
	5	1.43	2.5
	5	1.43	2.5
		Promedio	Desv. Est.
Nanopartículas en gel		2.500	0.700
Nanopartículas en líquido		0.633	0.404
CHX (control)		2.500	0.000

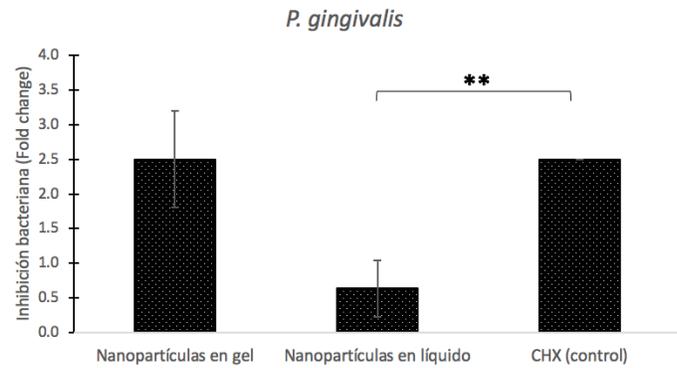


Figura 17. Anotación promedio halos de inhibición de AgNp en ionómero de vidrio inoculadas con *P. gingivalis*.

6.3 Evaluación de la absorbancia de las nanopartículas de plata incorporado al ionómero de vidrio cementado en las bandas de ortodoncia

De acuerdo con las lecturas de la absorbancia de las nano partículas se pudo apreciar que el comportamiento de las AgNp comparado con los controles (ionómero de vidrio sin nanopartículas) tuvieron una diferencia estadísticamente significativa, con las 3 bacterias a 600nm de densidad óptica (Tabla 3, Fig. 18).

S. mutans con nanopartículas tiene un valor $P < .0000$, mismo resultado fue observado con *F. nucleatum* $P < .0000$, y *P. gingivalis* $P < .0001$ (Tabla 4-6).

Bacterias	Tratamiento	Media	D.E.	N	Prueba t Student	
					t	Valor p
S. mutans	Nanopartículas en gel	0.562	0.059	3	-22.126	0.000202**
	Sin nanopartículas	4.000	0.283	2		
F. nucleatum	Nanopartículas en gel	1.189	0.318	4	-9.454	0.000079**
	Sin nanopartículas	3.684	0.422	4		
P. gingivalis	Nanopartículas en gel	0.069	0.024	2	-7.843	0.000540**
	Sin nanopartículas	3.440	0.574	5		

* Existen diferencias significativas entre los 2 tratamientos ($\alpha \geq 0.05$).

** Existen diferencias altamente significativas entre los 2 tratamientos ($\alpha \geq 0.01$).

Tabla 3. Promedio de los valores de absorbancia del ionómero mezclado con AgNp, cementado en las bandas de ortodoncia, en las 3 bacterias.

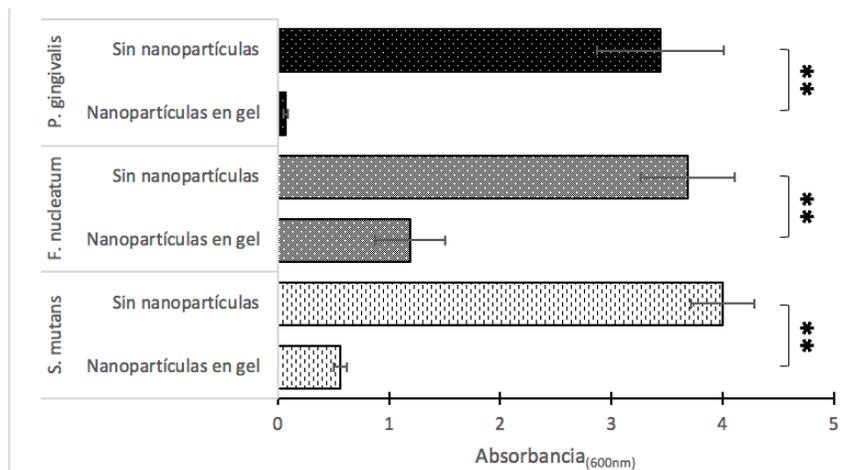


Figura 18. Promedio de los valores de absorbancia del ionómero mezclado con AgNp, cementado en las bandas de ortodoncia, en las 3 bacterias.

