



## Nanopartículas en odontología: una revisión sistemática

### Nanoparticles in dentistry: a systematic review

Verónica Guamán<sup>1\*</sup> , Carlos Alban<sup>1</sup> , Víctor Crespo<sup>1</sup> , Carlos Espinoza<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Odontología. Chimborazo, Ecuador.

\*Autor para la correspondencia: [vguaman@unach.edu.ec](mailto:vguaman@unach.edu.ec)

#### Cómo citar este artículo

Guamán V, Alban C, Crespo V, Espinoza C: Nanopartículas en odontología: una revisión sistemática. Rev haban cienc méd [Internet]. 2024 [citado ]; Disponible en: <http://www.revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/5728>

Recibido: 17 de marzo de 2024

Aprobado: 05 de junio de 2024

#### RESUMEN

#### ABSTRACT

**Introducción:** La nano-tecnología ha revolucionado la odontología en las últimas décadas, ofreciendo avances significativos en diagnóstico y tratamiento. Persisten lagunas de conocimiento en Latinoamérica sobre el uso de nanopartículas en biomateriales dentales, justificando una revisión sistemática.

**Objetivo:** Analizar el uso de nanopartículas en odontología, investigando el material más utilizado, métodos de síntesis, afecciones dentales tratadas, bacterias combatidas y usos específicos.

**Material y Métodos:** Se realizó una revisión sistemática siguiendo la metodología PRISMA 2020, evaluando criterios de elegibilidad en 232 estudios obtenidos de Scopus. Se categorizaron, evaluaron riesgos de sesgo y sintetizaron los datos para responder a las preguntas de investigación.

**Resultados:** De 112 estudios identificados, se destacaron materiales como la plata y el óxido de zinc, con métodos de síntesis variados. Las nanopartículas mostraron eficacia en el tratamiento de caries y enfermedades periodontales, combatiendo bacterias como *Streptococcus mutans* y *Staphylococcus aureus*.

**Conclusiones:** La integración de nanopartículas en odontología ha demostrado ser prometedora, mejorando la prevención y tratamiento de enfermedades dentales. Se requiere una mayor investigación para abordar limitaciones y optimizar su aplicación clínica.

**Introduction:** Dentistry has been transformed by nanotechnology in recent decades, offering significant advances in diagnosis and treatment. Knowledge gaps persist in Latin America regarding the use of nanoparticles in dental biomaterials, justifying a systematic review.

**Objective:** To analyze the use of nanoparticles in dentistry, investigating the most commonly used material, synthesis methods, treated dental conditions, bacteria targeted, and specific applications.

**Material and Methods:** A systematic review was conducted following the PRISMA 2020 methodology, evaluating eligibility criteria in 232 studies obtained from Scopus. Data were categorized, bias risks assessed, and synthesized to address research questions.

**Results:** Out of 112 identified studies, materials such as silver and zinc oxide were highlighted, with varied synthesis methods. Nanoparticles showed efficacy in treating caries and periodontal diseases, targeting bacteria such as *Streptococcus mutans* and *Staphylococcus aureus*.

**Conclusions:** The integration of nanoparticles in dentistry has shown promise in improving the prevention and treatment of dental diseases. Further research is needed to address limitations and optimize their clinical application.

#### Palabras Claves:

Nanopartículas, Odontología, Síntesis de nanopartículas, Enfermedades dentales.

#### Keywords:

Nanoparticles, Dentistry, Nanoparticle synthesis, Dental diseases.



## INTRODUCCIÓN

La nanotecnología, campo que abarca la manipulación de la materia a escala nanométrica, ha sido utilizada e implementada como parte de los avances científico-tecnológicos en la ciencia y la odontología no se ha quedado atrás en este aspecto.<sup>(1)</sup>

Las nanopartículas, que operan en una escala de 1 a 100 nanómetros, son el enfoque principal de esta revolución. Estas diminutas estructuras permiten avances significativos en áreas como el diagnóstico dental, la prevención de enfermedades, el desarrollo de materiales dentales avanzados y la regeneración de tejidos bucales.<sup>(2)</sup> Además de mejorar las herramientas y equipos odontológicos, como las unidades de fotocurado LED, la nanotecnología desempeña un papel vital en la protección y caracterización de los tejidos dentales. Las propiedades únicas de las nanopartículas están siendo explotadas para mejorar las propiedades mecánicas y funcionales de los nanocomposites dentales, abriendo el camino hacia soluciones innovadoras en áreas como por ejemplo, las restauraciones dentales antimicrobianas.<sup>(1,2,3)</sup>

