

## Nanopartículas en Ortodoncia una visión actual

Edisson Mauricio Pacheco Quito, Fernanda Katherine Sacoto Figueroa,  
Miriam Verónica Lima Illescas, Katherine de los Ángeles Cuenca León

### Resumen

La terapia ortodóntica permite la mejora funcional y estética de las piezas dentales que tienen mal posición, sin embargo, da lugar a la formación de nichos para el desarrollo de microorganismos debido a la dificultad de higiene y retención de alimentos, en consecuencia, se ha desarrollado materiales antimicrobianos basados en nanotecnología. Por lo que el presente capítulo tiene como objetivo recopilar información actualizada con respecto a nanopartículas aplicadas en el campo ortodóntico. La metodología tuvo un diseño no experimental con enfoque cuantitativo, documental de corte transversal. Los resultados muestran que en el ámbito ortodóntico las nanopartículas se utilizan como recubrimiento o en combinación con materiales del área, siendo la plata el principal nanoparticulado en uso con efectos antimicrobianos y sin acción adversa en las propiedades físicas y químicas del mismo. A pesar de que son grandes las ventajas de las nanopartículas es necesario ampliar los estudios clínicos para establecer criterios plenos para su ejecución terapéutica.

**Palabras clave:** Odontología; Nanotecnología; Farmacología; Genética humana.

### Citar como:

Pacheco Quito, E.M., Sacoto Figueroa, F.K., Lima Illescas, M.V., y Cuenca León, K.A. (2023). Nanopartículas en Ortodoncia una visión actual. En J.C. Erazo Álvarez y C.I. Narváez Zurita, (Eds.) *Sociedad del Conocimiento. Resultados de investigaciones universitarias* (1era Ed.). (pp. 45-74). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.33.c20>



## Introducción

La terapia ortodóntica es un tratamiento buscado por los pacientes para mejorar el componente estético en cavidad bucal, es así que la ortodoncia busca el movimiento de las piezas dentales para lograr una mejora funcional y visual de las mismas. Sin embargo, la colocación de aparatos fijos usados en esta área representa un reto tanto para el paciente como para el odontólogo debido a la dificultad en la higiene bucal y la fácil retención de alimentos, facilitan el establecimiento de un nicho adecuado para el desarrollo de microorganismos (Zeidan et al., 2022). La presencia de superficies irregulares por el uso de bandas, brackets y alambres, favorece la acumulación de placa bacteriana y la colonización bacteriana que posiblemente provocarían descalcificaciones en el esmalte, manchas blancas activas y si no se trata a tiempo se puede desarrollar caries dental o enfermedad periodontal (Alhazmi et al., 2022; Torres Quintana, 2006; Mónaco et al., 2008).

Muchos años de ingeniería de materiales respaldan la investigación en ortodoncia para encontrar una solución a estos problemas. Mientras que en el pasado la atención se centraba principalmente en las características del bracket, en la actualidad, la aplicación de la nanotecnología a la ciencia de los materiales es de gran interés en la ortodoncia (Gracco et al., 2019). Estudios mencionan que es necesario que se refuercen las medidas preventivas durante el tratamiento de ortodoncia para evitar el desarrollo de enfermedades y a su vez los materiales e insumos utilizados deben evolucionar para promover el estado de salud en cavidad bucal en estos pacientes (Gil et al., 2020; Pourhajibagher et al., 2020a; Zeidan et al., 2022). A partir de esto, en Ortodoncia se ha venido estudiando diferentes aspectos en los cuales las nanopartículas aportan durante la terapia desde la inhibición del crecimiento microbiano hasta el mejoramiento de los materiales para obtener un pronóstico más predecible de los tratamientos ortodónticos (Gil et al., 2020; Subramanian et al., 2022).

Se han desarrollado materiales antibacterianos en ortodoncia con agregados de nanopartículas en adhesivos, arcos, microimplantes y brackets que muestran efectos adecuados para el control de la microbiota asociado a éstos, sin poner en riesgo sus propiedades mecánicas y físicas (Al Tuma & Yassir, 2021). Entre las nanopartículas estudiadas se observan las compuestas por fluoruro de calcio ( $nCaF_2$ ) (Al Tuma & Yassir, 2021), plata (AgNP) Arfa (Ahmed et al., 2022), Cobre-Oxido de zinc y titanio (Pourhajibagher et al., 2020a), entre otras.

Debido al tamaño de las nanopartículas que es inferior a 100 nanómetros (nm) se menciona que tiene una mayor relación superficie-volumen con lo cual se logra una mayor interacción con las biopelículas microbianas (Zeidan et al., 2022). Los metales usados en las nanopartículas han demostrado actividad antibacteriana, entre estos: la plata, el óxido de zinc y cobre, al igual que sus combinaciones.

El mejoramiento de las propiedades mecánicas de los materiales ortodónticos como alambres o arcos con nanopartículas han sido investigados con un enfoque en las fuerzas de fricción generadas durante el tratamiento, encontrando que los recubrimientos con nanopartículas principalmente plata aumentan la resistencia de los mismo ante las fuerzas, así como los revestimientos de cobre mejoran la resistencia a la abrasión (Ameli et al., 2022).

En esta misma línea, los adhesivos ortodónticos han sido modificados con nanopartículas para potenciar sus propiedades biológicas como físicas, a fin de evitar el desarrollo de patologías como manchas blancas asociadas y la consecuente caries dental, en este sentido se han analizado agregados de plata y óxido de zinc con resultados favorables ante *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus* y *Escherichia coli* (Varon-Shahar et al., 2019).

El desarrollo de nanotecnología ha permitido el avance en nanomateriales con aplicaciones a nivel de odontología y todas sus áreas incluida la Ortodoncia, en consecuencia, los estudios se encaminan a la

búsqueda de novedosos y mejores propiedades tanto antimicrobianas como mecánicas (Alvarracin et al., 2021; Guevara, 2019; Samad Khan et al., 2022). Ante lo mencionado, el propósito de este estudio fue recopilar información con respecto a nanopartículas aplicadas en el campo ortodóntico, con el fin de obtener información actualizada referente al tema, y ver los avances en este ámbito.

## **Métodología**

Se trató de un estudio descriptivo, exploratorio y documental de corte transversal (Villavicencio et al., 2016). Para este trabajo investigativo se realizó una búsqueda bibliográfica de artículos científicos publicados desde el año 2012 al 2022, utilizando bases de datos como: PubMed, ScienceDirect, SCOPUS, Scielo y Google Académico. Además, para identificar estudios relevantes se empleó como estrategia de búsqueda términos DECS y MESH incluidos; ‘nanopartículas’, ‘nanopartículas; ortodoncia’, ‘nanopartículas de plata; ortodoncia’, ‘nanopartículas; odontología. Así, también se realizó una investigación manual complementaria de las referencias sugeridas en la selección inicial. Los criterios de inclusión fueron estudios que informaron la aplicación de las nanopartículas en ortodoncia y artículos revisados por pares escritos en inglés y español. Los criterios de exclusión fueron estudios no relevantes para la revisión y literatura gris.

## **Resultados**

### **Concepto**

Las nanopartículas (NP) tienen su origen a partir de la nanotecnología, este término engloba al diseño, los productos y procesos que se caracterizan por mantenerse en el rango de la escala nanométrica que

va de 1 a 100 nm, además para incluirse en esta escala la partícula debe tener este tamaño en dos o más dimensiones (Nowack & Bucheli, 2007). La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) en su documento de especificación técnica ISO/TS 27687 establece la definición para productos nanométricos, específicamente menciona que para ser clasificadas como nanopartículas éstas deben tener escala nanométrica en sus tres dimensiones, caso contrario se denomina nanomaterial o material nanoestructurado (Camacho et al., 2015; Medina et al., 2015).

