



Benemérita Universidad Autónoma de San Luis Potosí



Facultad de Ingeniería

Doctorado Institucional en Ingeniería y Ciencia de los Materiales

**“EVALUACIÓN DE PROPIEDADES ANTIMICROBIANAS Y MECÁNICAS EN
ADHESIVOS ORTODÓNCICOS ADICIONADOS CON NANOPARTÍCULAS DE
PLATA”**

Presenta

M. S. P. Jesús David Tristán López

Director de Tesis

Dr. Gabriel Alejandro Martínez Castañón

Co – director de Tesis

Dra. Nereyda Niño Martínez

San Luis Potosí, S.L.P., Julio 2023



Benemérita Universidad Autónoma de San Luis Potosí



Facultad de Ingeniería

Doctorado Institucional en Ingeniería y Ciencia de los Materiales

Tesis para obtener el grado de Doctor en Ingeniería y Ciencia de Materiales:

“EVALUACIÓN DE PROPIEDADES ANTIMICROBIANAS Y MECÁNICAS EN ADHESIVOS ORTODÓNCICOS ADICIONADOS CON NANOPARTÍCULAS DE PLATA”

Presenta:

M. S. P. Jesús David Tristán López

Director de Tesis

Dr. Gabriel Alejandro Martínez Castañón

Co-directora de Tesis

Dra. Nereyda Niño Martínez

SINODALES

Dr. Gabriel Alejandro Martínez Castañón _____

Dra. Nereyda Niño Martínez _____

Dr. Eleazar Samuel Kolosovas Machuca _____

Dra. Nuria Patiño Marín _____

Dra. Idania de Alba Montero _____

San Luis Potosí, S.L.P., Julio 2023



Evaluación de propiedades antimicrobianas y mecánicas en adhesivos ortodóncicos adicionados con nanopartículas de plata por Jesús David Tristán López se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

RESUMEN

Introducción

Hay un cambio significativo en las poblaciones de placa bacteriana en la cavidad bucal durante y después del tratamiento de ortodoncia. Numerosos estudios han demostrado que entre el 2% y el 96% de los pacientes podrían aumentar el riesgo de lesiones de manchas blancas. *Streptococcus mutans* y *Lactobacilli* son responsables de estas lesiones de manchas blancas.

Metodología

En este trabajo, se impregnaron nanopartículas de plata (AgNPs) con un diámetro de 11 nm y dispersas en agua sobre tres adhesivos de ortodoncia comerciales diferentes a 535 µg/mL. La resistencia al cizallamiento (SBS) se evaluó en 180 premolares humanos y brackets metálicos. Los premolares se dividieron en seis grupos (tres grupos para los adhesivos comerciales y tres grupos para los adhesivos con AgNPs). Todos los grupos fueron probados en cuanto a sus propiedades bactericidas, y se midieron sus ensayos de difusión de plantilla de MIC, MBC y agar.

Resultados

Después de agregar AgNP, la SBS no se modificó significativamente para ningún adhesivo ($p > 0,05$) y las fuerzas medidas durante la SBS no superaron el umbral de 6 a 8 MPa para la aceptabilidad clínica en todos los grupos. Se midió un aumento en las propiedades bactericidas contra *S. mutans* y *L. acidophilus* cuando los adhesivos se complementaron con AgNP.

Conclusiones

Se concluyó que las AgNP pueden complementar los adhesivos de ortodoncia comerciales sin modificar sus propiedades mecánicas con una actividad bactericida mejorada.

Palabras clave: nanopartículas de plata; adhesivos de ortodoncia; adhesivos; fuerza de unión al cizallamiento; actividad bactericida

Las bandas de ortodoncia han sido reemplazadas por los brackets con malla debido a que son más estéticos, tienen una mayor facilidad de uso y mejor higiene bucal que las bandas ortodóncicas desde la década de 1980.(1)

Para lograr los objetivos terapéuticos del tratamiento de ortodoncia, es importante tener una unión firme entre los brackets de ortodoncia y el esmalte dental. Actualmente, los ortodoncistas utilizan ampliamente los sistemas adhesivos para este fin debido a su viabilidad y al menor tiempo de cementado de los brackets. Se ha reportado que, entre los pacientes, la prueba de resistencia al cizallamiento es un procedimiento de evaluación utilizado para probar la adhesión de adhesivos dentales. Muchos de los estudios han demostrado que la resistencia de la unión al cizallamiento puede estar relacionada con muchos factores, como el tipo de material de grabado, tipos de brackets, diseño y tamaño de la base del bracket, adhesivos, dispositivo de fotopolimerización y materiales de restauración.(2)

Por lo tanto, durante el tratamiento de ortodoncia puede ocurrir una desmineralización o lesiones de manchas blancas. Esto se encuentra en el 96% de los pacientes de ortodoncia. Este problema se debe a que se dificulta el mantenimiento de la salud bucal. La falta de higiene y provisión de numerosas superficies adicionales para la formación de biopelículas bacterianas por aparatos de ortodoncia fijos.(3) Por lo tanto, los investigadores y los fabricantes han tratado de beneficiarse de la aplicación de agentes antibacterianos con propiedades cariostáticas para prevenir caries alrededor de los brackets de ortodoncia.(4)

Recientemente, los materiales nanoestructurados reciben una atención considerable debido a sus singulares propiedades físicas, propiedades químicas, biológicas y funcionales debido a su tamaño nanométrico.

La aplicación de la nanotecnología en la producción de resinas, es de los más importantes avances que se ha hecho en los materiales dentales. El uso de materiales a nanoescala (1 a 100 nm) permite beneficiarse de sus propiedades físicas, químicas, propiedades mecánicas y ópticas. Uno de los objetivos de la nanotecnología es controlar y manipular los materiales para prepararlos para ciertas aplicaciones.(4)

La nanotecnología desarrolló una síntesis libre de toxicidad de nanopartículas metálicas. Los nanometales de plata y oro poseen un efecto antibacteriano inherente. Las nanopartículas de plata mostraron buena

eficacia antibacteriana frente a bacterias (grampositivas y gramnegativas), hongos, virus y otros microorganismos eucariotas. (5)

El uso de agentes químicos para retrasar o detener la progresión de la caries sin eliminar la lesión ha documentado en la literatura desde 1969. El fluoruro de diamina de plata es un agente químico que, una vez aplicado a la superficie dental, aumenta la resistencia del esmalte, inhibe la formación del biofilm, disminuye la producción de ácido por microorganismos, reduce el *Streptococcus mutans* y promueve la obliteración del túbulo dentinario.(6) El *Streptococcus mutans* y *Lactobacillus* provocan una rápida cambio en la microflora de la placa, lo que resulta en niveles elevados del ambiente acidogénico. Los subproductos ácidos de estas bacterias en la placa son responsables de la desmineralización del esmalte y formación de lesiones de manchas blancas.(7)

Los estudios evidencian que la mayoría de los pacientes sometidos a tratamiento de ortodoncia tienen al menos una lesión blanca leve en su esmalte. Se encontraron lesiones blancas leves a graves en el esmalte en el 38% y el 46% de los pacientes que se sometieron a ortodoncia fija tratamiento durante 6 y 12 meses, respectivamente. Los compuestos, adhesivos y uniones utilizados para unir el bracket al esmalte, actúan como un ambiente propicio para la acumulación de bacterias cariogénicas debido a la presencia de la porosidad.(8)

Se han estudiado numerosas nanopartículas como la nanopartículas de plata , óxido de zinc (ZnO), nanopartículas de quitosano y se ha reportado que tienen una significativa actividad antimicrobiana a expensas de la disminución de las propiedades mecánicas.(9) Las nanopartículas de plata poseen biocompatibilidad confirmada además de propiedades antibacterianas y antivirales a largo plazo de amplio espectro, incluso en bajas concentraciones.(10)

El presente estudio in vitro se realizó con el objetivo de evaluar la resistencia de cizalla de la unión entre brackets y el esmalte, adicionando los sistemas adhesivos convencionales: hidrófobos e hidrofílicos, con y sin nanopartículas de plata, para así después poder evaluar también las propiedades antimicrobianas de estos sistemas adhesivos modificados.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Justificación

El tratamiento ortodóncico correctivo se realiza mediante la utilización de aditamentos denominados brackets los cuales pueden ser convencionales, de autoligado y estos a su vez pueden ser metálicos o cerámicos estéticos. Los brackets de ortodoncia convencionales utilizan ligadura anillos elastoméricos para sostener el alambre del arco dentro de la ranura de soporte. En contraste, los brackets de autoligado usan un dispositivo a manera de clip para mantener el arco de alambre en la ranura. Ambos métodos sin embargo acumulan gran cantidad de placa dentobacteriana debido a que es más difícil la remoción mecánica de la misma.(11)(12)(13)

Otro método de tratamiento ortodóncico correctivo fue el introducido en 1946, por Kesling, quien propuso fabricar una serie de aparatos removibles llamados "alineadores". El concepto subyacente era mover los dientes en una serie de etapas individuales planificadas utilizando posicionadores fabricados con tecnología de moldeo de material termoplástico. En 1997, la empresa Align Technology convirtió la idea de Kesling en un enfoque de tratamiento factible: una serie de alineadores claros, combinando la producción de diseño / fabricación asistida por computadora (CAD / CAM) con la tecnología estereolitográfica. Desde su introducción como alternativa estética a los brackets labiales fijos, el dispositivo Invisalign ha evolucionado. Sus ventajas únicas sobre los brackets tradicionales incluyen estética, comodidad, eliminación para una mejor higiene sobre la aparatología convencional y de autoligado , citas más cortas y control tridimensional del movimiento de los dientes.(14)

A pesar de existir la tecnología de los alineadores con el sistema de Invisalign, en cuyas ventajas principales es la facilidad de higiene y por lo tanto una acumulación de placa dentobacteriana menor a la que los tratamientos con brackets convencionales. No es muy utilizado el sistema aún debido a los costos del mismo.(11)(12)(13)(14)

En la cavidad oral se encuentra una cantidad variada de microorganismo.(15) La microbiota oral tiene un ambiente que promueve la proliferación de bacterias capaces de producir ácidos y desmineralizar los tejidos del diente.(12) El biofilm, es la mayor causa de caries, periodontitis y otras patologías orales, el biofilm es una compleja comunidad de bacterias u hongos que provoca infecciones, ya que cuentan con mecanismos de defensa tanto como para el huésped como para medicamentos externos.(15) El biofilm

tiene un rol crucial en la adhesión de estos microorganismos a la superficie dental y de igual forma promueve la desmineralización del esmalte en conjunto con el ácido producido por los diversos microorganismos.(13)

Los nanomateriales son partículas sólidas que van de un diámetro de 1-100nm que son consideradas insolubles.(12)(15) Estos tienen una promisorio utilidad en propiedades antimicrobianas ya que tienen propiedades fisicoquímicas como un tamaño muy pequeño, un radio amplio de aplicación y una actividad química potenciada.(15) Debido al tamaño pequeño de las nanopartículas penetran en la pared celular y así, ejercen sus propiedades antimicrobianas.(12)(16) El uso de nanopartículas específicas como agentes antimicrobianos han atraído mucha atención en la medicina y en la odontología, incluyendo Ag, Au, Ir, Pd y Pt.(12)

Las nanopartículas (NPs) pueden proveer una nueva estrategia para tratar y prevenir infecciones dentales. Además, combinadas con polímeros en la superficie de biomateriales han tenido propiedades antimicrobianas superiores en la cavidad oral.(15)

En la actualidad las nanopartículas de plata, son ampliamente utilizadas debido a su alta actividad citotóxica y un amplio espectro antimicrobiano para bacterias, hongos y algunas cepas resistentes a los antibióticos y se ha demostrado baja toxicidad en humanos.(12)