En las últimas décadas, la odontología ha sido transformada por la nanotecnología, permitiendo avances significativos en diagnósticos y tratamientos dentales. Las nanopartículas se utilizan en implantes dentales, prótesis y productos farmacéuticos para la salud oral. Estas innovaciones han ayudado a enfrentar una variedad de desafíos clínicos y a mejorar la atención dental y por consiguiente, la calidad de vida de los pacientes.<sup>(4,5)</sup>

Entre las soluciones innovadoras de la aplicación de la nanotecnología en la odontología están el control de infecciones y la regeneración de tejidos, desempeñando un papel fundamental en la prevención de enfermedades bucodentales y la mejora de la eficacia de los tratamientos. Por ejemplo, las nanopartículas de plata han demostrado eficacia en la eliminación de bacterias responsables de la caries dental y la periodontitis, reduciendo así, el riesgo de infecciones postoperatorias y mejorando la salud oral a largo plazo.<sup>(6,7)</sup> Del mismo modo, las nanopartículas de hidroxiapatita, al imitar la estructura del esmalte dental y el tejido óseo, facilitan la regeneración de tejidos y la osteointegración, lo que resulta especialmente beneficioso en procedimientos como la colocación de implantes dentales o la reparación de tejidos dañados.<sup>(8,9)</sup>

Sin embargo, a pesar del potencial prometedor de las nanopartículas en odontología, es importante reconocer que aún existen vacíos en el conocimiento, especialmente en la región de Latinoamérica y en estudios realizados en español. Esta brecha resalta la necesidad urgente de una evaluación crítica y una mayor investigación en el campo, con el fin de ampliar su comprensión y optimizar la aplicación de nanopartículas en la práctica odontológica. Un enfoque renovado en esta área, no solo beneficiaría a los profesionales de la salud dental a mejorar la eficacia de los tratamientos, sino que también tendría un impacto significativo en la calidad de vida de los pacientes.

A través de este estudio los autores se plantean las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuál es el material más utilizado en nanopartículas en odontología?; ¿Cómo se sintetizan las nanopartículas?; ¿Qué afecciones dentales pueden ser tratadas con nanopartículas?; ¿Qué tipo de bacterias pueden ser combatidas por las nanopartículas?; ¿Cuáles son los usos específicos de las nanopartículas en odontología?

Por tanto, el **objetivo** de esta investigación es analizar el uso de nanopartículas en odontología, específicamente en el material más utilizado, métodos de síntesis, afecciones dentales tratadas, bacterias combatidas y usos específicos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Esta investigación siguió la metodología PRISMA 2020.<sup>(10)</sup>

Se realizó un estudio documental que combina enfoques cuantitativos y cualitativos, permitiendo una exploración exhaustiva de los datos.

### Criterios de elegibilidad

La Tabla 1 presenta los criterios de elegibilidad para la Revisión Sistemática de Literatura (SLR, por sus siglas en inglés), categorizados en criterios de inclusión y exclusión. Se utilizó como recurso de búsqueda la base de datos científica Scopus, dada su recopilación de información de diversas bases de datos científicas, editoriales y revistas de alto impacto. La selección de esta base de datos también se basó en el hecho de que arrojó un número significativo de estudios (232), considerados una muestra sustancial.

Tabla 1: Criterios de Inclusión y exclusión para la selección de los estudios	
Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudios de los últimos 5 años (2020-2024).</li> <li>Artículos de revistas y capítulos de libro.</li> <li>Estudios o manuscritos publicados en idioma inglés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudios o manuscritos que posean cartas de retracción o de erratas.</li> <li>Estudios que no mencionen el título del documento sino de su evento o congreso científico.</li> <li>Estudios que a pesar de abordar la temática de investigación, no conteste alguna de las preguntas de investigación formuladas.</li> </ul>

### Estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda en Scopus, con los criterios de inclusión y exclusión definidos anteriormente y las palabras clave relacionadas al tema de estudio, como se muestra a continuación: (TITLE (nanomaterial OR nanoparticle OR nanocomposite OR nanocoating) AND TITLE (dental OR odontology OR dentistry) ) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2023) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2024) ) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE, "cp") OR LIMIT-TO (DOCTYPE, "re") ) AND ( LIMIT-TO (LANGUAGE, "English") ).