S. mutans		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		Mean Difference	Std. Error Difference	Difference		
		F	Sig.	t	df			Sig. (2-tailed)	Lower	Upper
Absorbancia (600nm)	Equal variances assumed	93.535	0.002	-22.126	3	0.000	-3.438000	0.155379	-3.932487	-2.943513
	Equal variances not assumed			-16.948	1.058	0.032	-3.438000	0.202860	-5.704481	-1.171519

Tabla 4. Comparación del promedio de los valores de absorbancia del ionómero mezclado con AgNp, cementado en las bandas de ortodoncia, y cultivados con *S. mutans*.

F. nucleatum		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Difference	
		F	Sig.	t	df				Lower	Upper
Absorbancia (600nm)	Equal variances assumed	0.409	0.546	-9.454	6	0.000	-2.495250	0.263936	-3.141078	-1.849422
	Equal variances not assumed			-9.454	5.574	0.000	-2.495250	0.263936	-3.153223	-1.837277

Tabla 5. Comparación del promedio de los valores de absorbancia del ionómero mezclado con AgNp, cementado en las bandas de ortodoncia, y cultivados con *F nucleatum*.

P. gingivalis		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Difference	
		F	Sig.	t	df				Lower	Upper
Absorbancia (600nm)	Equal variances assumed	4.175	0.096	-7.843	5	0.001	-3.371400	0.429886	-4.476457	-2.266343
	Equal variances not assumed			-13.097	4.035	0.000	-3.371400	0.257412	-4.083664	-2.659136

Tabla 6. Comparación del promedio de los valores de absorbancia del ionómero mezclado con AgNp, cementado en las bandas de ortodoncia, y cultivados con *P gingivalis*.

7. DISCUSIÓN

En el 2017, Alma E. Hernández-Gómora y col. publicaron un estudio donde se evalúa las propiedades mecánicas y antibacteriales de los módulos elastoméricos con nanopartículas de plata contra *Streptococcus mutans*, *Lactobacillus casei*, *Staphylococcus aureus* *Escherichia coli*. AgNPs demostró halos de inhibición a comparación del grupo control con módulos elastoméricos solos. Estos resultados sugieren el potencial de dicho material en combatir el biofilm y disminuir la incidencia de desmineralización.

Sug-Joon Ahn realizó un estudio en el 2009, donde compara la adhesión bacteriana en 3 grupos (1 experimental y 2 control): 1. composite conteniendo nanopartículas de plata (ECA), 2. composite, 3. ionómero de vidrio modificado con resina. La actividad bacteriana fue analizada mediante un ensayo de adhesión bacteriana, una prueba de difusión en disco y una medición de la densidad óptica de la suspensión bacteriana que contiene cada adhesivo. El grupo ECA tuvo menos adhesión bacteriana comparado con los otros dos grupos; la suspensión bacteriana demostró crecimiento bacteriano más lento en el grupo experimental que en los control. Dicho estudio sugiere que ECA puede ayudar a prevenir la desmineralización alrededor de las superficies sin comprometer las propiedades físicas.

Sarai Carmina Guadarrama Reyes, en el 2013 realizó un análisis microbiológico mediante el aislamiento y cultivo de las cepas *S. mutans* y *L. casei*, depositándose en cajas de Petri diferentes concentraciones de Ag-Np sintetizadas por Hi, Ag-Np sintetizadas por Cs versus CHX, y se evaluó su efecto antibacteriano mediante el análisis de los halos de inhibición. Las mayores zonas de inhibición fueron obtenidas a una dosis de 20µl de Ag-Np sintetizadas por Hi, en comparación con CHX, siendo estadísticamente significativas ($p < 0.05$) para ambas cepas.