La presencia de los diversos componentes ortodóncicos, específicamente, brackets, bandas, arcos y ligaduras, provocan la dificultad del cepillado dental por medio de una remoción mecánica y esto genera condiciones favorables para la acumulación de biofilm dental y la colonización de microorganismos cariogénicos, aumentando el riesgo de la desmineralización que se genera principalmente alrededor de los brackets.(12)(17)(13)

En la cavidad oral, las propiedades antimicrobianas de las nanopartículas son utilizadas mediante dos mecanismos: El primero es combinar materiales dentales con algún recubrimiento de nanopartículas para prevenir la adhesión microbiana, con el principal objetivo de reducir la formación de biofilm y subsecuentemente la generación de las lesiones blancas.(12)(15)(16) La técnica de cementado directo con resina y un primer adhesivo es la más utilizada en Ortodoncia para adherir los brackets al esmalte del diente. A pesar de las ventajas de ser un proceso simple y estético, tiene algunas desventajas como la acumulación de placa y desarrollo de lesiones blancas, que pueden ser reversibles o irreversibles y que provocan fallas en la adhesión, lo cual puede prolongar el tratamiento, eleva costos del mismo, consume

tiempo en el sillón dental y compromete el resultado estético del paciente.(12) Se ha reportado una incidencia de nuevas lesiones blancas que se forman durante el tratamiento ortodóncico con 45.8% y una prevalencia de lesiones en pacientes durante el tratamiento ortodóncico de 68.4%. Existen diversos factores que pueden aumentar la incidencia de lesiones blancas como lo son edades tempranas en el comienzo del tratamiento, pobre higiene oral, sexo masculino y la duración del tratamiento.(16) Otro agravante es el adhesivo ortodóncico remanente en la superficie dental con lo cual se prolifera la rápida colonización de los microorganismos, debido a la superficie rugosa residual.(15)

La caries es la patología más prevalente y multifactorial de la cavidad oral y es considerado como un problema de salud pública. La caries dental empieza comúnmente como un proceso de desmineralización e la superficie del esmalte, opacando su color y dejando el esmalte color blanco, lo que se conoce como lesión blanca.(18)(19) La formación de lesiones blancas en el esmalte dental durante el tratamiento ortodóncico es uno de los principales problemas que nos encontramos en la consulta clínica.(11) este proceso ocurre debido al bajo pH en la cavidad oral y al ácido láctico que produce el metabolismo del *Streptococcus Mutans*.(11)(13)(20)(16) Otras bacterias involucradas en el proceso de desmineralización del esmalte aparte del *S. Mutans* es el *Lactobacillus Casei* y estas también se han encontrado en brackets.(13)(16) Las nanopartículas de plata en baja concentración producen un efecto antimicrobiano mayor del *S. Mutans*, en comparación con otros materiales como oro y zinc.(11)

La remoción mecánica de la placa dentobacteriana alrededor de los brackets es más difícil aun cuando el paciente utilice una técnica de cepillado adecuada y esto aumenta el riesgo de la aparición de lesiones blancas.(21) Durante el tratamiento ortodóncico, algunas medidas preventivas pueden ser empleadas para reducir el daño a la estructura del diente. La instrucción de una técnica de cepillado correcta, dieta balanceada, control de placa, limpieza dental profesional y enjuagues con solución de fluoruro, sin embargo son métodos de los cuales se depende de la cooperación del paciente.(13)

La nanotecnología ha sido aplicada a los materiales dentales como un nuevo concepto en materiales con aplicaciones antimicrobianas.(22) En la rama de la medicina existe una larga historia en la utilización de la plata como agente antimicrobiano. En odontología se han utilizado resinas que contienen nanorellenos de plata de liberación prolongada los cuales tienen actividad celular para el grupo *Streptococci*, muchos estudios han demostrado mayor actividad para organismos procariontes que para organismos eucariotes.(15) En el campo de la Ortodoncia, diferentes estudios han incorporado nanopartículas de plata (17nm) en los módulos elastoméricos, en los brackets, en los arcos así como en el adhesivo y la resina

para pegar brackets, con el fin de combatir diferentes tipos de especies de bacterias y estos estudios han concluido que los diferentes materiales ortodóncicos con nanopartículas de plata añadidas tienen el potencial de combatir el biofilm, disminuyendo la incidencia de la desmineralización durante y después del tratamiento ortodóncico.(19) Una propiedad deseable de los adhesivos contemporáneos en ortodoncia es que incluyan propiedades antimicrobianas.(23) Para ser aceptados clínicamente, los nuevos adhesivos deben proveer actividad antimicrobiana y demostrar propiedades fisicoquímicas similares a los adhesivos convencionales.(15) Un método para prevenir la desmineralización del esmalte es utilizar adhesivos resistentes a la acumulación bacteriana.(19) Recientemente se han utilizado resinas con nanorellenos, los cuales dan excelente resultado estético, facilidad de manejo y un pulido superior. En adición a esto, los nanorellenos pueden reducir la rugosidad de la superficie de los adhesivos ortodóncicos, que es uno de los factores más significativos para la adhesión bacteriana.6 Debido a esto se han incorporado varios antimicrobianos a los productos ortodóncicos. Los antimicrobianos más utilizados en ortodoncia son el fluoruro y la clorhexidina como medios preventivos.(15)(16) Sin embargo, reciente evidencia ha demostrado que la adición de los componentes antibacterianos como clorhexidina, en barniz y en gel decrecienta la fuerza de adhesión del primer.(24)(15)

Las nanopartículas de plata se han sintetizado por diversas metodologías. Muchos métodos han sido utilizados para la síntesis de nanopartículas de plata que van desde tratamientos físicos en estado sólido (incluyendo técnicas de molienda, molienda y aleaciones mecánicas), síntesis de fase gaseosa (evaporación a alta temperatura), dilatación láser, pirólisis, síntesis de plasma-pistola-fase líquida. La última incluye una gran variedad de métodos como coprecipitación, microemulsificación, irradiación de microondas, otro tratamiento de sol y síntesis de gel de arena.(25)

1.2 Pregunta de investigación

¿Existirá un cambio en las propiedades mecánicas y antimicrobianas en adhesivos ortodóncicos hidrofílicos e hidrófobos al ser adicionados con nanopartículas de plata?

Esta pregunta responde al principio FINER (Factible, Interesante, Novedosa, Ética y Relevante).

Es factible ya que, mediante las pruebas de laboratorio establecidas en el marco teórico, el investigador podrá realizar de manera sencilla todas las mediciones necesarias.

Es interesante debido a que los sistemas adhesivos pueden contribuir a resolver la problemática de las lesiones blancas mediante la adición de antimicrobianos independientemente de si son adhesivos hidrófobos o hidrofílicos.

Es novedosa porque no existen estudios previos en donde se haya adicionado nanopartículas de plata en adhesivos hidrofílicos, hidrófobos y con nanorellenos.

La pregunta es ética ya que el desarrollo de la investigación atiende a aspectos éticos que garanticen la salud, dignidad y bienestar de las personas, en este caso es un estudio in vitro que puede ayudar a nuevos recursos profilácticos, y terapéuticos.

Por último, es relevante debido a que al momento de contestarse, servirá para realizar una mejor prevención y tratamiento de las lesiones blancas que afecta prácticamente a más del 90% de pacientes que utilizan tratamiento ortodóncico fijo.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Al-Thomali Y. Shear bond strength of orthodontic brackets after adding silver nanoparticles to a nano-bond adhesive at different thermal cycles and cyclic loading-An in vitro study. *J Orthod Sci.* 2022;11(1):28.
2. Tavakolinejad Z, Tavakolinejad Z, Kamalabadi YM, Salehi A. This in press article needs final revision Comparison of the Shear Bond Strength of Orthodontic Composites Containing Silver and Amorphous Tricalcium Phosphate Nanoparticles : an ex vivo Study. :1–8.
3. Eslamian L, Borzabadi-Farahani A, Karimi S, Saadat S, Badiie MR. Evaluation of the shear bond strength and antibacterial activity of orthodontic adhesive containing silver nanoparticle, an in-vitro study. *Nanomaterials.* 2020;10(8):1–8.
4. Nikpour S, Saffar Shahroudi A, Saffarpour A, Akhavan A, Sodagar A. Shear Bond Strength of Self-Adhesive Composite Containing TiO₂ and SiO₂ Nanoparticles with an Additional Etching Step for Orthodontic Brackets Bonding to Enamel. *Folia Med (Plovdiv).* 2021;63(6):865–74.
5. Salem S, Asaad R. Effect of Nanoparticles Modified Glass Ionomer Cement on the Colour and Shear Bond Strength of Lithium Disilicate Ceramic. *Egypt Dent J.* 2019;65(1):813–24.
6. Favaro JC, de Mello Peixoto YCT, Geha O, Dias FA, Guiraldo RD, Lopes MB, et al. Can silver diamine fluoride or silver nanoparticle-based anticaries agents to affect enamel bond strength? *Restor Dent Endod.* 2021;46(1):5–7.
7. Mahendra TVD, Muddada V, Gorantla S, Karri T, Mulakala V, Prasad R, et al. Evaluation of antibacterial properties and shear bond strength of orthodontic composites containing silver nanoparticles, titanium dioxide nanoparticles and fluoride: An in vitro study. *Dental Press J Orthod.* 2022;27(5):1–27.
8. Ghorbanzadeh R, Salehi Vaziri A, Bahador A. Antimicrobial Properties and Shear Bond Strength of Composite Used in Orthodontics Following the Addition of Curcumin-Reduced Nanographene Oxide. *Avicenna J Clin Microbiol Infect.* 2021;8(4):139–44.
9. Duvvuri SNR, Arafath MM, Alla RK, Rajasigamani ., Bhaskar V, Kumaran K. Evaluation of the Shear Bond Strength of the Orthodontic Composites Modified with Various Concentrations of TiO₂ Nanoparticles: An In vitro Study. *Uttar Pradesh J Zool.* 2023;88–94.

10. Jowkar Z, Omid Y, Shafiei F. The effect of silver nanoparticles, zinc oxide nanoparticles, and titanium dioxide nanoparticles on the push-out bond strength of fiber posts. *J Clin Exp Dent*. 2020;12(3):e249–56.
11. Gómez-Garzón M. Nanomateriales, Nanopartículas y Síntesis verde. *Rev Repert Med y Cirugía*. 2018;27(2):75–80.
12. Jasso-Ruiz I, Velazquez-Enriquez U, Scougall-Vilchis RJ, Lara-Carrillo E, Toral-Rizo VH, López-Castañares R, et al. Synthesis and characterization of silver nanoparticles on orthodontic brackets: A new alternative in the prevention of white spots. *Coatings*. 2019;9(8).
13. Hernández-Gómora AE, Lara-Carrillo E, Robles-Navarro JB, Scougall-Vilchis RJ, Hernández-López S, Medina-Solís CE, et al. Biosynthesis of silver nanoparticles on orthodontic elastomeric modules: Evaluation of mechanical and antibacterial properties. *Molecules*. 2017;22(9):1–14.
14. Zhou N, Guo J. Efficiency of upper arch expansion with the Invisalign system. *Angle Orthod*. 2020;90(1):23–30.
15. Song W, Ge S. Application of antimicrobial nanoparticles in dentistry. *Molecules*. 2019;24(6):1–15.
16. Sharon E, Sharabi R, Eden A, Zabrovsky A, Ben-Gal G, Sharon E, et al. Antibacterial activity of orthodontic cement containing quaternary ammonium polyethylenimine nanoparticles adjacent to orthodontic brackets. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(4):1–8.
17. Albaladejo A, Montero J, Gómez De Diego R, López-Valverde A. Effect of adhesive application prior to bracket bonding with flowable composites. *Angle Orthod*. 2011;81(4):716–20.
18. Lazar L, Vlasa A, Beresescu L, Bud A, Lazar AP, Matei L, et al. White Spot Lesions (WSLs)—Post-Orthodontic Occurrence, Management and Treatment Alternatives: A Narrative Review. *J Clin Med*. 2023;12(5).
19. Argueta-Figueroa L, Scougall-Vilchis RJ, Morales-Luckie RA, Olea-Mejía OF. An evaluation of the antibacterial properties and shear bond strength of copper nanoparticles as a nanofiller in orthodontic adhesive. *Aust Orthod J*. 2015;31(1):42–8.
20. Degrazia FW, Leitune VCB, Garcia IM, Arthur RA, Samuel SMW, Collares FM. Effect of silver nanoparticles on the physicochemical and antimicrobial properties of an orthodontic adhesive. *J*