### Proceso de selección de los estudios

Se revisaron los títulos, resúmenes y palabras clave de cada publicación para eliminar aquellas que no fueran adecuadas a las preguntas de investigación. Se verificó la alineación con el objetivo de la investigación y su pertinencia en odontología. Posteriormente, se descargaron y revisaron los artículos a texto completo, excluyendo el resto y aquellos que tenían conflicto de interés. Los datos se organizaron y clasificaron utilizando una hoja de cálculo Excel para una recolección estructurada de las variables de estudio.

### Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales

Los autores colaboraron en la revisión y selección de estudios. Cada investigador analizó el 25% de los estudios y revisó decisiones equivalentes de otros investigadores. Este proceso se aplicó tanto al primer filtro de selección como al segundo

Estudios	No.	%	Descripción
Candidatos	232	100	Estudios resultantes de la aplicación de la cadena de búsqueda
Candidatos depurados	232	100	Estudios únicos sin duplicados
Seleccionados	122	53	Estudios luego de la revisión de título, resumen, palabras clave
Recuperados	114	49	Estudios descargados a texto completo
Finales	112	48	Estudios revisados a texto completo y seleccionados

### Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales

La revisión y el arbitraje para la selección de los estudios se realizaron de forma colaborativa entre los autores de este trabajo. Cada investigador analizó el 25 % de los estudios, y cada uno sirvió como revisor de las decisiones de al menos el mismo porcentaje de estudios. Este proceso se aplicó, tanto a los estudios seleccionados (primer filtro), como a los primarios (segundo filtro). En la Tabla 2, se proporciona una descripción general del número y porcentaje de estudios en cada etapa del proceso, comenzando con el número total de estudios candidatos recuperados de la base de datos Scopus utilizando la cadena de búsqueda especificada. Este recuento inicial sienta las bases para el proceso de selección. Posteriormente se presenta el número y porcentaje de estudios identificados como primarios, marcando el inicio de la fase de revisión para abordar las preguntas de investigación.

### Medidas del efecto y métodos de síntesis

Los estudios se clasificaron y contaron según las respuestas a cada pregunta. Se determinó el porcentaje relativo al total de estudios primarios y aquellos que abordaron cada pregunta. Se utilizó Excel para la recolección, organización y síntesis de datos. Se diseñó una estructura que incluía el código de identificación de cada estudio, su selección, conflicto de intereses, respuesta a las preguntas de investigación, muestra y población. Se crearon categorías y se enumeraron los datos dentro de estas para su tabulación y clasificación.

En esta tabulación se realizó una clasificación para cada pregunta de investigación con el fin de agrupar aquellas relacionadas con el mismo tema, lo que resultó en un total de 112 estudios que abordan el uso de nanopartículas en odontología. En la pregunta de investigación RQ1, se identificaron 11 clasificaciones según el tipo de material utilizado y/o estudiado. Por otro lado, en la RQ2 se analizó el método de síntesis de nanopartículas, mientras que la RQ3 incluyó 5 clasificaciones relacionadas con las enfermedades que las nanopartículas ayudan a tratar o diagnosticar. Asimismo, la RQ4 presentó 12 clasificaciones que muestran las bacterias susceptibles a las nanopartículas, y finalmente, la RQ5 abordó 7 clasificaciones sobre los usos de estas nanopartículas.

Se evaluaron los aspectos estadísticos para mejorar la calidad de las respuestas a las preguntas de investigación. Se calculó el porcentaje de estudios que abordaron cada pregunta y se aplicaron medidas estadísticas como mínimo, máximo, media, mediana, rango y amplitud. Estos parámetros ayudaron a establecer rangos de confiabilidad para las respuestas, clasificándolas en alta, media o baja confiabilidad, como se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3: Total de estudios según cada una de las preguntas de investigación definidas**