El Consejo Nacional Asesor en Colombia define a materiales nanoparticulados como: “En el caso específico de materiales nanoparticulados, se consideran así cuando estos presenten una distribución mayor al 10% de partículas inferiores o iguales a 100 nm en sus dimensiones” (-Camacho et al., 2015).

En base a sus utilidades en el ámbito farmacológico se ha definido a las NP como un sistema de administración coloidal cuyas partículas tienen un diámetro entre 10 a 100 nm y pueden o no tener propiedades relacionadas al tamaño que difieren de las observadas con las partículas finas (Mudshinge et al., 2011).

A nivel mundial algunos países Europeos, Estados Unidos, Canadá, Australia, Corea, Taiwán, China y a nivel latinoamericano Chile y Colombia han buscado establecer reglamentación y normativas para el ámbito de la nanotecnología, donde parten estableciendo su definición y posterior normatizan el desarrollo y comercialización de productos, siendo visible en algunos casos el manejo estricto de los mismos y en otros cierta flexibilidad (Bleeker et al., 2013; Tanaka, 2019).

### **Métodos de obtención**

En el proceso de obtención de NP se han involucrado dos métodos a los que se clasifica como “bottom-up” y “top-down”. El método “top-down” consiste en la división de un sólido macro a dimensiones más pequeñas, se utiliza la aplicación de energía en una molienda como

proceso físico que reduce el tamaño de la partícula hasta lograr la escala nanométrica, en este proceso se puede usar la homogenización de alta presión, la microfluidización y la nanomolienda. En sentido contrario el método “bottom-down” consiste en un proceso químico de ensamblaje de moléculas y átomos para formar estructuras de mayor dimensión como las nanopartículas a partir de la dispersión molecular. Estos métodos presentan ventajas y desventajas, puesto que el método físico de molienda produce gran cantidad, pero poca uniformidad en las partículas, en cambio el método químico produce partículas con mayor uniformidad (Leyva Gómez, 2013).

Entre otros métodos “top-down” está la evaporación térmica que se realiza en una cámara al vacío en la que hay calentamiento hasta la evaporación del material, el depósito químico en fase de vapor donde se descompone uno o varios compuestos volátiles en un reactor al vacío, la preparación de clústeres gaseosos que usan láser pulsado de alta potencia, la implantación de iones que presenta un proceso en el que se agrega iones a un material sólido (Zanella, 2012).

Por otro lado, entre los métodos “bottom-up” se encuentra la técnica coloidal la cual consiste en disolver una sal del precursor, un reductor y un estabilizante en una fase continua o dispersante; también se tiene la reducción fotoquímica y radioquímica que modifica el sistema químico por medio de altas energías asociadas a electrones, radicales y especies excitadas. La irradiación con microondas, utilización de dendrímeros, síntesis de solvotermal y el método sol-gel son otros métodos descritos para la obtención de NP (Liu et al., 2021; Zanella, 2012).

## **Propiedades de las nanopartículas**

### **Caracterización**

En los últimos tiempos las NP representan una tecnología inno-

vadora en el campo de los nanomateriales, ya que presentan características físicas, químicas y biológicas diferentes a los materiales utilizados de manera convencional. Es así que la caracterización estructural y morfológica de un material nanoparticulado es un factor relevante para identificar sus propiedades, tanto físicas como químicas, y de esta manera explorar diversas aplicaciones tecnológicas para ser aplicadas en diferentes campos como el área médica.

Entre las características que presentan las NP tenemos: reactividad electroquímica, conductividad térmica y propiedades ópticas no lineales, este plus de características brindan aplicaciones únicas en el campo de la farmacología (Current et al., 2022). Según muchos autores, el tamaño, morfología y la carga superficial de las nanopartículas tienen que ver en la distribución, seguridad y eficacia cuando son probadas en sistemas vivos.

### **Tamaño y morfología**

El tamaño y la morfología de las NP son factores determinantes para su caracterización. La íntima relación que existe entre superficie-volumen y tamaño se conoce como “efecto cuántico”; este efecto genera características químicas, electrónicas, magnéticas y mecánicas. El tamaño juega un rol crucial en las propiedades que presenten las nanopartículas, por ello la importancia de caracterizar sus propiedades y la dimensión de cada una de ellas. Existen varios métodos para su caracterización de los cuales hablaremos más adelante (Márquez et al., s. f.).

### **Carga superficial**

La naturaleza de la intensidad de la carga superficial es un determinante para la interacción con el entorno biológico, así como también su interacción electrostática con compuestos bioactivos. La estabilidad coloidal se obtiene mediante el potencial zeta de las NP. El potencial zeta mide indirectamente la carga superficial que corresponde a la diferencia

de potencial entre el plano externo de Helmholtz y la superficie de corte, esto da como resultado las predicciones sobre la estabilidad de almacenamiento de la dispersión coloidal. Los valores del potencial zeta son altos y pueden ser positivos o negativos con la finalidad de alcanzar estabilidad y evitar el acúmulo de las partículas. El valor del potencial se da en función de la fuerza y la carga eléctrica de los iones que se encuentran en la suspensión. El pH (potencial de hidrógeno) es otro factor que también influye en la carga superficial de las nanopartículas, la explicación consiste a mayor acidez del medio mayor positividad de las partículas y menor acidez las moléculas tienden a ser negativas. (Márquez et al., s. f.)

### **Métodos para caracterizar las nanopartículas**

El tamaño de las nanopartículas es un factor importante, debido a la polidispersidad de los materiales, de ahí la necesidad de conocer la morfología, ya que se supone que el parecido con respecto al tamaño de las nanopartículas con las moléculas biológicas les confiere muchas de sus propiedades a nivel biomédico (Islam et al., 2022; Wang & Xia, s. f.).

Los métodos que se utilizan para caracterizar NP son (Feng et al., 2000; Rajeshkumar et al., 2016; Rodríguez A, 2012):

- Análisis de rayos X de dispersión de energía (EDX): este método permite identificar la composición elemental y la relación de los metabolitos y así facilitar la interpretación de la biodistribución de las nanopartículas de tamaño sintético.
- Microscopía de fuerza atómica (AFM): ayuda a conocer la geografía tridimensional como la altura y el volumen de las nanopartículas.
- La espectroscopia de infrarrojos por transformación de Fourier (FTIR-ATR): identifica la reflectancia total atenuada, de tal manera que no es destructiva y es fácil de realizar, permite identificar metabolitos, sustancias químicas, etc., mediante la síntesis y el recubrimiento de las NPs.



- La espectroscopía de reflectancia difusa UV-visible (UV-DRS): se usa para estudiar las propiedades ópticas de las muestras coloreadas y las mediciones de reflectancia se utilizan para investigar la resonancia plasmónica superficial de los metales y el análisis biológico hipersensible.
- El análisis térmico diferencial-gravimétrico (TG-DTA): proporciona información sobre la estabilidad térmica, la transición de fase y el efecto del entorno oxidativo y reductor;
- El análisis de fotoluminiscencia (PL): se utiliza para determinar la brecha de banda y la pureza cristalina y las impurezas.
- La espectroscopía de fotoelectrones de rayos X (XPS): la suelen utilizar para caracterizar la morfología, la superficie bioactiva y la química de la superficie de la nanopartícula.