En el 2016, Sodagar y colaboradores evaluaron las propiedades antimicrobianas un adhesivo convencional (Transbond XT) con 3 diferentes concentraciones de nanopartículas de plata (1%, 5% y 10%) contra *Streptococcus mutans*, *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus sanguinis* usando 3 pruebas distintas: Prueba de difusión en disco de agar, prueba de inhibición de biofilm y la actividad microbiana. El composite con 5% y 10% de nanopartículas tiene mayor efecto de inhibición para cualquier tipo de bacterias. En todos los grupos se reduce significativamente el crecimiento de bacterias a comparación del grupo control (0%). La actividad antimicrobiana fue diversa basada en el tipo de bacterias y la concentración de nanopartículas. Se concluye que el Transbond XT con nanopartículas a una concentración del 5% y 10% produce zonas de inhibición bacteriana y muestra las propiedades antimicrobianas contra el biofilm.

En un artículo de L. Paiva del 2017, cuyo objetivo fue desarrollar fórmulas de poliácido mediante la fotoreducción de las nanopartículas de plata en cemento de ionómero de vidrio convencional para así evaluar las propiedades mecánicas y de manejo del ionómero experimental y uno convencional. Con la concentración a .50% de plata se permitió un fraguado viable y aumento la resistencia 32% a la compresión del cemento experimental. Todos los grupos con AgNP indujeron inhibición de crecimiento de *E. Coli* estadísticamente significativas.

8. CONCLUSIÓN

Las nanopartículas de plata si se pueden incorporar al ionómero de vidrio tanto en liquido como en gel, sin alterar las propiedades de adhesión. Estas pueden ser utilizadas como un aditivo antimicrobiano que favorece sus propiedades antimicrobianas que evita la colonización de bacterias periodontales y cariogénicas.

Los resultados obtenidos en esta tesis reflejan que tiene un mejor efecto antimicrobiano las nanopartículas de plata en comparación con la clorhexidina en proporción.

En base a los antecedentes, la nanopartícula de plata no muestra peligro para los tejidos blandos, ni irritación a las células. Hasta el momento no se conocen resultados adversos a la salud, utilizando las nanopartículas de plata en materiales dentales.

Las AgNp en presentación líquido, resultaron tener mejores resultados en las bacterias orales usadas en esta tesis, pero de igual manera en la presentación de gel pudiera usarse con buenos resultados. La incorporación de nanopartículas de plata al ionómero de vidrio usado para bandas de ortodoncia aparentemente da una mejor consistencia para su mezclado.

9. PERSPECTIVAS

- Probar la adherencia y las fuerzas biomecánicas de las nanopartículas de plata incorporadas en ionómero de vidrio para uso en ortodoncia.
- Utilizar las nanopartículas de plata mezclada en otros materiales dentales no fotosensibles, ya que la plata pierde sus propiedades cuando se expone a diferentes espectros de luz.
- Analizar las diferencias en cuanto la actividad bactericida para resolver el comportamiento a nivel de pared o membrana.
- Comparar las diferentes concentraciones que se pueden llegar a utilizar las nanopartículas de plata.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ahn SJ, Lee SJ, Kook JK, Lim BS. Experimental antimicrobial Dent Mater. 2009;25(2):206-13.

Blöcher S, Frankenberger R, Hellak A, Schauseil M, Roggendorf MJ, Korbmacher-Steiner HM. Effect on enamel shear bond strength of adding microsilver and nanosilver particles to the primer of an orthodontic adhesive. BMC Oral Health. 2015;15:42.

Cheng L, Weir MD, Xu HHK et al. Antibacterial amorphous calcium phosphate nanocomposites with a quaternary ammonium dimethacrylate and silver nanoparticles. Dental Materials. 2012;28(5):561–572.

Cheng L, Zhang K, M. Melo MAS, Weir MD, Zhou X, Xu HHK. Anti-biofilm dentin primer with quaternary ammonium and silver nanoparticles. Journal of Dental Research 2012;91(6):598–604.

Chopra I. The increasing use of silver-based products as antimicrobial agents: a useful development or a cause for concern?" Journal of Antimicrobial Chemotherapy. 2007;59(4):587–590.

Cohen WJ, Wiltshire WA, Dawes C, Lavelle CLB. Long-term in vitro fluoride release and rerelease from orthodontic bonding materials containing fluoride. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2003;124(5):571-6.

Douglas MR, Takamiya AS, Ruvollo-Filho AC, de Camargo ER, Barbosa DB. The growing importance of materials that prevent microbial adhesion: antimicrobial effect of medical devices containing silver. Int J Antimicrob Agents. 2009;34(2):103-107.