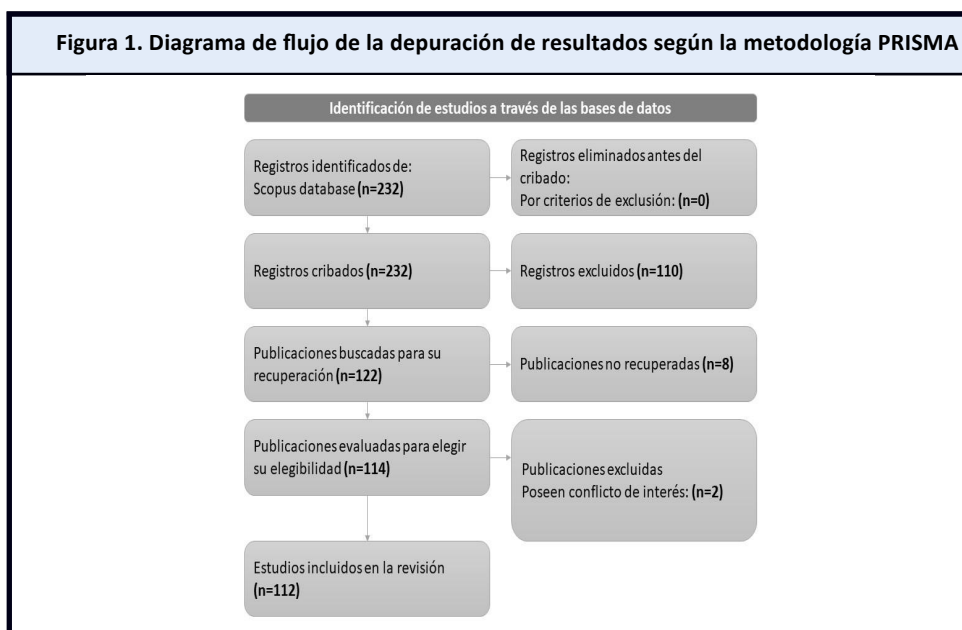
Pregunta	NE	VMin- VMax %	R, A %	Media %	Mediana %	Confianza baja			Confianza media			Confianza alta		
						LI-(%)	LS-(%)	No. (%)	LI (%)	LS (%)	N (%)	LI (%)	LS (%)	N (%)
RQ1 ¿Cuál es el material más usado en nanopartículas en odontología?	112	3-29	R=26 A=9	11	6	3	11	6 (55)	11	20	4 (36)	20	29	1 (9)
RQ3 ¿Qué afecciones dentales pueden combatirse usando nanopartículas?	23	4-83	R=79 A=26	21	4	4	31	4 (80)	31	57	0 (0)	57	83	1 (20)
RQ4 ¿Qué tipo de bacteria combaten las nanopartículas?	45	2-60	R=58 A=19	12	6	2	22	10 (84)	22	41	1 (8)	41	60	1 (8)
RQ5 ¿Qué usos tienen las nanopartículas en odontología?	101	1-57	R=56 A=19	19	9	1	20	5 (71)	20	38	0 (0)	38	57	2 (29)

**Nota.** NE: Número Estudio, VMin= Valor mínimo, VMax= Valor máximo, A=Amplitud, R=Rango, LI=Límite inferior, LS=Límite superior, N= Número y porcentaje de resultados que proporcionan confianza media, alta y baja.

## RESULTADOS

### Selección de estudios

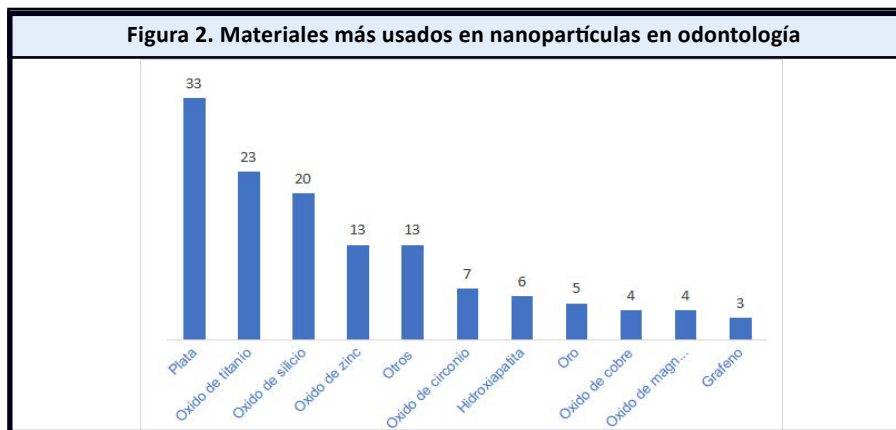
La búsqueda inicial encontró 232 estudios candidatos. Tras el primer filtro, se seleccionaron 122 estudios para su revisión. Se recuperaron 114 estudios adicionales de la web. Después del segundo filtro, se excluyeron 2 estudios por conflictos de interés. Finalmente, se utilizaron 112 estudios primarios para responder a las preguntas de investigación, validando la eficacia de la cadena de búsqueda. Este proceso se visualiza en la Figura 1.