## Clasificación

La clasificación de las nanopartículas en el campo de la salud se la estructura en función de la forma, estabilidad, composición y algunas limitantes que se presenten en su uso y/o aplicación. Es así que se establecerá de la siguiente manera:

**Nanopartículas Sólidas Lipídicas (NSL):** Se presentan de forma esférica y están constituidas por un núcleo o matriz lipídica sólida envuelta por una capa de tensioactivas. El núcleo aporta la estabilidad a esta molécula. Dentro de esta clasificación se podría mencionar los siguientes ejemplos: fármacos poco solubles, péptidos, proteínas o ácidos nucleicos (Singh et al., 2020)

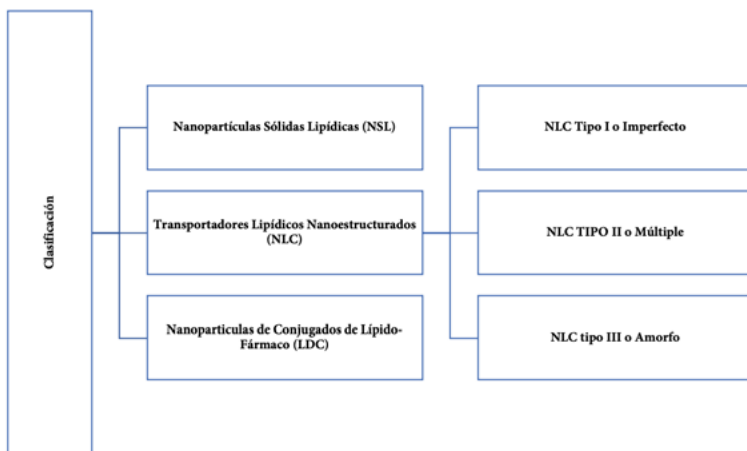
**Transportadores Lipídicos Nanoestructurados (NLC):** La matriz de estas nanopartículas está compuesta por mezclas de lípidos líquidos y sólidos a temperatura del medio habitual, estas en comparación con las NSL presentan una mejor capacidad de carga de sustancias activas y dis-

minuyendo su expulsión durante el almacenamiento (Kesharwani et al., 2016; Mehanna et al., 2012; Mougnot et al., 2022). Se subclasifican en:

- a. NLC TIPO I: También llamado Imperfecto, se caracteriza por tener una matriz desordenada con muchos espacios que pueden adecuar una mayor cantidad de sustancia activa en grupos de diferentes formas. Dicha matriz se forma por la combinación de lípidos-líquidos y lípidos-sólidos; conformados por ácidos grasos de cadenas largas diferentes entre ellas. En este tipo se puede generar la cristalización del lípido como desventaja.
- b. NLC TIPO II: Citado también como Múltiple: Es reconocido por ser altamente eficaz en la encapsulación de sustancias activas, control en la liberación ya que disminuye la expulsión de la molécula activa.
- c. NLC TIPO III: Mencionado como Amorfo, para su síntesis se requieren lípidos específicos como el miristato de isopropilo y/o el adipato de dibutilo, que evitan la cristalización, pero ayudan a la solidificación para que se forme la matriz lipídica en un estado amorfo con homogeneidad (Ghasemiyeh & Mohammadi-Samani, 2018; Puri et al., s. f.).

**Nanopartículas de Conjugados de Lípido-Fármaco (LDC):** Esta clasificación se basa en lípidos con bastante aceptación para la administración de fármacos hidrofílicos. En este tipo de nanopartículas los medicamentos afines a las moléculas de agua se conjugan primero con los componentes lipídicos, mediante puentes covalentes que se forman entre el grupo amino o hidroxilo del fármaco y grupos carboxilo del núcleo lipídico, para generar un complejo lipofílico. Los LDC en los últimos tiempos están siendo motivo de estudio y de uso a nivel biomédico y farmacéutico, ya que por su tecnología podría maximizar el uso de fármacos de tipo hidrofílico de elevada potencia con un bajo índice terapéutico (Chauhan et al., 2020; Torrecilla et al., 2014). Cómo se evidencia en la figura 1.

Figura 1. Clasificación de las Nanopartículas.



Nota: La figura 1 representa la clasificación de las nanopartículas. Adaptado de Mougén M, 2022 (Mougén et al., 2022).

## Aplicaciones de las Nanopartículas

Las nanopartículas en ortodoncia se aplican en dos maneras, la primera mediante recubrimiento de materiales ortodónticos con el fin de reducir la formación de biopelículas o la segunda al combinar adhesivos ortodónticos o materiales acrílicos con nanopartículas para mejorar propiedades físico-químicas (Salehi et al., s. f.).

Las nanopartículas se ha incorporado en aparatos removibles (Pourhajibagher et al., 2022; Shahabi et al., 2021), en adhesivos (Sodagar et al., 2016), en resinas de ortodoncia (Choi et al., 2021; Sánchez-Tito & Tay, 2021), en arcos (Golshah & Feyli, 2022; Hammad et al., 2020; Indumathi et al., 2022), pero para comprender las propiedades mecáni-

cas, entre ellas la resistencia al cizallamiento, microdureza existe pocas investigaciones (Choi et al., 2021; Pourhajibagher et al., 2020b, 2022; Sánchez-Tito & Tay, 2021; Shahabi et al., 2021), así como en el caso de la fricción en ortodoncia (Golshah & Feyli, 2022; Hammad et al., 2020; Indumathi et al., 2022).

Entre las investigaciones revisadas se mencionan principalmente a las nanopartículas de plata (AgNP) que han sido agregadas a los adhesivos y aparatos de ortodoncia convencional, con la finalidad de producir propiedades antimicrobianas y antiadhesivas sin afectar las propiedades físicas y químicas (Jasso-Ruiz et al., s. f.).

### **Aplicaciones físico mecánicas**

Los aparatos de acrílico removibles se usan comúnmente para efectuar movimientos menores a nivel dental, se usan en tratamientos para redireccionar el crecimiento dentoalveolar en los niños, así como retenedor después del tratamiento de ortodoncia fija (Cocco et al., 2020). Los aparatos de ortodoncia removibles al ser de acrílico a base de polimetilmetacrilato (PMMA) presentan superficies más porosas en su estructura al ser fabricados con resinas acrílicas de curado en frío (Pourhajibagher et al., 2022), que las de curado caliente, por lo tanto, constituyen un nicho para la acumulación de bacterias y hongos (*Candida albicans*) (Shahabi et al., 2021), cambios en la flora bucal (*Streptococcus mutans*, *Lactobacillus*) y limitación del proceso mecánico de autolimpieza proporcionado por la saliva, por lo que motiva algunas complicaciones tales como caries dental, enfermedades periodontales y candidiasis (Pourhajibagher et al., 2022).

En los aparatos removibles es factible su limpieza, sin embargo, no se puede eliminar todos los microorganismos ya que pueden penetrar en la base de acrílico, hasta 1 o 2 mm de profundidad, aunque su inmersión en soluciones antimicrobianas tales como Clorhexidina, NitrAdine® o cloruro de cetilpiridinio es una forma de limpiar, existe la posibilidad de

afectar la integridad de la superficie cuando el uso es frecuente (Pourhajibagher et al., 2022)

La curcumina tiene propiedades antimicrobianas, antioxidantes y antiinflamatorias y se ha descrito como un inhibidor de la adhesión del *Streptococcus mutans*, el uso en forma de nanopartículas de ácido poliláctico nisina de curcumina (CurNisNps) al 5% incorporado a la resina acrílica en aparatos removibles mostró una resistencia significativa a la flexión e inhibición de los niveles de *Streptococcus mutans* y *Candida albicans* (Pourhajibagher et al., 2022).