Gajbhiye M, Kesharwani J, Ingle A, Gade A, Rai M. Fungus-mediated synthesis of silver nanoparticles and their activity against. 2009;5(4):382-6.

Gottlieb EL, Nelson AH, Vogels DS. A study of orthodontic diagnosis and treatment procedures. Part 1. Results and trends. *Journal of Clinical Orthodontics* 1996;30(11):615–29.

Guadarrama-Reyes Sarai. Efecto antibacteriano de las nanopartículas de plata versus clorhexidina sobre streptococcus mutans y lactobacillus casei. México. 2013.

Hernández-Gómora AE, Lara-Carrillo E., Robles-Navarro J, Scougall-Vilchis R, Hernández-López S, Medina-Solís CE, Morales-Luckie RA. Biosynthesis of Silver Nanoparticles on Orthodontic Elastomeric Modules: Evaluation of Mechanical and Antibacterial Properties. *Molecules* 2017, 22, 1407.

Hernández-Sierra JF, Ruiz F, Pena DC, Martínez-Gutiérrez F, Martínez AE, Guillén AJ, et al. The antimicrobial sensitivity of *Streptococcus mutans* to nanoparticles of silver, zinc oxide, and gold. *Nanomedicine*. 2008;4(3):237-40.

Karthikeyan Subramani, BDS, MS Ronald E Jung DMD. Biofilm on Dental implants a review of the literature. 2009;24(4).

Keim RG, Gottlieb EL, Nelson AH, Vogels DS. A study of orthodontic diagnosis and treatment procedures. Part 2. Breakdowns of selected variables. *Journal of Clinical Orthodontics* 2002;36(11):627–36.

Khan Rahamathulla Antony V. A Randomized Clinical Trial Evaluating the Efficacy of Chlorhexidine Varnish on *Streptococcus mutans* in Plaque and the Gingival Status in Patients Undergoing Orthodontic Treatment. *The Orthodontic Cyber Journal*. 2010:2- 14.

Ki-Young Nam. In vitro antimicrobial effect of the tissue conditioner containing silver nanoparticles. *J Adv Prosthodont*. 20113(1): 20–24.

Lucchese A, Gherlone E. Prevalence of white-spot lesions before and during orthodontic treatment with fixed appliances. *Eur J Orthod*. 2013;35(5):664-8.

McCabe JF. Resin-modified glass ionomers. *Biomaterials*. 1998;19:521–7.

Melo M, Guedes S, Xu HHK, Rodrigues LKA. Nanotechnology-based restorative materials for dental caries management. 2013;31(8):459-67.

Melo MAS, Cheng L, Weir MD, Hsia RC, Rodrigues LKA, Xu HHK. Novel dental adhesive containing antibacterial agents and calcium phosphate nanoparticles. *Journal of Biomedical Materials Research, Part B: Applied Bio- materials*. 2013;101(4):620–629.

Millett DT, Glennly AM, Mattick RCR, Hickman J, Mandall NA. Adhesives for fixed orthodontic bands. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2016:10.

Millett DT, Gordon PH. Performance of first molar bands cemented with glass ionomer cement. *British Journal of Orthodontics* 1992;19:215–20.

Mombelli A. Microbiology and antimicrobial therapy of peri- implantitis. *Journal of Periodontology*. 2002;28:177-189.

Moreira DM, Oei J, Rawls HR, Wagner J, Chu L, Li Y, et al. A novel antimicrobial orthodontic band cement with in situ-generated silver nanoparticles. *Angle Orthod*. 2015;85(2):175-83.

Morones JR, Elechiguerra JL, Camacho A, Holt K, Kouri JB, Ramírez JT, et al. The bactericidal effect of silver nanoparticles. *Nanotechnology*. 2005;16(10):2346-53.

Mritunjai Singh, Shinjini Singh S, Prasad I. S. Gambhir. Nanotechnology in medicine and antibacterial effect of silver nanoparticles. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*. 2008;3(3):115 -122.

Negróni M, Marcantoni Mabel. *Ecología de la cavidad Oral ;Microbiología Estomatológica fundamentos y guía practica*; Editorial panamericana. 2009;2(18):242-245.