- Appl Oral Sci. 2016;24(4):404–10.
21. Justus R, Cubero T, Ondarza R, Morales F. A New Technique With Sodium Hypochlorite to Increase Bracket Shear Bond Strength of Fluoride-releasing Resin-modified Glass Ionomer Cements: Comparing Shear Bond Strength of Two Adhesive Systems With Enamel Surface Deproteinization Before Etching. *Semin Orthod*. 2010;16(1):66–75.
 22. Zhao Y, Zhang Z, Pan Z, Liu Y. Advanced bioactive nanomaterials for biomedical applications. *Exploration*. 2021;1(3):20210089.
 23. Shukur I. Nanoparticles and their Potential affect as Antimicrobials in dentistry. *Int J Medical, Pharm Drug Res*. 2021;5(3):37–46.
 24. Webster MJ, Nanda RS, Duncanson MG, Khajotia SS, Sinha PK. The effect of saliva on shear bond strengths of hydrophilic bonding systems. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2001;119(1):54–8.
 25. Gomez DLS, Lozano AS, Alanis HFM, Capetillo-Hernandez GR, Capetillo EGT, Cepeda SEN, et al. *Streptococcus*: An orthodontic point of view. *Int J Appl Dent Sci*. 2021;7(3):237–41.
 26. Hassan R, Rahimah A. Occlusion, malocclusion and method of measurements-an overview. *Arch Orofac Sci*. 2007;2:3–9.
 27. Davies S. What Is Occlusion? 2022;191(5):1–22.
 28. Kandasamy S, Greene CS, Obrez A. An evidence-based evaluation of the concept of centric relation in the 21st century. *Quintessence Int [Internet]*. 2018;49(9):755–60. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30202837>
 29. Ivanyuta O, Al-Haraz G, Domenyuk D, Dmitrienko S, Domenyuk S, Ivanyuta S, et al. Modification Of the Dental Arch Shape Using Graphic Reproduction Method and Its Clinicaleffectiveness in Patients With Occlusion Anomalies. *Arch Euromedica*. 2020;10(4):181–90.
 30. Andrews LFS, San D. AJO-DO 1972 Sep (296-309): The six keys to normal occlusion - Andrews. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1972;296–309.
 31. Paranhos LR, Andrews WA, Jórias RP, Bérzin F, Júnior ED, Triviño T. Dental arch morphology in normal occlusions. *Brazilian J Oral Sci*. 2011;10(1):65–8.

32. Poletto CAR, Guariza Filho O, Gevaerd R, Favoreto AXP, Camargo ES. Prevalência das chaves de oclusão de Andrews nos pacientes que procuram tratamento ortodôntico TT - Prevalence of the Andrews ideal keys of occlusion in patients who seek for orthodontic treatment. *Ortho Sci, Orthod sci Pr* [Internet]. 2016;9(34):47–51. Available from: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/es/biblio-831172>
33. Agarwal SS. An Overview of Malocclusion in India. *J Dent Heal Oral Disord Ther*. 2015;3(3).
34. Zou J, Meng M, Law CS, Rao Y, Zhou X. Common dental diseases in children and malocclusion. *Int J Oral Sci* [Internet]. 2018;10(1):1–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41368-018-0012-3>
35. Lone IM, Zohud O, Nashef A, Kirschneck C, Proff P, Watted N, et al. Dissecting the Complexity of Skeletal-Malocclusion-Associated Phenotypes: Mouse for the Rescue. *Int J Mol Sci*. 2023;24(3):1–12.
36. Alhammadi MS, Halboub E, Fayed MS, Labib A, El-Saaidi C. Global distribution of malocclusion traits: A systematic review. *Dental Press J Orthod*. 2018;23(6):e1–10.
37. Gelgör İE, Karaman İA, Ercan E. Prevalence of Malocclusion Among Adolescents In Central Anatolia. *Eur J Dent*. 2007;01(03):125–31.
38. Mageet AO. Classification of Skeletal and Dental Malocclusion: Revisited. *Stomatol Edu J*. 2016;3(3–4):205–11.
39. Garbin AJÍ, Perin PCP, Garbin CAS, Lolli LF. Malocclusion prevalence and comparison between the Angle classification and the Dental Aesthetic Index in scholars in the interior of São Paulo state - Brazil. *Dental Press J Orthod*. 2010;15(4):94–102.
40. Dimberg L, Arnrup K, Bondemark L. The impact of malocclusion on the quality of life among children and adolescents: A systematic review of quantitative studies. *Eur J Orthod*. 2015;37(3):238–47.
41. Macey R, Thiruvengkatahari B, O’Brien K, Batista KBSL. Do malocclusion and orthodontic treatment impact oral health? A systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2020;157(6):738-744.e10.

42. Celikoglu M, Akpınar S, Yavuz I. The pattern of malocclusion in a sample of orthodontic patients from Turkey. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2010;15(5):5–10.
43. Brook PH, Shaw WC. The development of an index of orthodontic treatment priority. *Eur J Orthod*. 1989;11(3):309–20.
44. Papageorgiou SN, Konstantinidis I, Papadopoulou K, Jäger A, Bourauel C. Clinical effects of pre-adjusted edgewise orthodontic brackets: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod*. 2014;36(3):350–63.
45. Al-Okbi MA, Kosyreva T, Katbeh I, Tuturov N, Voeykova O, Birukov A. Plaque deposition around conventional and self-ligating brackets in patients undergoing orthodontic treatment. *Med Sci*. 2022;26(120):1.
46. Chen SSH, Greenlee GM, Kim JE, Smith CL, Huang GJ. Systematic review of self-ligating brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2010;137(6):726.e1-726.e18.
47. Shivapuja PK, Berger J. A comparative study of conventional ligation and self-ligation bracket systems. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1994;106(5):472–80.
48. Drake CT, McGorray SP, Dolce C, Nair M, Wheeler TT. Orthodontic Tooth Movement with Clear Aligners. *ISRN Dent*. 2012;2012:1–7.
49. Tamer I, Öztas E, Marsan G. Orthodontic treatment with clear aligners and the scientific reality behind their marketing: A literature review. *Turkish J Orthod*. 2019;32(4):241–6.
50. Bowman SJ. Improving the predictability of clear aligners. *Semin Orthod*. 2017;23(1):65–75.
51. Sonesson M, Brechter A, Abdulraheem S, Lindman R, Twetman S. Fluoride varnish for white spot lesion prevention during orthodontic treatment: Results of a randomized controlled trial 1 year after debonding. *Eur J Orthod*. 2021;43(4):473–7.
52. Tufekci E, Dixon JS, Gunsolley JC, Lindauer SJ. Prevalence of white spot lesions during orthodontic treatment with fixed appliances. *Angle Orthod*. 2011;81(2):206–10.
53. Höchli D, Hersberger-Zurfluh M, Papageorgiou SN, Eliades T. Interventions for orthodontically induced white spot lesions: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod*. 2017;39(2):122–

- 33.
54. Khera AK, Bisht S, Raghav P. Coalesce Research Group International Journal of Dentistry and Oral Care White Spot Lesions : An Iatrogenic Effect of Fixed Orthodontic Therapy. 2021;1(1):1–4.
55. Derks A, Katsaros C, Frencken JE, Van't Hof MA, Kuijpers-Jagtman AM. Caries-inhibiting effect of preventive measures during orthodontic treatment with fixed appliances: A systematic review. *Caries Res.* 2004;38(5):413–20.
56. Linjawi AI. Sealants and white spot lesions in orthodontics: A review. *J Contemp Dent Pract.* 2020;21(7):808–14.
57. Rahimi F, Sadeghi M, Mozaffari HR. Efficacy of fluoride varnish for prevention of white spot lesions during orthodontic treatment with fixed appliances: A systematic review study. *Biomed Res Ther.* 2017;4(08):1513.
58. Mishra S, Mani S, Sonawane A, Viragi P, Toshniwal NG, Manerikar R. Assessment of White Spot Lesion and Enamel Demineralization in Orthodontic Patients With Fixed Brackets—A Clinical Appraisal Using Fluoride Mouth Rinse, Fluoride Varnish Containing CPP-ACP, and CPP-ACFP. *J Indian Orthod Soc.* 2022;030157422210769.
59. Naveed N, Thulasiram, Sabapathy K. Treatment of white spot lesions post fixed orthodontic therapy. *Eur J Mol Clin Med [Internet].* 2020;7(8):1824–9. Available from: <https://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&id=L2010483406&from=export>
60. Sánchez-Tito M, Tay LY. Antibacterial and white spot lesions preventive effect of an orthodontic resin modified with silver-nanoparticles. *J Clin Exp Dent.* 2021;13(7):685–91.
61. Santonocito S, Polizzi A. Oral Microbiota Changes during Orthodontic Treatment. *Front Biosci - Elit.* 2022;14(3):1–4.
62. Flemming HC, Wingender J. The biofilm matrix. *Nat Rev Microbiol [Internet].* 2010;8(9):623–33. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro2415>
63. Coenye T. Bio fi lm. *Biofilm [Internet].* 2021;3(January):100043. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.bioflm.2021.100043>

64. Sauer K, Stoodley P, Goeres DM, Hall-Stoodley L, Burmølle M, Bjarnsholt T. The biofilm life cycle-expanding the portfolio of models. 2022;608–22.
65. Rumbaugh KP, Sauer K. Biofilm dispersion. *Nat Rev Microbiol*. 2020;18(10):571–86.
66. Karygianni L, Ren Z, Koo H, Thurnheer T. Biofilm Matrixome: Extracellular Components in Structured Microbial Communities. *Trends Microbiol* [Internet]. 2020;28(8):668–81. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.tim.2020.03.016>
67. Hamada S, Slade H. Biology, Immunology, and Cariogenicity of *Streptococcus mutans*. *Microbiol Rev*. 1980;44(2):331–84.
68. Lemos JA, Palmer SR, Zeng L, Wen ZT, Kajfasz JK, Freires IA, et al. The biology of *Streptococcus mutans*. *Gram-Positive Pathog*. 2019;(ii):435–48.
69. Banas JA. Virulence properties of *Streptococcus mutans*. *Front Biosci*. 2004;9(June 2004):1267–77.
70. George JA, Srinivasan B, Kailasam V. The effect of active oxygen-containing toothpaste on *Streptococcus mutans* and white spot lesions: An in-vivo randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2022;162(5):594–600. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2022.06.022>
71. Rajaram K, Jnaneshwar PR, Idaayath A. Biomaterial Investigations in Dentistry *Streptococcus mutans* levels in patients who received orthodontic brackets bonded using probiotic impregnated resin composite – a randomized clinical trial. *Biomater Investig Dent* [Internet]. 2023;10(1). Available from: <https://doi.org/10.1080/26415275.2023.2195877>
72. Yassaei S, Nasr A, Zandi H, Motallaei MN. Comparison of antibacterial effects of orthodontic composites containing different nanoparticles on *Streptococcus mutans* at different times. *Dental Press J Orthod*. 2020;25(2):52–60.
73. Johnson JL, Phelps CF, Cummins CS. Taxonomy of the *Lactobacillus acidophilus* group. *Int J Syst Bacteriol*. 1980;30(1):53–68.
74. Singh Ahirwar S, Gupta MK, Snehi SK, Dadasaheb Kalmegh S. Dental Caries and *Lactobacillus*: Role and Ecology in the Oral Cavity. *Int J Pharm Sci Res* 4818 IJPSR [Internet]. 2019;10(11):4818–29.