Entre otros compuestos utilizados en la construcción de aparatos removibles se encuentra las nanopartículas de quitosano, las cuales demostraron que un peso de 1% de NP no produce cambios en la resistencia a la flexión, a la compresión, a la microdureza Vickers y resistencia al impacto, por lo tanto se puede utilizar en resina acrílica de curado en frío (Shahabi et al., 2021).

Pourhajibagher (Pourhajibagher et al., 2020a) et al., en una revisión sistemática y metanálisis analizaron la asociación de nanopartículas de Curcumina (Cur), Óxido de Zinc-Curcumina (Cur-ZnO), Cobre (Cu), Óxido de Cobre (CuO), Polietilenoimina de amonio cuaternario (QPEI), Plata (Ag), Hidroxapatita de Plata (Ag-HA), Dióxido de Titanio- Óxido de Circonio (ZrO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>) en los adhesivos en ortodoncia y su modificación en las propiedades mecánicas. Sus resultados indican que no se producen cambios drásticos en las propiedades mecánicas (0.812, 95% CI [0.750, 0.861], p= 0.000), mientras que los grupos de Ag-HA, Cur, Cur-ZnO y TiO<sub>2</sub> en 1% de concentración mostraron una diferencia estadísticamente significativa, con mayor resistencia a la adhesión por cizallamiento en los grupos controles y en cuanto a las propiedades antimicrobianas las nanopartículas de 1% de Cu y 5% TiO<sub>2</sub> a parte de afectar la resistencia, mostraron mayor actividad antimicrobiana contra *Streptococcus mutans*. Por lo tanto, la adición de un 5% de nanopartículas antimicrobianas a un adhesivo de ortodoncia ayuda a reducir el

crecimiento bacteriano y no influye en la resistencia entre la unión del esmalte y los brackets.

En otro estudio desarrollado por (Sánchez-Tito & Tay, 2021), mencionan la incorporación de NP en el adhesivo de 2-metacrilolioxietilfosforilcolina (MPC)-vidrio mesoporosa bioactivo (MBN) en una proporción MPC 3%+ MBN 5% produjo menor absorción de proteínas, aunque la resistencia al cizallamiento disminuyó en comparación al grupo control Mientras que Choi et al., (Choi et al., 2021), incorporó MBN a resinas autoadhesivas y observó un aumento a la microdureza y resistencia al cizallamiento, a medida que aumenta el peso de MBN (1%, 3%), así como también disminución de bacterias gramnegativas como grampositivas.

Entre otras circunstancias observadas durante el tratamiento de ortodoncia, siempre se busca como finalidad disminuir la fuerza de fricción producido por el movimiento del diente entre el alambre de ortodoncia y los brackets mediante la aplicación de cargas bajas, así Golshah et al., (Golshah & Feyli, 2022), evaluaron el nanorecubrimiento con óxido de Circonio (ZrO<sub>2</sub>) sobre la resistencia a la fricción en tres tipos de alambres de ortodoncia de Níquel Titanio (NiTi), acero inoxidable (SS) y beta-titanio (TMA) y determinaron que no existió diferencia significativa entre alambres con y sin recubrimiento (Golshah & Feyli, 2022).

Hammad et al.(Hammad et al., 2020), observaron una reducción de la fuerza de fricción en un 34% al incorporar Óxido de Zinc (ZnO) en arcos NiTi, así como también disminución de la actividad antibacteriana (*Streptococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, y *Escherichia coli*). Mientras que en la revisión sistemática Indumathi et al.(Indumathi et al., 2022), presentaron una reducción de la fuerza de fricción en arcos de alambre recubiertos de NP de Níquel-Fósforo (Ni-P), Disulfuro tungsteno (IF-WS<sub>2</sub>), Cobalto (Co), Molibdeno (MoS<sub>2</sub>), Níquel más Molibdeno, Níquel más Disulfuro tungsteno, Carbono similar al diamante (DLC) en comparación a los arcos sin recubrimiento, mientras que en arcos de NiTi

recubrimiento de IF-WS<sub>2</sub>, DLC, presentaron menor fuerza friccional.

También se ha desarrollado nanopartículas semiconductoras con propiedades antibacterianas con dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>), óxido de zinc, óxido de tungsteno y óxido de hierro. El TiO<sub>2</sub> se aplica para la degradación orgánica debido a su biocompatibilidad y estabilidad química. Al ser iluminado por luz ultravioleta (longitud de onda < 385 nm), el TiO<sub>2</sub> se vuelve fuertemente oxidativo. La reacción fotocatalítica (es decir, la oxidación orgánica a dióxido de carbono) puede descomponer los compuestos orgánicos. Mediante el dopaje y la modificación de la superficie, el TiO<sub>2</sub> presenta una actividad catalítica en la región de la luz visible y aumenta la tasa de utilización de la luz visible (Salehi et al., s. f.).

### **Aplicaciones antimicrobianas**

Las AgNP son excelentes agentes antimicrobianos aplicados en el campo biomédico contra una amplia variedad de microorganismos, incluidos los de la cavidad oral (Zhang et al., 2018). Su mecanismo de acción ha sido ampliamente descrito; sin embargo, sigue sin estar claro. Factores como la capacidad de liberación de iones, la biofuncionalización, el potencial zeta, el tamaño, la forma y otras propiedades fisicoquímicas podrían permitir la adhesión de iones/partículas de plata alrededor de la pared celular de las células bacterianas, produciendo la ruptura de la misma y facilitando la penetración de la plata en la célula, uniéndose a tioles, amino y grupos hidroxilos, afectando a la replicación del ADN, la producción de proteínas, la promoción de la apoptosis y, finalmente, la lisis celular (Feng et al., 2000; Jiménez-Ramírez et al., 2021; Treuel et al., 2014).

Diferentes estudios han reportado el uso de AgNP, en aparatos de ortodoncia con fines antimicrobianos, puesto que los aparatos de ortodoncia fijos crean áreas que dificultan la limpieza dental, ya que las superficies irregulares de los soportes, bandas y cables limitan los mecanismos de autolimpieza de los músculos orales y la saliva, promovien-

do la acumulación de placa bacteriana y la colonización de bacterias acidúricas. En el momento de la fijación de los aparatos de ortodoncia (brackets, cables, módulos elastoméricos, bandas metálicas y otros), el entorno oral sufre cambios químicos producidos por estas bacterias acidógenas como *Streptococcus mutans*, promoviendo efectos indeseables en los tejidos duros. Esta situación ha permitido el desarrollo de nuevas investigaciones que permitan mejorar el control de la bacteria durante los tratamientos de ortodoncia (Heymann & Grauer, 2013; Srivastava et al., 2013).