Los 112 documentos incorporados en esta revisión fueron categorizados según su año de publicación y el tipo de documento correspondiente, lo que facilitó su comprensión durante el proceso de evaluación. Dentro de este conjunto, se identificaron 109 artículos y 3 presentaciones de conferencias que se puede visualizar en el material complementario. Todos los documentos usados para esta SLR están organizados en la base de datos disponible en <https://zenodo.org/records/11177081>.

### RQ1- ¿Cuál es el material más usado en nanopartículas en odontología?

Las nanopartículas han surgido como una herramienta innovadora con un potencial prometedor en el campo de la odontología. Su tamaño diminuto y sus propiedades únicas les permiten desempeñar roles diversos, desde mejorar la eficacia de los materiales dentales hasta facilitar el diagnóstico y tratamiento de enfermedades dentales. En cuanto a los metales, nanopartículas como la plata<sup>(7)</sup>, el oro<sup>(11)</sup> y el óxido de zinc<sup>(8)</sup> se emplean en diversas aplicaciones odontológicas. Estos ejemplos destacan cómo la nanotecnología está transformando el campo de la odontología al mejorar la funcionalidad y las propiedades de los materiales utilizados en diversos procedimientos dentales. La figura 2 proporciona una visión general de los materiales más comúnmente utilizados para nanopartículas en odontología.



En los resultados destacan materiales como la plata, el óxido de titanio y el óxido de silicio. Sin embargo, también se mencionan otros materiales como el óxido de circonio, óxido de cobre, óxido de magnesio y grafeno que son menos estudiados y requieren una mayor investigación en este campo. Es importante destacar que la plata como nanopartícula es recurrente en las investigaciones, lo que sugiere un interés continuo y una amplia aplicación en diversos aspectos de la odontología. Los estudios mencionan que las nanopartículas de plata se utilizan en materiales de obturación dental para sus propiedades antimicrobianas, ayudando a prevenir la formación de caries secundarias. Asimismo, el óxido de zinc y el óxido de titanio<sup>(12)</sup> en forma de nanopartículas se incorporan en materiales de impresión dental y selladores para mejorar su resistencia y flexibilidad.

**RQ2- ¿Cómo se sintetizan las nanopartículas?**

Para abordar la segunda pregunta de investigación, se recopiló información de 32 artículos centrados en la síntesis de nanopartículas. Dado que estos artículos describían procesos diversos, se llevó a cabo una categorización para agrupar y presentar de manera organizada, la amplia gama de métodos empleados para sintetizar diversos tipos de nanopartículas. En la Tabla 4, se presenta un resumen conciso de los métodos mencionados.