Available from: <http://dx.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.10>

75. Arslan I, Baygin O, Bayram G, Akyol R, Tuzuner T. Effects of various agents and laser systems on antibacterial activity and microtensile bond strength when used for cavity disinfection. *J Dent Lasers*. 2019;13(1):12.
76. Klimek H. *Annals of Clinical and Medical Case Reports* Streptococcus Mutans in the Oral Cavity as a Risk Factor for Threatened Miscarriage. 2022;9:3–4.
77. Catunda RQ, Altabtbaei K, Flores-Mir C, Febbraio M. Pre-treatment oral microbiome analysis and salivary Stephan curve kinetics in white spot lesion development in orthodontic patients wearing fixed appliances. A pilot study. *BMC Oral Health*. 2023;23(1):239.
78. Profile SEE. *Ajhs* 384. 2023;(April).
79. Sodagar A, Akhavan A, Hashemi E, Arab S, Pourhajibagher M, Sodagar K, et al. Evaluation of the antibacterial activity of a conventional orthodontic composite containing silver/hydroxyapatite nanoparticles. *Prog Orthod* [Internet]. 2016;17(1). Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s40510-016-0153-x>
80. Wu Q, Miao WS, Zhang Y Du, Gao HJ, Hui D. Mechanical properties of nanomaterials: A review. *Nanotechnol Rev*. 2020;9(1):259–73.
81. Cheng Z, Li M, Dey R, Chen Y. Nanomaterials for cancer therapy: current progress and perspectives. *J Hematol Oncol* [Internet]. 2021;14(1):1–27. Available from: <https://doi.org/10.1186/s13045-021-01096-0>
82. Foulkes R, Man E, Thind J, Yeung S, Joy A, Hoskins C. The regulation of nanomaterials and nanomedicines for clinical application: Current and future perspectives. *Biomater Sci*. 2020;8(17):4653–64.
83. Jandt KD, Watts DC. Since January 2020 Elsevier has created a COVID-19 resource centre with free information in English and Mandarin on the novel coronavirus COVID- 19 . The COVID-19 resource centre is hosted on Elsevier Connect , the company ' s public news and information . 2020;(January).
84. Bonilla-Represa V, Abalos-Labruzzi C, Herrera-Martinez M, Guerrero-Pérez MO. Nanomaterials in

- dentistry: State of the art and future challenges. *Nanomaterials*. 2020;10(9):1–27.
85. Fernando S, Gunasekara T, Holton J. Antimicrobial Nanoparticles: applications and mechanisms of action. *Sri Lankan J Infect Dis*. 2018;8(1):2.
 86. Rai M, Yadav A, Gade A. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. *Biotechnol Adv*. 2009;27(1):76–83.
 87. Abou El-Nour KMM, Eftaiha A, Al-Warthan A, Ammar RAA. Synthesis and applications of silver nanoparticles. *Arab J Chem*. 2010;3(3):135–40.
 88. Rafique M, Sadaf I, Rafique MS, Tahir MB. A review on green synthesis of silver nanoparticles and their applications. *Artif Cells, Nanomedicine Biotechnol* [Internet]. 2017;45(7):1272–91. Available from: <https://doi.org/10.1080/21691401.2016.1241792>
 89. Kim JS, Kuk E, Yu KN, Kim JH, Park SJ, Lee HJ, et al. Antimicrobial effects of silver nanoparticles. *Nanomedicine Nanotechnology, Biol Med*. 2007;3(1):95–101.
 90. Khodashenas B, Ghorbani HR. Synthesis of silver nanoparticles with different shapes. *Arab J Chem* [Internet]. 2019;12(8):1823–38. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.12.014>
 91. Wang L, Hu C, Shao L. The-antimicrobial-activity-of-nanoparticles--present-situati. *Int J Nanomedicine* [Internet]. 2017;12:1227–49. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5317269/pdf/ijn-12-1227.pdf>
 92. Zhang XF, Liu ZG, Shen W, Gurunathan S. Silver nanoparticles: Synthesis, characterization, properties, applications, and therapeutic approaches. *Int J Mol Sci*. 2016;17(9).
 93. Eric C. Meyers, Bleyda R. Solorzano, Justin James, Patrick D. Ganzer, Elaine S., Robert L. Rennaker, Michael P. Kilgard and Seth Hays. 乳鼠心肌提取 HHS Public Access. *Physiol Behav*. 2018;176(1):100–106.
 94. Lee SH, Jun BH. Silver nanoparticles: Synthesis and application for nanomedicine. *Int J Mol Sci*. 2019;20(4).
 95. Iravani S, Korbekandi H, Mirmohammadi S V, Zolfaghari B. Synthesis of silver nanoparticles: chemical, physicliravani, S., Korbekandi, H., Mirmohammadi, S. V, & Zolfaghari, B. (2014).

Synthesis of silver nanoparticles: chemical, physical and biological methods. Research in Pharmaceutical Sciences, 9(6), 385–406. . Res Pharm Sci [Internet]. 2014;9(6):385–406. Available from:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26339255><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4326978>

96. Mukundan H, Kubicek- J, Stromberg Z. Corrigendum : Silver nanoparticles : synthesis , properties , toxicology ,.
97. Abbasi E, Milani M, Aval SF, Kouhi M, Akbarzadeh A, Nasrabadi HT, et al. Silver nanoparticles: Synthesis methods, bio-applications and properties. Crit Rev Microbiol [Internet]. 2016;42(2):173–80. Available from: <http://dx.doi.org/10.3109/1040841X.2014.912200>
98. Natsuki J. A Review of Silver Nanoparticles: Synthesis Methods, Properties and Applications. Int J Mater Sci Appl. 2015;4(5):325.
99. Xu L, Wang YY, Huang J, Chen CY, Wang ZX, Xie H. Silver nanoparticles: Synthesis, medical applications and biosafety. Theranostics. 2020;10(20):8996–9031.
100. Ahmad S, Munir S, Zeb N, Ullah A, Khan B, Ali J, et al. Green nanotechnology: A review on green synthesis of silver nanoparticles — An ecofriendly approach. Int J Nanomedicine. 2019;14:5087–107.
101. Srikar SK, Giri DD, Pal DB, Mishra PK, Upadhyay SN. Green Synthesis of Silver Nanoparticles: A Review. Green and Sustainable Chemistry. Green Sustain Chem [Internet]. 2016;6(February):34–56. Available from: <http://www.scirp.org/journal/gsc><http://dx.doi.org/10.4236/gsc.2016.61004><http://dx.doi.org/10.4236/gsc.2016.61004><http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
102. Papakonstantinou A. Evaluation of UDMA ' s potential as a substitute for Bis- - GMA in orthodontic adhesives School of Dentistry. 2011;
103. Sharma S, Tandon P, Nagar A, Singh GP, Singh A, Chugh VK. A comparison of shear bond strength of orthodontic brackets bonded with four different orthodontic adhesives. J Orthod Sci. 2014;3(2):29–33.

104. Azevedo Miranda D de, Valle Marçal YL. Concepts of Photoactivation in Adhesive Odontology. *J Clin Res Dent*. 2018;1(2):1–2.
105. Zhao M, Qu Y, Liu J, Mai S, Gu L. A universal adhesive incorporating antimicrobial peptide nisin: effects on *Streptococcus mutans* and saliva-derived multispecies biofilms. *Odontology*. 2020;108(3):376–85.
106. Ok U, Aksakalli S, Eren E, Kechagia N. Single-component orthodontic adhesives: comparison of the clinical and in vitro performance. *Clin Oral Investig*. 2021;25(6):3987–99.
107. Aguilar A, Ferreto I, Rodriguez L, Cáceres H. “Fuerza de adhesión de un sistema adhesivo de uso de Ortodoncia aplicado en intervalos de tiempo.” *Odovtos - Int J Dent Sci*. 2013;(15):7–12.
108. de Moraes Alves da Cunha T, Behrens BA, Nascimento D, Retamoso LB, Lon LFS, Tanaka O, et al. Blood contamination effect on shear bond strength of an orthodontic hydrophilic resin. *J Appl Oral Sci*. 2012;20(1):89–93.
109. Hadrous R, Bouserhal J, Osman E. Evaluation of shear bond strength of orthodontic molar tubes bonded using hydrophilic primers: An in vitro study. *Int Orthod [Internet]*. 2019;17(3):461–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2019.06.006>
110. Nirupama C, Kavitha S, Jacob J, Balaji K, Srinivasan B, Murugesan R, et al. Comparison of Shear Bond Strength of Hydrophilic Bonding Materials: An in vitro Study. *J Contemp Dent Pract*. 2012;13(5):637–43.
111. Shaik JA, Reddy RK. Review Article Prevention and Treatment of White Spot Lesions in Orthodontic Patients. *Contemp Clin Dent*. 2017;8(September):11–9.
112. Placido E, Meira JBC, Lima RG, Muench A, Souza RM de, Ballester RY. Shear versus micro-shear bond strength test: A finite element stress analysis. *Dent Mater*. 2007;23(9):1086–92.
113. Lopes MB, Alexandre M, Sinhoreti C, Sobrinho LC, Consani S. Comparative study of the dental substrate used in shear bond strength tests Estudo comparativo do tipo de substrato dental utilizado em testes de resistência de união ao cisalhamento. *Pesqui Odontol Bras*. 2003;17(2):171–5.
114. Mosharraf R, Rismanchian M, Savabi O, Ashtiani AH. Influence of surface modification techniques

- on shear bond strength between different zirconia cores and veneering ceramics. *J Adv Prosthodont.* 2011;3(4):221–8.
115. Tristán-López JD, Niño-Martínez N, Kolosovas-Machuca ES, Patiño-Marín N, De Alba-Montero I, Bach H, et al. Application of Silver Nanoparticles to Improve the Antibacterial Activity of Orthodontic Adhesives: An In Vitro Study. *Int J Mol Sci.* 2023;24(2).
 116. Arboleda Ariza N, Wasserman Milhem I, Reina Velosa DK, Quintero Quinche I. Evaluación de la superficie del esmalte luego de la descementación de brackets metálicos. Revisión sistemática / Enamel Surface Assessment after Metallic Bracket Debonding. A Systematic Review. *Univ Odontol.* 2018;36(77).
 117. Al Shamsi A, Cunningham JL, Lamey PJ, Lynch E. Shear bond strength and residual adhesive after orthodontic bracket debonding. *Angle Orthod.* 2006;76(4):694–9.
 118. Scribante A, Contreras-Bulnes R, Montasser MA, Vallittu PK. Orthodontics: Bracket Materials, Adhesives Systems, and Their Bond Strength. *Biomed Res Int.* 2016;2016.
 119. Kechagia A, Zinelis S, Pandis N, Athanasiou AE, Eliades T. The effect of orthodontic adhesive and bracket-base design in adhesive remnant index on enamel. *J World Fed Orthod.* 2015;4(1):18–22.
 120. Leão CS, Castro ACR de, Copello FM, Elias CN, Sekito Junior T, Sant’Anna EF. Comparison of feldspathic veneer surface treatments on ceramic bracket SBS, ARI and surface roughness after different debonding/polishing methods: An in vitro study. *Int Orthod.* 2021;19(4):679–84.
 121. Manzano C, Landa A, Calva D, Lehman M. Un método simple para la medida de halos de difusión en cultivos biológicos. *Inaoe.* 2011;5.
 122. Hudzicki J. Kirby-Bauer Disk Diffusion Susceptibility Test Protocol Author Information. *Am Soc Microbiol [Internet].* 2012;(December 2009):1–13. Available from: <https://www.asm.org/Protocols/Kirby-Bauer-Disk-Diffusion-Susceptibility-Test-Pro>
 123. Stratton CW. Susceptibility testing revisited. *Prog Clin Pathol.* 1984;9:65–100.
 124. Roberson M, Rangari V, Jeelani S, Samuel T, Yates C. Synthesis and Characterization Silver, Zinc Oxide and Hybrid Silver/Zinc Oxide Nanoparticles for Antimicrobial Applications. *Nano Life.* 2014;04(01):1440003.