Entre estas investigaciones se describe la desarrollada por Nafarrate-Valdez, R. et al., en el cual demostraron que las AgNP inhibieron significativamente la adhesión bacteriana y la capacidad de crecimiento de los serotipos c y k de *Streptococcus mutans* sobre superficies de brackets, módulos elastoméricos y arcos de alambre utilizados para tratamientos convencionales de ortodoncia. Este es el primer estudio que determina las actividades antimicrobianas y antiadherentes de la AgNP contra los serotipos c y k de la bacteria *Streptococcus mutans* adheridos a diferentes aparatos utilizados en las terapias de ortodoncia para el control de la caries dental inicial. Aunque las AgNP utilizadas en este estudio podría ser un potencial agente bactericida y antiadherente para el control y la prevención de la caries dental durante los procedimientos convencionales de ortodoncia y, posiblemente, para prevenir otras alteraciones sistémicas, es necesario el desarrollo de más experimentos in vitro e in vivo (Nafarrate-Valdez et al., 2022).

En otro estudio desarrollado en el 2020 por Jasso, se evaluó las propiedades antiadherentes y antibacterianas de distintos brackets de ortodoncia modificados superficialmente con nanopartículas de plata frente a *Streptococcus mutans* y *Streptococcus sobrinus*. Los resultados demuestran que el recubrimiento con las AgNP sobre los brackets disminuyó la adherencia de ambas bacterias, lo que demuestra sus propiedades antibacterianas, siendo útiles para prevenir la acumulación de placa dental y el desarrollo de caries dental durante el tratamiento de ortodoncia (Jasso et al., 2020).



La adición de agentes antimicrobianos en los adhesivos de ortodoncia podrían ser una solución útil para prevenir la formación de manchas blancas, por lo cual evaluaron las propiedades antibacterianas de un adhesivo de ortodoncia convencional que contiene tres concentraciones diferentes de nanopartículas de plata/hidroxiapatita (HA). La adición de 5 % de nanopartículas Ag/HA a los adhesivos de ortodoncia redujo el crecimiento de bacterias cariogénicas, teniendo menos efecto contra *Streptococcus sanguis* (Sodagar et al., 2016).

Los estudios desarrollados han ido probando diversos tipos de nanopartículas, inicialmente solo se utilizaban las AgNP, sin embargo, nuevos estudios han probado otras nanopartículas.

Un estudio desarrollado por Zeidan N., et al., evaluaron el efecto antibacteriano de tres tipos de NP; Ag, óxido de Zinc (ZnO) y una combinación de Ag y ZnO (Ag/ZnO) aplicados en brackets de acero inoxidable usados en ortodoncia. Los soportes recubiertos de Ag/ZnO tuvieron el mayor efecto antibacteriano en comparación con los recubiertos individualmente de Ag y ZnO contra *Streptococcus mutans* y *Lactobacillus acidophilus*, todos los tipos de recubrimientos mostraron un efecto antibacteriano mejorado en comparación con el soporte sin recubrimiento. Durante un período de 3 meses, el efecto antibacteriano de los 3 tipos de recubrimientos persistió sin diferencia en comparación con el efecto después del recubrimiento inmediato. Por lo tanto, serán indispensables más estudios que permitan evaluar los efectos citotóxicos y otros efectos secundarios de los soportes recubiertos con nanopartículas de Ag/ZnO y su eficiencia en la reducción de la incidencia de manchas blancas (Zeidan et al., 2022). En la tabla 1 se resumen las aplicaciones de las nanopartículas en el campo ortodóntico.

Tabla 1. Nanopartículas y sus aplicaciones en ortodoncia

Tipo de nanopartículas	Materiales de ortodoncia	Bacterias	Resultados	Referencias
CurNisNps al 5%	Incorporados a la resina acrílica en aparatos removibles	<i>Streptococcus mutans</i> <i>Candida albicans</i>	Presentó resistencia a la flexión e inhibición de los niveles de <i>Streptococcus mutans</i> y <i>Candida Albicans</i>	(Pourhajibagher et al., 2022)
AgNP	Brackets	<i>Streptococcus mutans</i> <i>Streptococcus sanguis</i>	10 grupos de brackets se modificó su superficies con nanopartículas y mostró menor adherencia en el grupo de brackets con técnica Gemini-Roth para el cultivo de ambas bacterias.	(Jasso-Ruiz et al., s. f.)
AgNP	Resinas de ortodoncia	<i>Streptococcus mutans</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i>	Inhibe el crecimiento microbiano	(Sánchez-Tito & Tay, 2021)
Dióxido de titanio dopado con nitrógeno N-doped TiO <sub>2</sub>	Brackets	<i>Streptococcus mutans</i>	2 grupos, un control y otro recubierto con el método de magnetrones con radiofrecuencia y se observó la formación de colonias a las 24 h, 30, 60, 90 días. A los 90 días mostró una fuerte propiedad antimicrobiana.	(Rameshwar Mhaske et al., 2011)
AgNP	Arcos de acero y alambre	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	8 grupos con recubrimiento mediante método de evaporación térmico al vacío, mostró menor proporción de carga antibacteriana sin diferencias entre los alambres	(Salehi et al., s. f.)
ZnO	Alambre NiTi	<i>Streptococcus aureus</i> , <i>pyogenes</i> , y <i>Escherichia coli</i>	Reducción antibacteriana	(Hammad et al., 2020)
2-metacrililoioxietilfosforilcolina (MP-C)-vidrio mesoporosa bioactivo (MBN)	Adhesivos en ortodoncia	<i>Streptococcus mutans</i> , <i>Escherichia coli</i>	MPC 3%+ MBN 5% menor absorción de proteínas.	(Sánchez-Tito & Tay, 2021)

Tipo de nanopartículas	Materiales de ortodoncia	Bacterias	Resultados	Referencias
MBN 1%, 3%	Resinas autoadhesivas	Bacterias grampositivas y gramnegativas	MBN 1%, 3%	(Choi et al., 2021)
AgNP	Brackets, módulos elastoméricos y arcos de alambre	Serotipos c y k de <i>Streptococcus mutans</i>	Efecto antimicrobiano	(Nafarrate-Valdez et al., 2022)
AgNP	Brackets	<i>Streptococcus mutans</i> y <i>Streptococcus sobrinus</i>	Efecto antimicrobiano	(Jasso et al., 2020)
AgNP/Nanopartículas de hidroxiapatita	Adhesivo (Transbond XT®)	<i>Streptococcus mutans</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> y <i>Streptococcus sanguis</i>	Efecto antimicrobiano	(Sodagar et al., 2016)
AgNP, Nanopartículas de óxido de Zinc, combinación	Brackets	<i>Streptococcus mutans</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i>	Efecto antimicrobiano	(Zeidan et al., 2022)

Nota: La tabla 1 representa las aplicaciones de los diversos tipos de nanopartículas en el campo ortodóntico.

## Conclusiones

La nanotecnología en el campo biomédico y de la farmacología, podría ayudar a disminuir los efectos secundarios que se presentan con los tratamientos de tipo convencional, ya que esta tecnología permite actuar al fármaco de manera específica y asertiva directamente en la célula, lo cual no ocurre con los medicamentos de uso habitual que por su tamaño es imposible que ingresen a la célula y actúen de manera óptima. Es así, que las nanopartículas previamente caracterizadas y con sus propiedades identificadas, actúan como vectores en el campo de la salud y para ser más específicos en el campo Odontológico, protegiendo las biomoléculas y llevándolas hacia el lugar en donde deben actuar, por su diseño químicamente compatible es muy probable su aceptación en el sitio de acción.