P Durning, J F McCabe, P H Gordon. A laboratory investigation into cements used to retain orthodontic bands. *Br J Orthod*.1994;21(1):27-32.

Paiva L, Fidalgo TKS, da Costa LP, Maia LC, Balan L, Anselme K, Ploux L, Thiaré RMSM. Antibacterial properties and compressive strength of new one-step preparation silver nanoparticles in glass ionomer cements (NanoAg-GIC). *Journal of Dentistry*. 2017.

Pellegrini P, Sauerwein R, Finlayson T, McLeod J, Covell Jr DA, Maier T, Machida CA. Plaque retention by self-ligating vs elastomeric orthodontic brackets: quantitative comparison of oral bacteria and detection with adenosine triphosphate-driven bioluminescence. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009;135(4):426-427.

Percival SL, Bowler PG, Russell D. Bacterial resistance to silver in wound care. *Journal of Hospital Infection*. 2005;60(1):1-7.

Poosti M, Ramazanzadeh B, Zebarjad M, Javadzadeh P, Naderinasab M, Shakeri M. Shear bond strength and antibacterial effects of orthodontic composite containing TiO₂ nanoparticles. *European Journal of Orthodontics*. 2013;35(5):676-679.

Rakhshan H, Rakhshan V. Effects of the initial stage of active fixed orthodontic treatment and sex on dental plaque accumulation: A preliminary prospective cohort study. *The Saudi Journal for Dental Research*. 2015;6(2):86-90.

Samiei M, Aghazadeh M, Lotfi M, Shakoei S, Aghazadeh Z, Pakdel SMV. Antimicrobial efficacy of mineral triox- ide aggregate with and without silver nanoparticles. *Iranian Endodontic Journal*. 2013;8(4):166-170.

Samuel U, Guggenbichler JP. Prevention of catheter-related infections: the potential of a new nano-silver impregnated catheter. *Int J Antimicrob Agents*. 2004;1:75-8.

Seth D, Choudhury SR, Pradhan S et al. Nature-inspired novel drug design paradigm using nanosilver: efficacy on multi-drug-resistant clinical isolates of tuberculosis. *Current Microbiology*. 2011;62(3):715-726.

Sodagar A, Akhavan A, Hashemi E, Arab S, Pourhajibagher M, Sodagar K, Bahador M. Evaluation of the antibacterial activity of a conventional orthodontic composite containing silver/hydroxyapatite nanoparticles. *Progress in Orthodontics*. 2016;17:40.

Stirrups DR. A comparative clinical trial of a glass ionomer and a zinc phosphate cement for securing orthodontic bands. *British Journal of Orthodontics*. 1991;18(1):15–20.

Sug-Joon Ahn, Shin-Jae Lee, Joong-Ki Kook, Bum-Soon Lim. Experimental antimicrobial orthodontic adhesives using nanofillers and silver nanoparticles. *Dental materials* 25 (2009) 206–213.

Zhang K, Li F, Imazato S, Cheng L, Liu H, Arola DD, et al. Dual antibacterial agents of nano-silver and 12-methacryloyloxydodecylpyridinium bromide in dental adhesive to inhibit caries. *J Biomed Mat Res B App Biomater*. 2013;101(6):929-38.

Zhang Z, Yang M, Huang M, Hu Y, Xie Y. Study on germicidal efficacy and toxicity of compound disinfectant gel of nanometer silver and chlorhexidine acetate. *Chinese Journal of Health Laboratory Technology*. 2007; 17:1403–1406.

RESUMEN BIOGRÁFICO

C.D. Daniel Adame Montemayor

Candidato para el Grado de:
MAESTRÍA EN ORTODONCIA

Tesis: EFECTO ANTIMICROBIANO DE LAS NANO PARTÍCULAS DE PLATA EN IONÓMERO DE VIDRIO PARA EL CEMENTADO DE BANDAS DE ORTODONCIA

Campo de estudio: Ciencias de la salud.

Datos personales: Nacido en Monterrey, Nuevo León, México, el 19 de Junio de 1992.

Educación: Egresado de la Licenciatura de Cirujano Dentista en la Facultad de Odontología, de la Universidad Autónoma de Nuevo León.