125. Bernal R. M, Guzmán M. El Antibiograma de discos. Normalización de la técnica de Kirby-bauer. *Biomédica*. 1984;4(3–4):112.
126. Boyle VJ, Fancher ME, Ross RW. Rapid, modified Kirby-Bauer susceptibility test with single, high-concentration antimicrobial disks. *Antimicrob Agents Chemother*. 1973;3(3):418–24.
127. Biemer JJ. Antimicrobial susceptibility testing by the Kirby-Bauer disc diffusion method. *Ann Clin Lab Sci*. 1973;3(2):135–40.
128. Kluge RM. Accuracy of Kirby Bauer susceptibility tests read at 4, 8, and 12 hours of incubation: comparison with readings at 18 to 20 hours. *Antimicrob Agents Chemother*. 1975;8(2):139–45.
129. Kowalska-Krochmal B, Dudek-Wicher R. The minimum inhibitory concentration of antibiotics: Methods, interpretation, clinical relevance. *Pathogens*. 2021;10(2):1–21.
130. Mazzola PG, Jozala AF, Novaes LCDL, Moriel P, Penna TCV. Minimal inhibitory concentration (MIC) determination of disinfectant and/or sterilizing agents. *Brazilian J Pharm Sci*. 2009;45(2):241–8.
131. Morah FNI, Odey CO. Chemical composition and antimicrobial activity of Eleusine indica leaf essential oil. *Int J Chem Biochem Sci*. 2020;18:129–33.
132. Eloff JN. A sensitive and quick microplate method to determine the minimal inhibitory concentration of plant extracts for bacteria. *Planta Med*. 1998;64(8):711–3.
133. Medicina IDE, Pedro T. Desarrollo de un método para determinar la concentración mínima inhibitoria en cepas de referencias de leptospiras. *Rev Cubana Med Trop*. 2005;57(1):11–6.
134. Chikezie IO. Determination of minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) using a novel dilution tube method. *African J Microbiol Res*. 2017;11(23):977–80.
135. Horna Q G, Silva D M, Vicente T W, Tamariz O J. Minimal Inhibitory Concentration and Minimal Bactericidal Concentration of ciprofloxacin in uropathogens isolated at Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas. *Rev Med Hered*. 2005;16(1):39–45.
136. Mogana R, Adhikari A, Tzar MN, Ramliza R, Wiart C. Antibacterial activities of the extracts, fractions and isolated compounds from canarium patentinervium miq. Against bacterial clinical

- isolates. *BMC Complement Med Ther*. 2020;20(1):1–11.
137. Mérida LGR, De Salim AM, Catinella R, Castillo L. Efecto bacteriostático y/o bactericida del extracto de gel de Aloe vera sobre cultivos de *Listeria monocytogenes*. *Arch Latinoam Nutr*. 2012;62(1):73–8.
138. Taylor PC, Schoenknecht FD, Sherris JC, Linner EC. Determination of minimum bactericidal concentrations of oxacillin for *Staphylococcus aureus*: Influence and significance of technical factors. *Antimicrob Agents Chemother*. 1983;23(1):142–50.
139. Parvekar P, Palaskar J, Metgud S, Maria R, Dutta S. The minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) of silver nanoparticles against *Staphylococcus aureus*. *Biomater Investig Dent [Internet]*. 2020;7(1):105–9. Available from: <https://doi.org/10.1080/26415275.2020.1796674>
140. Amini Tapouk F, Nabizadeh R, Mirzaei N, Hosseini Jazani N, Yousefi M, Valizade Hasanloei MA. Comparative efficacy of hospital disinfectants against nosocomial infection pathogens. *Antimicrob Resist Infect Control*. 2020;9(1):1–8.
141. Gisovar E F. Comparing the Shear Bond Strength of Six Adhesive Systems to Enamel of Primary Teeth. *Dentistry*. 2014;04(10).
142. Julien KC, Buschang PH, Campbell PM. Prevalence of white spot lesion formation during orthodontic treatment. *Angle Orthod*. 2013;83(4):641–7.
143. Pedrollo Lise D, Van Ende A, De Munck J, Umeda Suzuki TY, Cardoso Vieira LC, Van Meerbeek B. Biomechanical behavior of endodontically treated premolars using different preparation designs and CAD/CAM materials. *J Dent [Internet]*. 2017;59:54–61. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2017.02.007>
144. Scribante A, Contreras-Bulnes R, Montasser MA, Vallittu PK. Orthodontics: Bracket Materials, Adhesives Systems, and Their Bond Strength. *Biomed Res Int*. 2016;2016:10–3.
145. Street B. Deposits Formed During Etching, Etching. 1980;
146. Lyons LK, English JD, Harris LM, Laman S, Kasper FK. In Vitro Shear Testing of Orthodontic Bonding to Lithium Disilicate Ceramic. 35(1):82–90.

147. No Title. 2015;12(12):27–34.
148. 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(1):1–9.
149. Degrazia FW, Genari B, Leitune VCB, Arthur RA, Luxan SA, Samuel SMW, et al. Polymerisation, antibacterial and bioactivity properties of experimental orthodontic adhesives containing triclosan-loaded halloysite nanotubes. *J Dent [Internet]*. 2018;69(July):77–82. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2017.11.002>
150. Sodagar A, Akhoundi MSA, Bahador A, Jalali YF, Behzadi Z, Elhaminejad F, et al. Effect of TiO₂ nanoparticles incorporation on antibacterial properties and shear bond strength of dental composite used in orthodontics. *Dental Press J Orthod*. 2017;22(5):67–74.
151. Metin-gürsoy G, Taner L, Akca G. Original article Nanosilver coated orthodontic brackets : in vivo antibacterial properties and ion release. 2017;(January 2016):9–16.
152. Metin-gürsoy G, Taner L, Bar E. Biocompatibility of nanosilver-coated orthodontic brackets : an in vivo study. 2016;
153. Uropathogens M, Velasco KI, Castillo C. In Vitro Synergism of Silver Nanoparticles with Antibiotics as an Alternative Treatment in. :1–13.
154. Pérez-díaz AMA, Boegli L, James G, Velasquillo C, Sánchez- R, Martínez-castañón A, et al. Silver nanoparticles with antimicrobial activities against *Streptococcus mutans* and their cytotoxic effect Silver nanoparticles with antimicrobial activities against *Streptococcus mutans* and their cytotoxic effect. 2015;55(October):360–6.
155. Patin N, Ruiz F. Toxicity , distribution , and accumulation of silver nanoparticles in Wistar rats. 2013;
156. Mirhashemi AH, Kassaei MZ, Daryakenari G, Akhoundi MSA, Bahador A. Antimicrobial Effect of Nano-Zinc Oxide and Nano-Chitosan Particles in Dental Composite Used in Orthodontics. *J Med Bacteriol [Internet]*. 2013;2(3, 4):1–10. Available from: <https://jmb.tums.ac.ir/index.php/jmb/article/view/43>

157. Argueta-figueroa L, Arenas-arrocena MC, Paulina A, Herrera D, García-benítez SV, García-contreras R. Propiedades antimicrobianas y citotóxicas de un adhesivo de uso ortodóncico adicionado Antimicrobial and cytotoxic properties of an orthodontic adhesive added with silver nanoparticles applications. 2019;12(22):59–71.

Prueba Piloto

Metodología

El estudio se realizó en el laboratorio 1 de la facultad de ciencias en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, para el cual se realizaron varios procedimientos.

Síntesis de nanopartículas de plata

Se realizó una síntesis verde de nanopartículas de plata utilizando *Annona Muricata* como agente reductor, se hacía un concentrado de 5 gramos de hojas secas del agente y se disolvía en 125ml de agua para posteriormente ser llevados a la parrilla en un vaso de precipitado y así calentar la solución a punto de ebullición.

La solución se deja enfriar para poder obtener un concentrado de la misma, por lo tanto se lleva a un método de filtración utilizando papel el cual es cortado en círculo y posteriormente doblado en 4 partes, se vierte la solución y se obtiene un precipitado de la solución libre de residuos.

Una vez obtenido el extracto de guanabana filtrado, se le añade la sal de plata la cual es (AgNO_3 0.01 M, 1070 ppm) y también 1ml. de NaOH, esto tiene que ser realizado con un pH de 11.

Adición de las nanopartículas de plata a los adhesivos

La adición de las nanopartículas de plata a los distintos adhesivos se realiza en la misma proporción es decir, se toman 10 μl de la solución de Nanopartículas de plata .01M y 10 μl de los distintos adhesivos a probar y se mezcla de manera homogénea.

Al final se obtiene un adhesivo homogéneo con buena consistencia y buen color ya adicionado con las nanopartículas de plata.

Procedimiento de adhesión de brackets a dientes

Se utilizaron primeros y segundos premolares humanos donados por los pacientes los cuales se colocaron en una solución de hipoclorito de sodio al .5% para su almacenamiento, posteriormente fueron secados en papel filtro y colocados en bloques de resina de 2cm x 2cm con la cara vestibular paralela a la cara del cubo de resina.

Se utilizaron brackets metálicos de la casa TD para primeros y segundos premolares con el fin de que se adaptaran de buena manera a la cara vestibular del diente.

Una vez secos los dientes, se colocó ácido ortofosfórico al 37% para grabar la superficie del diente durante 15 segundos y después se enjuagó durante 1 minuto el órgano dentario, posteriormente se seca de manera suave con un hisopo de algodón y se coloca el adhesivo con un microbrush fino en el centro de la corona clínica del diente (CCC), este se fotocura durante 10 segundos y posteriormente se coloca el bracket con resina Transbond 3M®, se remueven excedentes con un explorador y el bracket es posicionado con el instrumento de Alexander en el CCC y se fotocura desde la cara oclusal durante 20 segundos. De esta forma se obtenía un bracket adherido al diente para proceder a las pruebas mecánicas.

Desacoplamiento de brackets en grupos de estudio

Al bracket se le colocó una varilla de acero de .021 x .025 de acero fijada con un elástico transparente de la casa comercial Borgatta® con el fin de llenar el slot y así estandarizar todas las mediciones.

Desacoplamiento de brackets en grupos de estudios

Las muestras eran llevadas a la máquina universal Mecmesin® en donde eran fijadas en la base mediante aditamentos de acero con el fin de realizar pruebas de cizalla.

Se fijaban en los aditamentos de acero, el slot del bracket era colocado 90° a la base y posteriormente se llevaba a una velocidad de 1 segundo por minuto y la fuerza con que era desacoplado el bracket quedaba registrada en el gancho en Newtons.

Análisis de falla adhesiva

Los tipos de fallas fueron clasificadas en adhesivas, cohesivas y mixtas, identificadas con un estereomicroscopio y posteriormente también se clasificaron mediante el índice de adhesivo remanente el cual califica de 0 al 3.