Hoy por hoy se están evaluando diversas nanopartículas en varias especialidades como la Ortodoncia, cuyo campo de investigación es amplio y prometedor, aún se necesitan más estudios clínicos para establecer criterios plenos, en base a los efectos que se puedan generar ya sea a corto o largo plazo. Sin embargo, como profesionales e investigadores hemos visto la necesidad de hacer una revisión en donde hemos recopilados información actual con respecto a este tema interesante y promisorio, estamos conscientes que los estudios continúan y es muy prematuro dar un criterio concluyente al respecto, pero también estamos interesados en seguir conociendo al respecto con la certeza de que cada cambio representa evolución.

## Referencias

- Ahmed, A., Muhammad, N., Ali, A., Mutahir, Z., Samad Khan, A., Sharif, F., & Tufail Shah, A. (2022). Effect of augmentin-coated silver nanoparticles on biological and mechanical properties of orthodontic bracket cement. *Materials Technology*, 37(14), 2983-2994. <https://doi.org/10.1080/10667857.2022.2103612>
- Al Tuma, R. R., & Yassir, Y. A. (2021). Evaluation of a newly developed calcium fluoride nanoparticles-containing orthodontic primer: An in-vitro study. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 122, 104691. <https://doi.org/10.1016/J.JMBBM.2021.104691>
- Alhazmi, A. S., Syame, S. M., Mohamed, W. S., & Hakim, A. S. (2022). Incorporation of plant extracted Hydroxyapatite and Chitosan nanoparticles on the surface of orthodontic micro-implants: An In-Vitro antibacterial study. *Microorganisms*, 10(3), 581. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10030581>
- Alvarracin, M., Cuenca, K., & Pacheco, E. (2021). Nanopartículas Antimicrobianas en Odontología: Estado del arte. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 40(8), 839-852.
- Ameli, N., Ghorbani, R., Asadi, S., & Zarrinzade, Z. (2022). Investigation of the effects of orthodontic brackets coated by silver hydroxyapatite, copper oxide, and titanium oxide nanoparticles on wire-bracket friction. *APOS Trends in Orthodontics*, 12(1), 27-33. [https://doi.org/10.25259/APOS\\_105\\_2021](https://doi.org/10.25259/APOS_105_2021)
- Bleeker, E. A. J., de Jong, W. H., Geertsma, R. E., Groenewold, M., Heugens, E. H. W., Koers-Jacquemijns, M., van de Meent, D., Popma, J. R., Rietveld, A. G., Wijnhoven, S. W. P., Cassee, F. R., & Oomen, A. G. (2013). Considerations on the EU definition of a nanomaterial: Science to support policy making. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 65(1), 119-125. <https://doi.org/10.1016/J.YRTPH.2012.11.007>
- Chauhan, I., Yasir, M., Verma, M., & Pratap Singh, A. (2020). Nanostructured Lipid Carriers: A Groundbreaking Approach for Transdermal Drug Delivery. *Adv Pharm Bull*, 2020(2), 150-165. <https://doi.org/10.34172/apb.2020.021>

- Choi, A., Yoo, K. H., Yoon, S. Y., Park, B. S., Kim, I. R., & Kim, Y. Il. (2021). Anti-Microbial and Remineralizing Properties of Self-Adhesive Orthodontic Resin Containing Mesoporous Bioactive Glass. *Materials*, 14(13), 3550. <https://doi.org/10.3390/MA14133550>
- Cocco, F., Cagetti, M. G., Majdub, O., & Campus, G. (2020). Concentration in saliva and antibacterial effect of Xylitol chewing gum: In vivo and in vitro study. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/APP10082900>
- Current, N., Kumar Mandal, A., Katuwal, S., Tettey, F., Gupta, A., Bhattarai, S., Jaisi, S., Prasad Bhandari, D., Kumar Shah, A., Bhattarai, N., & Parajuli, N. (2022). Citation: Mandal, A *Current Research on Zinc Oxide Nanoparticles: Synthesis, Characterization, and Biomedical Applications*. <https://doi.org/10.3390/nano12173066>
- Feng, Q. L., Wu, J., Chen, G. Q., Cui, F. Z., Kim, T. N., & Kim, J. O. (2000). A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on Escherichia coli and Staphylococcus aureus. *Journal of Biomedical Materials Research*. [https://doi.org/10.1002/1097-4636\(20001215\)52:4%3C662::AID-JBM10%3E3.0.CO;2-3](https://doi.org/10.1002/1097-4636(20001215)52:4%3C662::AID-JBM10%3E3.0.CO;2-3)
- Ghasemiyeh, P., & Mohammadi-Samani, S. (2018). Solid lipid nanoparticles and nanostructured lipid carriers as novel drug delivery systems: applications, advantages and disadvantages. *Research in Pharmaceutical Sciences*, 13(4)
- Gil, F. J., Espinar-Escalona, E., Clusellas, N., Fernandez-Bozal, J., Artes-Ribas, M., & Puigdollers, A. (2020). New bactericide orthodontic archwire: NiTi with silver nanoparticles. *Metals*, 10(6), 1-12. <https://doi.org/10.3390/met10060702>
- Golshah, A., & Feyli, S. A. (2022). Effect of zirconium oxide nano-coating on frictional resistance of orthodontic wires. *Journal of Orthodontic Science*, 11(1), 35. [https://doi.org/10.4103/JOS.JOS\\_154\\_21](https://doi.org/10.4103/JOS.JOS_154_21)
- Gracco, A., Dandrea, M., Deflorian, F., Zanella, C., De Stefani, A., Bruno, G., & Stellini, E. (2019). Application of a molybdenum and tungsten disulfide coating to improve tribological properties of orthodontic archwires. *Nanomaterials*, 9(5), 1-10. <https://doi.org/10.3390/nano9050753>

- Guevara, L. (2019). *Actividad antimicrobiana de las nanopartículas de plata a diferentes concentraciones sobre Streptococcus mutans en sistemas adhesivos ortodónticos. Estudio in vitro*. Universidad Central del Ecuador.
- Hammad, S. M., El-Wassefy, N. A., Shamaa, M. S., & Fathy, A. (2020). Evaluation of zinc-oxide nanocoating on the characteristics and antibacterial behavior of nickel-titanium alloy. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 25(4), 51-58. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.25.4.051-058.OAR>
- Heymann, G. C., & Grauer, D. (2013). A Contemporary Review of White Spot Lesions in Orthodontics. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 25(2), 85-95. <https://doi.org/10.1111/JERD.12013>
- Indumathi, P., Singh, D., Sharma, V. K., Shukla, N. K., & Chaturvedi, T. P. (2022). The effect of various nanoparticle coating on the frictional resistance at orthodontic wire and bracket interface: A systematic review. *Journal of Orthodontic Science*, 11(1), 7. [https://doi.org/10.4103/JOS.JOS\\_152\\_21](https://doi.org/10.4103/JOS.JOS_152_21)
- Islam, F., Uddin, M. J., Islam, R., Nafady, M. H., Akter, A., Mitra, S., Roy, A., bin Emran, T., Cavalu, S., & Bd, A. A. (2022). *Materials Exploring the Journey of Zinc Oxide Nanoparticles (ZnO-NPs) toward Biomedical Applications*. <https://doi.org/10.3390/ma15062160>
- Jasso, I., Velazquez, U., Scougall, R., Morales, R., Sawada, T., & Yamaguchi, R. (2020). Silver nanoparticles in orthodontics, a new alternative in bacterial inhibition: in vitro study. *Progress in Orthodontics*, 21. <https://doi.org/10.1186/s40510-020-00324-6>
- Jasso-Ruiz, I., Velazquez-Enriquez, U., José Scougall-Vilchis, R., Alberto Morales-Luckie, R., Sawada, T., & Yamaguchi, R. (s. f.). *Silver nanoparticles in orthodontics, a new alternative in bacterial inhibition: in vitro study*. <https://doi.org/10.1186/s40510-020-00324-6>
- Jiménez-Ramírez, A. J., Martínez-Martínez, R. E., Ayala-Herrera, J. L., Zaragoza-Contreras, E. A., Domínguez-Pérez, R. A., Reyes-López, S. Y., Donohue-Cornejo, A., Cuevas-González, J. C., Silva-Benítez, E. L., & Espinosa-Cristóbal, L. F. (2021). Antimicrobial Activity of Silver Nanoparticles against Clinical Biofilms from Patients with and without Dental Caries. *Journal of Nanomaterials*. <https://doi.org/10.1155/2021/5587455>

- Kesharwani, R., Sachan, A., Singh, S., & Patel, D. (2016). Formulation and evaluation of solid lipid nanoparticle (SLN) based topical gel of etoricoxib. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 6(10), 124-131. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2016.601017>
- Leyva Gómez, G. (2013). Nanopartículas de plata: tecnología para su obtención, caracterización y actividad biológica. *Investigación En Discapacidad*, 2(1), 18-22.
- Liu, L., Huang, J., Yu, H., Wan, J., Liu, L., Yi, K., Zhang, W., & Zhang, C. (2021). Construction of MoO<sub>3</sub> nanoparticles /g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> nanosheets 0D/2D heterojunction photocatalysts for enhanced photocatalytic degradation of antibiotic pollutant. *Chemosphere*, 282, 131049. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2021.131049>
- Márquez, E., David, D., Moreno, H., Prado, M., Santiyán, M., Soler Rodríguez, F., Pérez, M., & Índice, L. (s. f.). *LAS NANOPARTÍCULAS Y SUS APLICACIONES BIOMÉDICAS*.
- Medina, M. E., Galván, L. E., & Reyes, R. E. (2015). Las Nanopartículas y el ambiente. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 19, 49-58.
- Mehanna, M., Motawaa, A., & Samaha, M. (2012). Pharmaceutical Particulate Lipid-Based Carriers. *National Journal of Physiology, Pharmacy & Pharmacology*, 2
- Monaco, A., Cattaneo, R., Spadaro, A., & Giannoni, M. (2008). Surface electromyography pattern of human swallowing. *Bmc Oral Health*, 8(6), 1-11. <https://doi.org/10.1186/1472-6831-8-6>
- Mougenot, M. F., Pereira, V. S., Costa, A. L. R., Lancellotti, M., Porcionatto, M. A., da Silveira, J. C., & de la Torre, L. G. (2022). Biomimetic Nanovesicles—Sources, Design, Production Methods, and Applications. *Pharmaceutics*, 14(10), 2008. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14102008>
- Mudshinge, S. R., Deore, A. B., Patil, S., & Bhalgat, C. M. (2011). Nanoparticles: Emerging carriers for drug delivery. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 19(3), 129-141. <https://doi.org/10.1016/J.JSPS.2011.04.001>



- Nafarrate-Valdez, R. A., Martínez-Martínez, R. E., Zaragoza-Contreras, E. A., Áyala-Herrera, J. L., Domínguez-Pérez, R. A., Reyes-López, S. Y., Donohue-Cornejo, A., Cuevas-González, J. C., Loyola-Rodríguez, J. P., & Espinosa-Cristóbal, L. F. (2022). Anti-Adherence and Antimicrobial Activities of Silver Nanoparticles against Serotypes C and K of *Streptococcus mutans* on Orthodontic Appliances. *Medicina*, 58(7), 877. <https://doi.org/10.3390/medicina58070877>
- Nowack, B., & Bucheli, T. D. (2007). Occurrence, behavior and effects of nanoparticles in the environment. *Environmental Pollution*, 150(1), 5-22. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2007.06.006>
- Pourhajibagher, M., Noroozian, M., Ahmad Akhouni, M. S., & Bahador, A. (2022). Antimicrobial effects and mechanical properties of poly (methyl methacrylate) as an orthodontic acrylic resin containing Curcumin-Nisin-poly (l-lactic acid) nanoparticle: an in vitro study. *BMC Oral Health*, 22(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/S12903-022-02197-Z/FIGURES/4>
- Pourhajibagher, M., Sodagar, A., & Bahador, A. (2020a). An in vitro evaluation of the effects of nanoparticles on shear bond strength and antimicrobial properties of orthodontic adhesives: A systematic review and meta-analysis study. *International Orthodontics*, 18(2), 203-213. <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2020.01.011>
- Pourhajibagher, M., Sodagar, A., & Bahador, A. (2020b). An in vitro evaluation of the effects of nanoparticles on shear bond strength and antimicrobial properties of orthodontic adhesives: A systematic review and meta-analysis study. *International Orthodontics*, 18(2), 203-213. <https://doi.org/10.1016/J.ORTHO.2020.01.011>
- Puri, A., Loomis, K., Smith, B., Lee, J.-H., Yavlovich, A., Heldman, E., & Blumenthal, R. (s. f.). *Lipid-Based Nanoparticles as Pharmaceutical Drug Carriers: From Concepts to Clinic*. [www.clinicaltrials.org](http://www.clinicaltrials.org)
- Rajeshkumar, S., Malarkodi, C., Vanaja, M., & Annadurai, G. (2016). Anticancer and enhanced antimicrobial activity of biosynthesized silver nanoparticles against clinical pathogens. *Journal of Molecular Structure*, 1116(15). <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2016.03.044>

- Rameshwar Mhaske, A., Shetty, C., Sham Bhat, N., Ramachandra, C. S., Laxminanth, S. M., Nagarahalli, K., & Dnyandeo Tekale, P. (2011). *Antiadherent and antibacterial properties of stainless steel and NiTi orthodontic wires coated with silver against Lactobacillus acidophilus-an in vitro study*. <https://doi.org/10.1186/s40510-015-0110-0>
- Rodríguez, A. (2012). *Estudio de la síntesis y caracterización de nanopartículas de magnetita por métodos electroquímicos*. Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico .
- Salehi, P., Babanouri, N., Roein-Peikar, M., & Zare, F. (s. f.). *Long-term antimicrobial assessment of orthodontic brackets coated with nitrogen-doped titanium dioxide against Streptococcus mutans*. <https://doi.org/10.1186/s40510-018-0236-y>
- Samad Khan, A., Alshaia, A., AlDubayan, A., Alarifi, S., Alamri, A., Aldossary, H., Zubairuddin Ahmed, S., Shahrukh Ateeq, I., Saeed Hakeem, A., & Rehman, S. (2022). Preparation of nano-apatite grafted glass-fiber-reinforced composites for orthodontic application: mechanical and In Vitro biofilm analysis. *Materials*, 15. <https://doi.org/10.3390/ma15103504>
- Sánchez-Tito, M., & Tay, L.-Y. (2021). Antibacterial and white spot lesions preventive effect of an orthodontic resin modified with silver-nanoparticles. *J Clin Exp Dent*, 13(7), 685-691. <https://doi.org/10.4317/jced.58330>
- Shahabi, M., Fazel, S. M., & Rangrazi, A. (2021). Incorporation of Chitosan Nanoparticles into a Cold-Cure Orthodontic Acrylic Resin: Effects on Mechanical Properties. *Biomimetics*, 6(1), 7. <https://doi.org/10.3390/BIOMIMETICS6010007>
- Singh, Arpita., Srivastava Vikas Kumar, & Gupta Amresh. (2020). Liposomes. A Review. *International Journal of Indigenous Herbs and Drugs*, 1-6. <https://doi.org/10.46956/ijihd.vi.116>
- Sodagar, A., Akhavan, A., Hashemi, E., Arab, S., Pourhajibagher, M., Sodagar, K., Kharrazifard, M. J., & Bahador, A. (2016). Evaluation of the antibacterial activity of a conventional orthodontic composite containing silver/hydroxyapatite nanoparticles. *Progress in Orthodontics*, 17(1), 1-7. <https://doi.org/10.1186/S40510-016-0153-X/TABLES/2>