Resultados

Pruebas de Normalidad

Se realizó el análisis de los datos utilizando el paquete estadístico SPSS versión 18, en el cual, se realizó una prueba de normalidad Shapiro-Wilk debido a que es la prueba adecuada para el tamaño de la muestra, los datos se comportaron de manera anormal ya que se obtuvo valores mayores a .05 de p. (Tabla 1)

Tabla 1. Pruebas de Normalidad para los distintos grupos de estudio.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
NPMIP	.300	3	.	.912	3	.426
MIP	.359	3	.	.811	3	.141
NPXT	.245	3	.	.971	3	.671
XT	.355	3	.	.819	3	.162
NPPB	.292	3	.	.923	3	.463
PB	.218	3	.	.987	3	.785

Esta es la distribución esperada para los datos en el grupo NPMIP. (Gráfico 1)

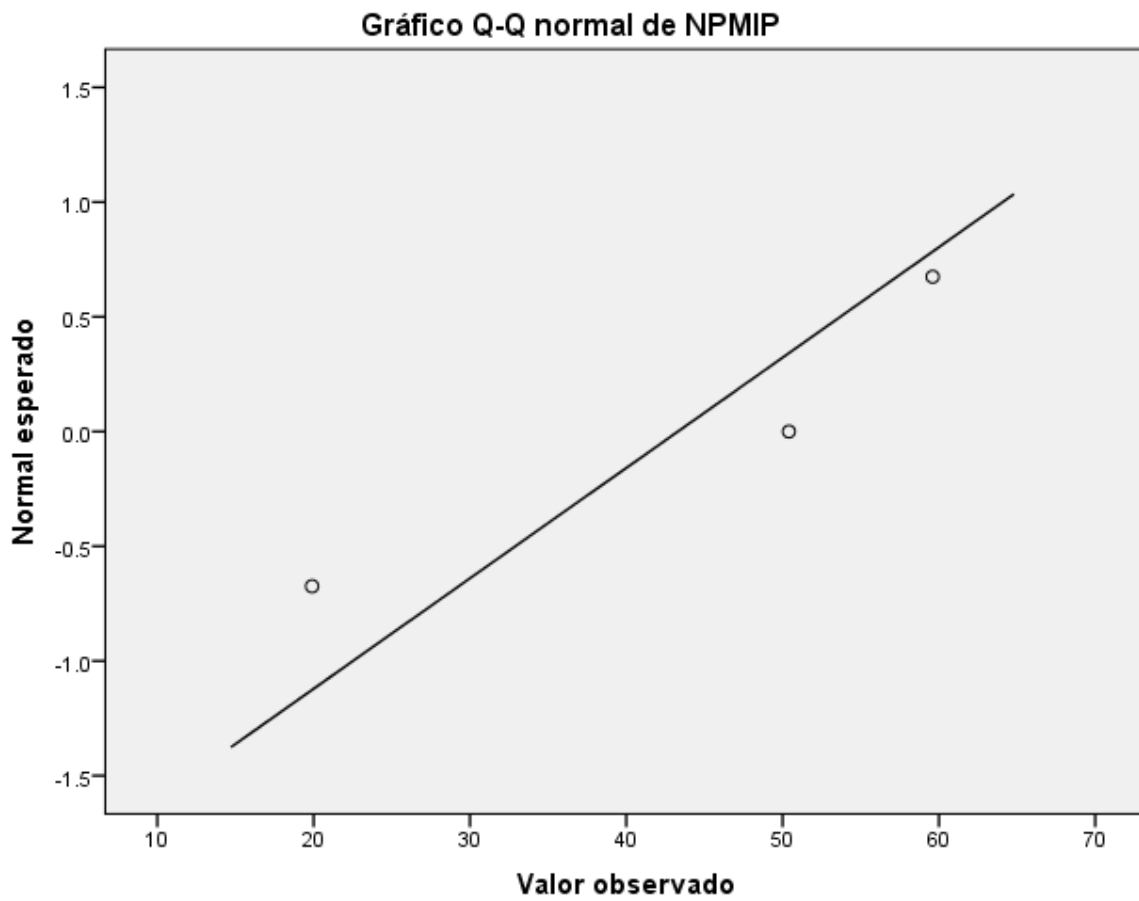


Gráfico 1. Valor esperado de normalidad para grupo NPMIP

Tenemos el valor real para el grupo de NPMIP en donde se observa una distribución anormal de los datos. (Gráfico 2)

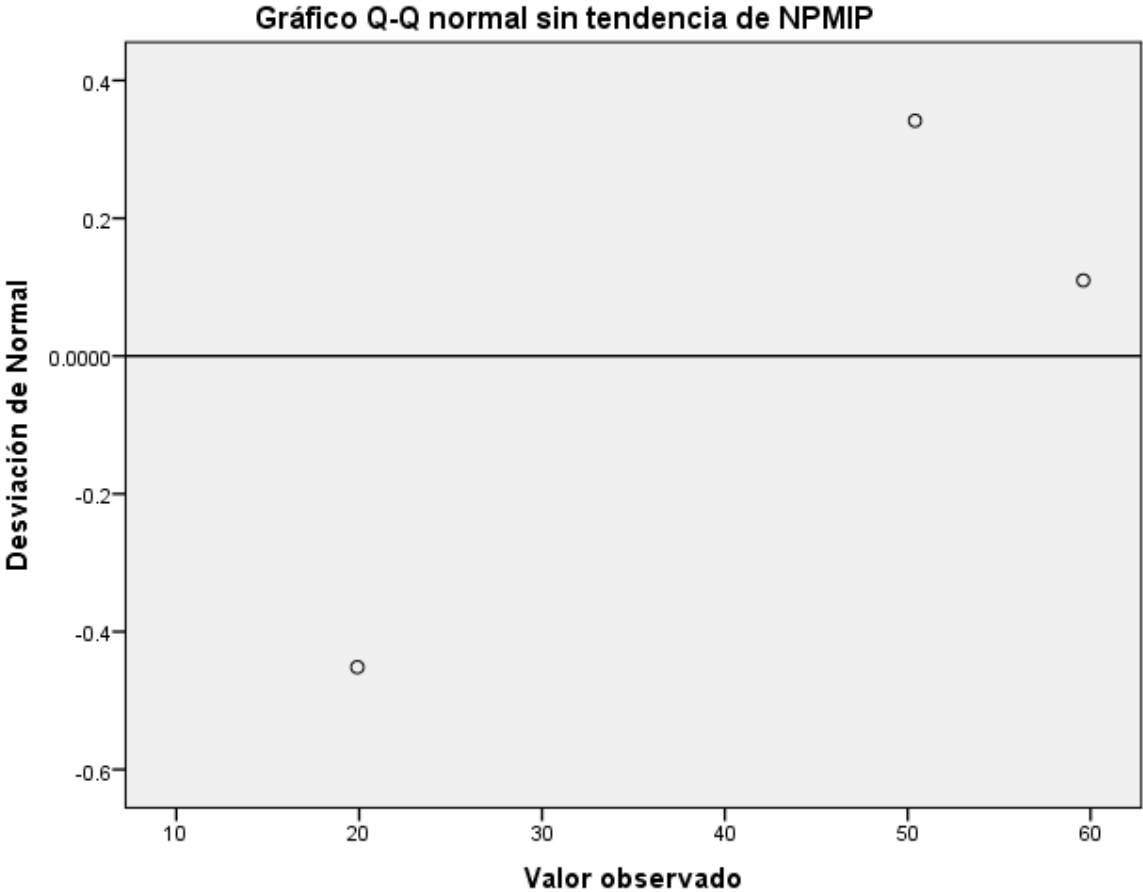


Gráfico 2. Valor real de normalidad para el grupo NPMIP

Esta es la distribución esperada para los datos en el grupo MIP. (Gráfico 3)

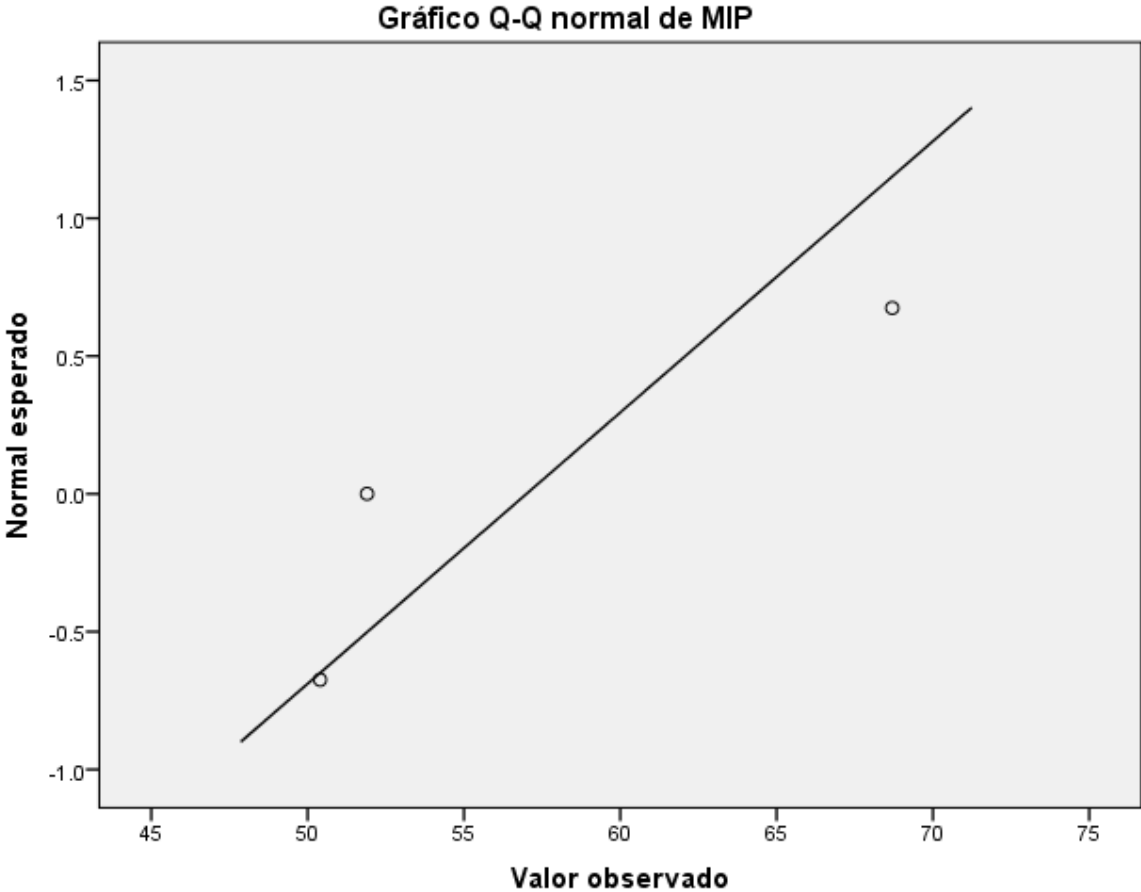


Gráfico 3. Valor esperado de normalidad para grupo MIP

Tenemos el valor real para el grupo de MIP en donde se observa una distribución anormal de los datos. (Gráfico 4)