- Srivastava, K., Tikku, T., Khanna, R., & Sachan, K. (2013). Risk factors and management of white spot lesions in orthodontics. *Journal of Orthodontic Science*, 2(2), 43. <https://doi.org/10.4103/2278-0203.115081>
- Subramanian, S. K., Anbarasu, P., Navin, N., & Iyer, S. R. (2022). Comparison of antimicrobial effect of selenium nanoparticles and silver nanoparticles coated orthodontic mini-implants – An in vitro study. *APOS Trends in Orthodontics*, 12(1), 20-26. [https://doi.org/10.25259/APOS\\_99\\_2021](https://doi.org/10.25259/APOS_99_2021)
- Tanaka, L. S. (2019). Regulando la nanotecnología. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria En Nanociencias y Nanotecnología*, 12(22)
- Torrecilla, J., Rodríguez-Gascón, A., Solinís, M. Á., & del Pozo-Rodríguez, A. (2014). *Lipid Nanoparticles as Carriers for RNAi against Viral Infections: Current Status and Future Perspectives*. <https://doi.org/10.1155/2014/161794>
- Torres Quintana, M. A. (2006). Bioética e investigación en Odontología. En C. Cardozo, E. Rodríguez, F. Lolas, & A. Quezada. *Ética y Odontología. Una Introducción* (pp. 79-86). Centro Interdisciplinario de Estudios en Bioética. <https://doi.org/10.13140/2.1.4583.9044>
- Treuel, L., Brandholt, S., Maffre, P., Wiegele, S., Shang, L., & Nienhaus, G. U. (2014). Impact of protein modification on the protein corona on nanoparticles and nanoparticle-cell interactions. *ACS Nano*, 8(1), 503-513. [https://doi.org/10.1021/NN405019V/SUPPL\\_FILE/NN405019V\\_SI\\_001.PDF](https://doi.org/10.1021/NN405019V/SUPPL_FILE/NN405019V_SI_001.PDF)
- Varon-Shahar, E., Sharon, E., Zabrovsky, A., Houri-Haddad, Y., & Beyth, N. (2019). Antibacterial Orthodontic Cements and Adhesives: A Possible Solution to Streptococcus mutans Outgrowth Adjacent to Orthodontic Appliances. *Oral Health and Preventive Dentistry*, 17(1), 49-56.
- Villavicencio, E., Alvear, M., Cuenca, K., Calderón, M., Palacios, D., & Alvarado, A. (2016). Diseños de estudios clínicos en odontología. *Revista OACTIVA UC Cuenca*, 1(2), 81-84.
- Wang, Y., & Xia, Y. (s. f.). *Optical, electrochemical and catalytic methods for in-vitro diagnosis using carbonaceous nanoparticles: a review*. <https://doi.org/10.1007/s00604-018-3110-1>

- Zanella, R. (2012). Metodologías para la síntesis de nanopartículas: controlando forma y tamaño. *Conservation Biology*, 5(1), 2039-2039. [https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00323\\_1.x](https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00323_1.x)
- Zeidan, N. K., Enany, N. M., Mohamed, G. G., & Marzouk, E. S. (2022). The antibacterial effect of silver, zinc-oxide and combination of silver/ zinc oxide nanoparticles coating of orthodontic brackets (an in vitro study). *BMC Oral Health*, 22(1), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02263-6>
- Zhang, N., Zhang, K., Xie, X., Dai, Z., Zhao, Z., Imazato, S., Al-Dulajjan, Y. A., Al-Qarni, F. D., Weir, M. D., Reynolds, M. A., Bai, Y., Wang, L., & Xu, H. H. K. (2018). Nanostructured Polymeric Materials with Protein-Repellent and Anti-Caries Properties for Dental Applications. *Nanomaterials*, 8(6), 393. <https://doi.org/10.3390/NANO8060393>

Edisson Mauricio Pacheco Quito  
<http://orcid.org/0000-0002-6168-3218>  
Universidad Católica de Cuenca - Ecuador  
epachecoq@ucacue.edu.ec

Fernanda Katherine Sacoto Figueroa  
<http://orcid.org/0000-0002-5417-0510>  
Universidad Católica de Cuenca - Ecuador  
fsacotof@ucacue.edu.ec

Miriam Verónica Lima Illescas  
<http://orcid.org/0000-0001-6844-3826>  
Universidad Católica de Cuenca - Ecuador  
mlimai@ucacue.edu.ec

Katherine de los Ángeles Cuenca León  
<http://orcid.org/0000-0002-7816-0114>  
Universidad Católica de Cuenca - Ecuador  
kcuenca@ucacue.edu.ec

## **Nanoparticles in Orthodontics: a current vision**

### **ABSTRACT**

Orthodontic therapy allows the functional and esthetic improvement of mal-positioned dental pieces; however, it gives rise to the formation of niches for the development of microorganisms due to the difficulty of hygiene and food retention, consequently, antimicrobial materials based on nanotechnology have been developed. Therefore, the objective of this chapter is to compile updated information on nanoparticles applied in the orthodontic field. The methodology had a non-experimental design with a quantitative, documentary, and cross-sectional approach. The results show that in the orthodontic field, nanoparticles are used as a coating or in combination with materials in the area, being silver the main nanoparticulate in use with antimicrobial effects and without adverse action on the physical and chemical properties of the same. Although the advantages of nanoparticles are great, it is necessary to expand clinical studies to establish full criteria for their therapeutic use.

**Keywords:** Dentistry; Nanotechnology; Pharmacology; Human genetics.

## **Nanopartículas na Ortodontia: uma visão atual**

### **RESUMO**

A terapia ortodôntica permite a melhoria funcional e estética dos dentes mal posicionados, porém, leva à formação de nichos para o desenvolvimento de microorganismos devido à dificuldade de higiene e retenção de alimentos, conseqüentemente, foram desenvolvidos materiais antimicrobianos baseados na nanotecnologia. Portanto, este capítulo tem como objetivo reunir informações atualizadas sobre nanopartículas aplicadas no campo ortodôntico. A metodologia teve um desenho não experimental com uma abordagem documental quantitativa e transversal. Os resultados mostram que no campo ortodôntico as nanopartículas são utilizadas como revestimento ou em combinação com materiais da área, sendo a prata o principal nanoparticulado em uso com efeitos antimicrobianos e sem ação adversa sobre as propriedades físicas e químicas dos mesmos. Embora as vantagens das nanopartículas sejam grandes, são necessários mais estudos clínicos para estabelecer critérios completos para seu uso terapêutico.

**Palavras-chave:** Odontologia; Nanotecnologia; Farmacologia; Genética humana.