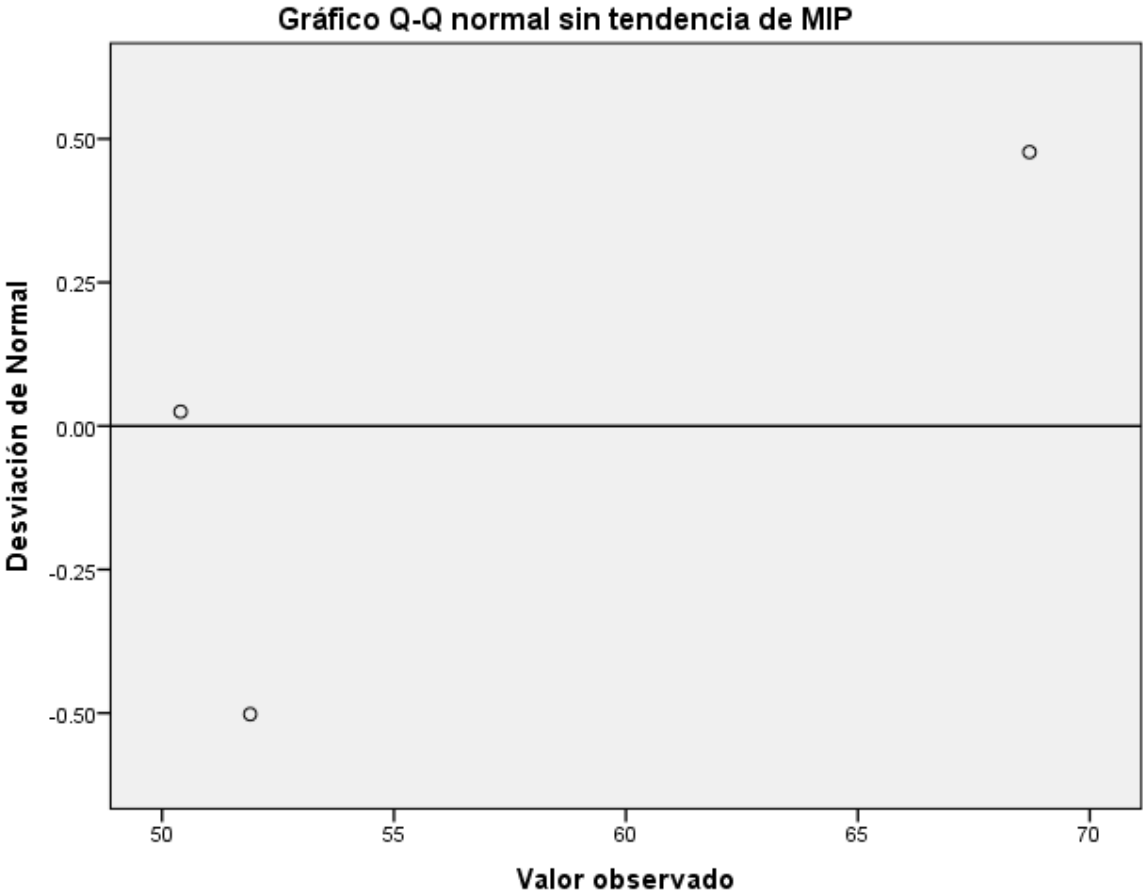


Gráfico 4. Valor real de normalidad para el grupo MIP

Esta es la distribución esperada para los datos en el grupo NPXT. (Gráfico 5)

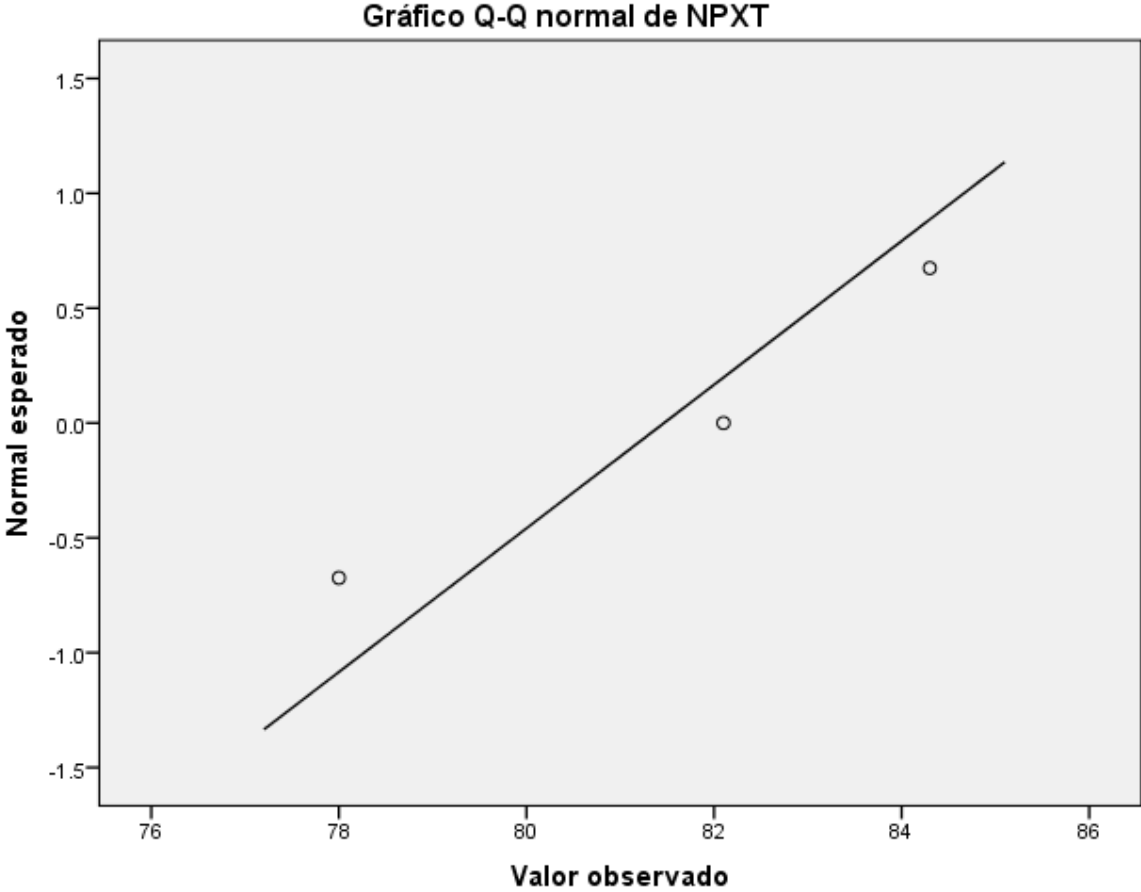


Gráfico 5. Valor esperado de normalidad para grupo NPXT

Tenemos el valor real para el grupo de XT en donde se observa una distribución anormal de los datos. (Gráfico 6)

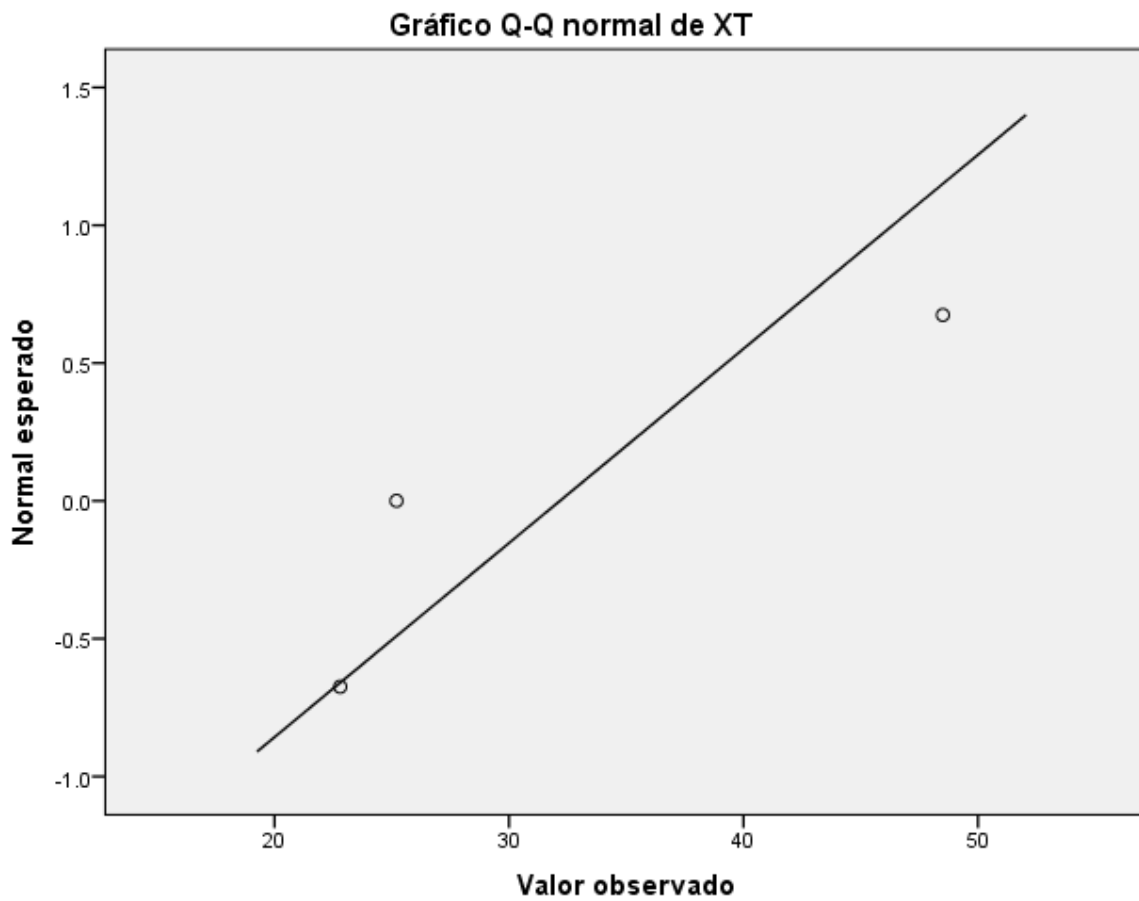


Gráfico 6. Valor esperado de normalidad para grupo XT

Tenemos el valor real para el grupo de XT en donde se observa una distribución anormal de los datos. (Gráfico 7)

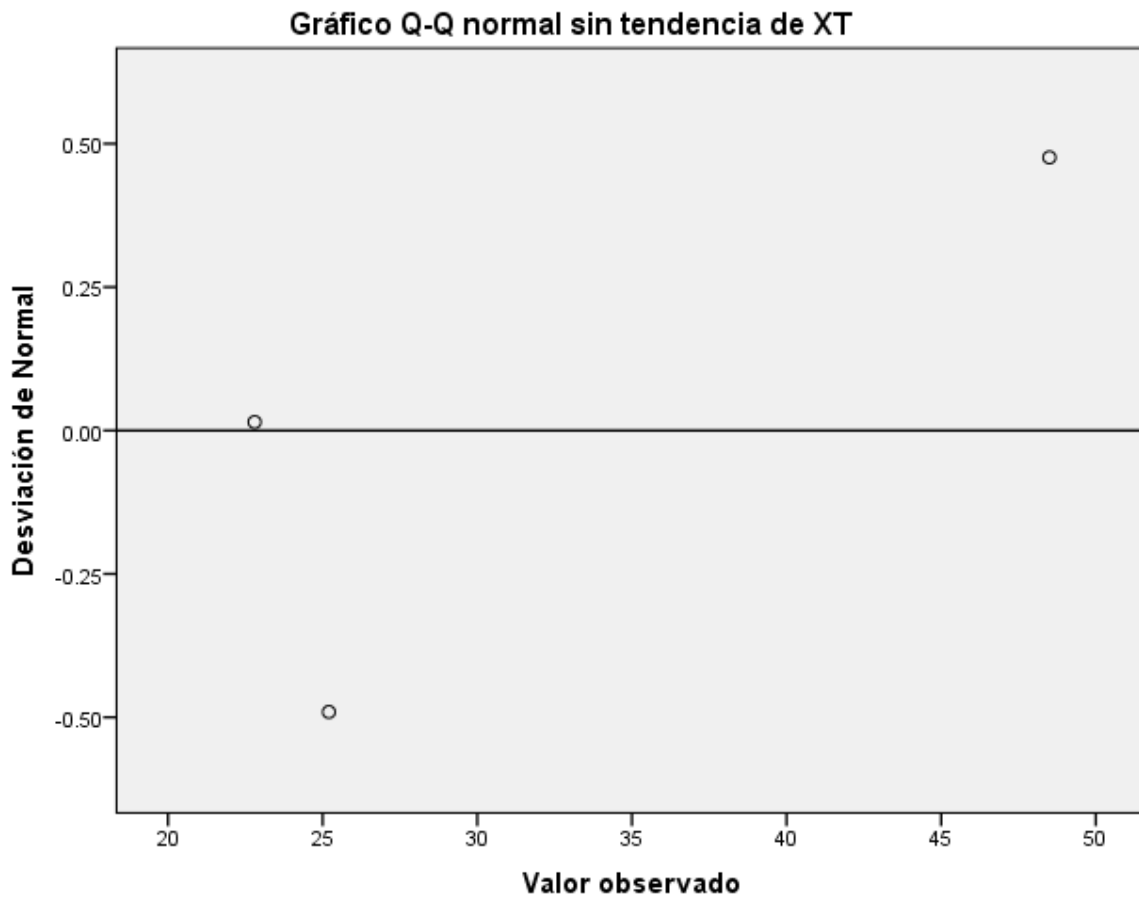


Gráfico 7. Valor real de normalidad para el grupo XT

Esta es la distribución esperada para los datos en el grupo NPPB. (Gráfico 8)

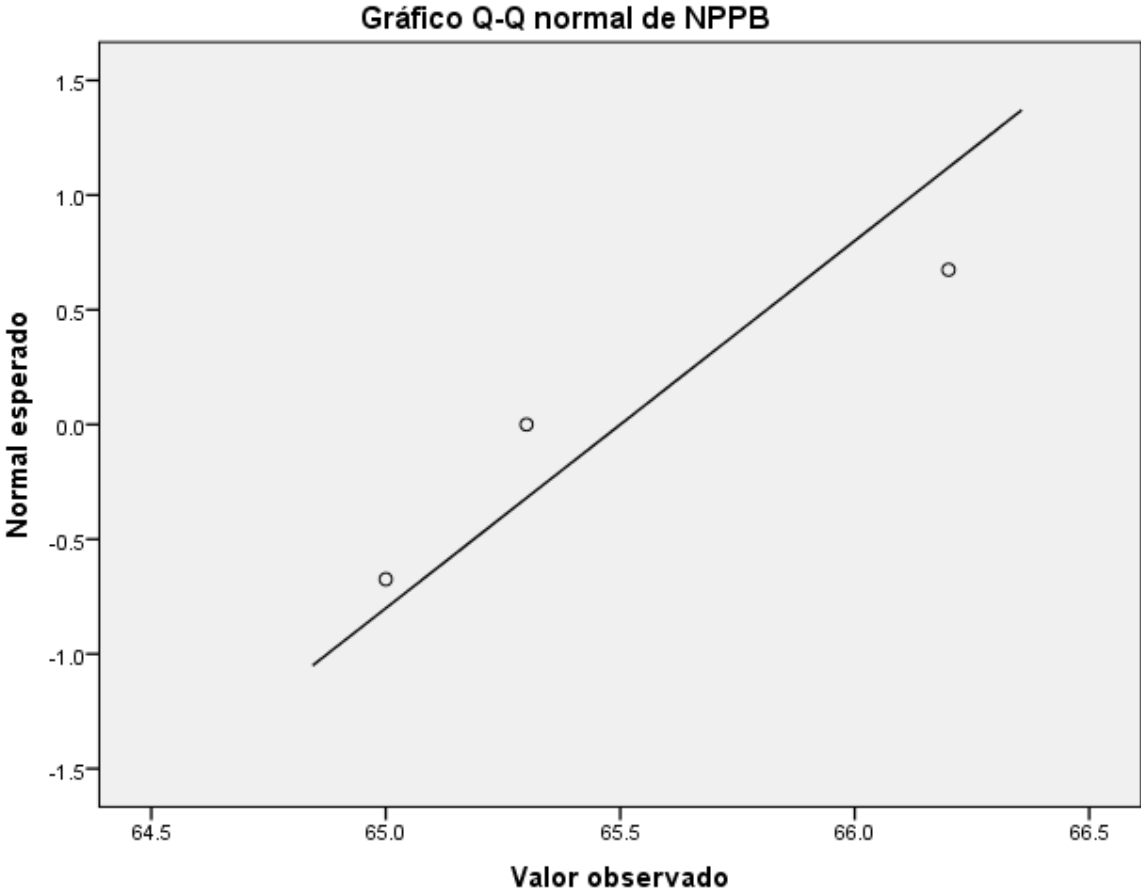


Gráfico 8. Valor esperado de normalidad para grupo NPPB

Tenemos el valor real para el grupo de XT en donde se observa una distribución anormal de los datos. (Gráfico 9)

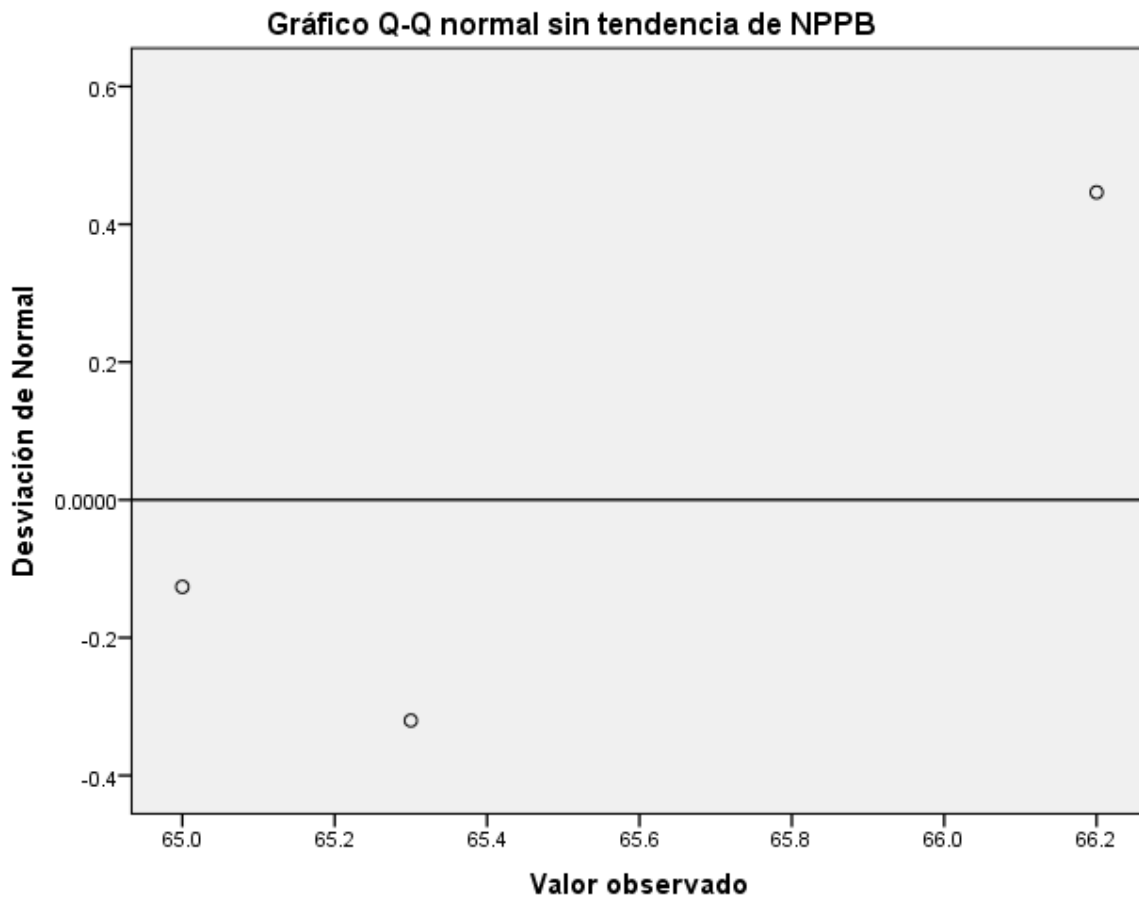


Gráfico 9. Valor real de normalidad para el grupo NPPB

Se realizó el análisis estadístico utilizando el paquete estadístico SPSS versión 18, en el cual, se realizó una prueba no paramétrica, Kruskal-Wallis para poder observar la diferencia entre las medias de los grupos de estudio y se encontró que no hubo diferencia significativa con un valor $p = .368$, lo cual nos hace pensar que las propiedades mecánicas de los distintos adhesivos tanto hidrófobos como hidrofílicos, con o sin nanopartículas de plata. (Tabla 2)

Tabla 2. Diferencia de media de grupos utilizando prueba Kruskal Wallis

Estadísticos de prueba ^{a,b}					
	NPMIP	NPXT	NPPB	XT	PB
Chi-cuadrado	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
gl	2	2	2	2	2
Sig. asintótica	.368	.368	.368	.368	.368

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: MIP

Posteriormente se realizó un análisis post hoc para poder ver la diferencia entre cada grupo de estudio con un nivel de significancia de .05 y se observó que la diferencia para el grupo de MIP con NPMIP es no significativa con un valor $p = .368$. (Tabla 3)

Tabla 3. Diferencia entre grupos MIP vs NPMIP

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de MIP es la misma entre las categorías de NPMIP.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.368	Conserve la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es .05.

Se realizó un análisis post hoc para poder ver la diferencia entre cada grupo de estudio con un nivel de significancia de .05 y se observó que la diferencia para el grupo de MIP con NPXT es no significativa con un valor $p = .368$. (Tabla 4)

Tabla 4. Diferencia entre grupos MIP vs NPXT

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de MIP es la misma entre las categorías de NPXT.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.368	Conserve la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es .05.

Se realizó un análisis post hoc para poder ver la diferencia entre cada grupo de estudio con un nivel de significancia de .05 y se observó que la diferencia para el grupo de MIP con XT es no significativa con un valor $p = .368$. (Tabla 5)

Tabla 5. Diferencia entre grupos MIP vs XT

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de MIP es la misma entre las categorías de XT.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.368	Conserve la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es .05.

Se realizó un análisis post hoc para poder ver la diferencia entre cada grupo de estudio con un nivel de significancia de .05 y se observó que la diferencia para el grupo de MIP con NPPB es no significativa con in valor $p = .368$. (Tabla 6)

Tabla 6. Diferencia entre grupos MIP vs NPPB

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de MIP es la misma entre las categorías de NPPB.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.368	Conserve la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es .05.

Se realizó un análisis post hoc para poder ver la diferencia entre cada grupo de estudio con un nivel de significancia de .05 y se observó que la diferencia para el grupo de MIP con PB es no significativa con in valor $p = .368$. (Tabla 7)

Tabla 7. Diferencia entre grupos MIP vs PB

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de MIP es la misma entre las categorías de PB.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.368	Conserve la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es .05.



San Luis Potosí, S.L.P. 5 de abril de 2022

MSP Jesús David Tristán López
Doctorado Institucional de Ingeniería y Ciencias de Materiales
Facultad de Estomatología/Ingeniería, UASLP
PRESENTE

Por este conducto me dirijo a Usted en referencia a su trabajo de investigación titulado "*Evaluación de propiedades antimicrobianas y mecánicas en adhesivos ortodóncicos adicionados con nanopartículas de plata*" Asignado con la clave: **CEI-FE-036-022**.

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

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

Le solicitamos nos haga llegar los informes correspondientes del avance de su proyecto de investigación, así como un informe final para nuestro archivo, recordándole además que este proyecto podrá ser monitoreado por este Comité.

ATENTAMENTE


DRA. RITA ELIZABETH MARTÍNEZ MARTÍNEZ

PRESIDENTA DEL H. COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA, UASLP

www.uaslp.mx

Av. Dr. Manuel Azaña 2
Zona Universitaria • CP 76500
San Luis Potosí, S.L.P. México
tel. +52 (444) 636 2100
ext. 5176 a 5179
(444) 636 2143, 634 2522, 21 y 25
www.estomatologia.uaslp.mx
#estomatologiauaslp