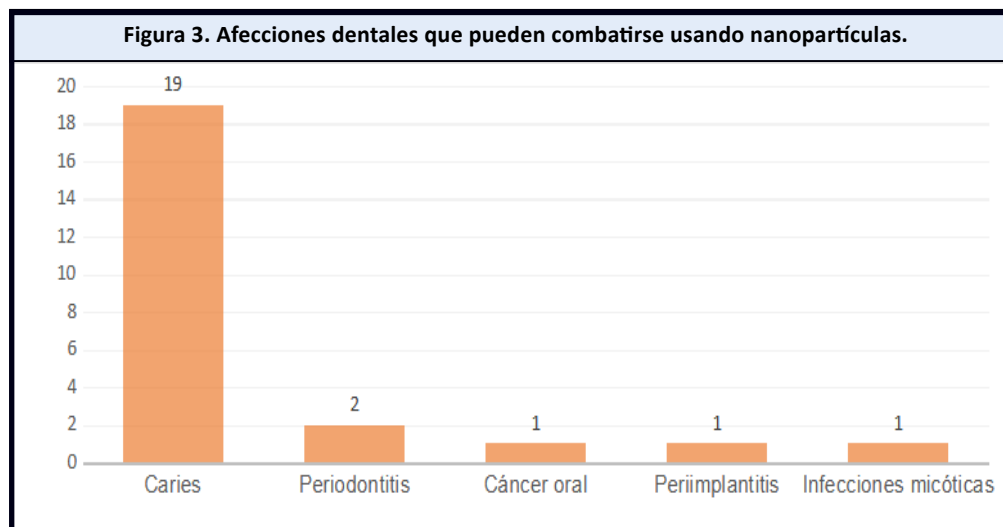
Tabla 4. Métodos de síntesis para la obtención de nanopartículas	
Formas de sintetizar las nanopartículas en odontología	
Síntesis por métodos físicos:	<ul style="list-style-type: none"> <li>S-1: Depósito por reacción de descarga de plasma<sup>(13)</sup></li> <li>S-30: Producción de nanopartículas mediante ablación láser<sup>(14)</sup></li> <li>S-66: Síntesis de nanopartículas de TiO2 mediante mezcla de extracto acuoso con isopropóxido de titanio<sup>(12)</sup></li> </ul>
Síntesis por métodos químicos:	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Métodos de reducción química:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>S-11: Síntesis de nanopartículas de plata mediante disolución de precursor en metacrilato y estabilización con TBAEMA<sup>(15)</sup></li> <li>S-13: Reducción química acuosa de nitrato de plata utilizando ácido gálico<sup>(16)</sup></li> <li>S-21: Reducción de nitrato de plata por citrato de sodio y estabilización con amoníaco<sup>(17)</sup></li> <li>S-34: Síntesis de nanopartículas de plata mediante reacción con polietilenglicol y nitrato de plata<sup>(18)</sup></li> <li>S-62: Método de reducción con citrato para sintetizar nanopartículas de plata<sup>(19)</sup></li> <li>S-83: Síntesis de nanopartículas de plata utilizando borohidruro de sodio<sup>(20)</sup></li> </ul> </li> <li><b>Métodos de coprecipitación:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>S-7: Síntesis de nanopartículas de plata mediante dispersión seguida de sonicación, centrifugación, lavado y secado<sup>(21)</sup></li> <li>S-28: Síntesis de nanopartículas de óxido de zinc por reacción de acetato de zinc con NaOH<sup>(22)</sup></li> <li>S-29: Síntesis de nanopartículas de CuO por reacción de acetato de cobre con hidróxido de sodio y calcinación<sup>(23)</sup></li> <li>S-31: Síntesis de nanopartículas de ZnO por coprecipitación<sup>(24)</sup></li> <li>S-57: Preparación de nanopartículas de ZnO y Ag/ZnO mediante el método sol-gel<sup>(25)</sup></li> </ul> </li> <li><b>Métodos de microemulsión inversa:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>S-35: Síntesis de nanopartículas de sílice mediante reacción de CTAC, TEA y TEOS seguida de lavado y calcinación<sup>(26)</sup></li> <li>S-37: Síntesis de nanopartículas cargadas con CHX utilizando el método de Stöber en microemulsión inversa<sup>(27)</sup></li> </ul> </li> <li><b>Métodos de sol-gel:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>S-4: Nanopartículas sintetizadas mediante reacciones solvotérmicas controlables<sup>(28)</sup></li> <li>S-5: Síntesis de nanopartículas de Co1-xZnxO por el método sol-gel<sup>(29)</sup></li> <li>S-57: Preparación de nanopartículas de ZnO y Ag/ZnO mediante el método sol-gel<sup>(25)</sup></li> </ul> </li> <li><b>Métodos de precipitación húmeda:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>S-25: Síntesis de nanopartículas de hidroxiapatita de hierro (FeHA) por precipitación húmeda<sup>(30)</sup></li> <li>S-59: Preparación de nanopartículas de fosfato de hidroxiapatita (HApNP) mediante precipitación húmeda<sup>(31)</sup></li> <li>S-106: Síntesis de nanopartículas de ZnO por precipitación y calcinación de hidróxido de sodio y nitrato de zinc<sup>(32)</sup></li> </ul> </li> <li><b>Métodos de ablación láser:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>S-30: Producción de nanopartículas mediante ablación láser<sup>(14)</sup></li> </ul> </li> <li><b>Métodos de extracción biológica:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>S-8: Síntesis de nanopartículas de plata mediante incubación de extracto bacteriano con nitrato de plata<sup>(33)</sup></li> <li>S-22: Síntesis de nanopartículas de plata utilizando extracto de té verde, ajuste de pH y centrifugación<sup>(34)</sup></li> <li>S-105: Síntesis de nanopartículas de plata mediante bio-reducción con goma arábica<sup>(35)</sup></li> </ul> </li> <li><b>Métodos de activación mecanoquímica:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>S-87: Síntesis de nanopartículas de MgO mediante activación mecanoquímica<sup>(36)</sup></li> </ul> </li> <li><b>Métodos de síntesis microbiana:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>S-101: Síntesis microbiana de nanopartículas de TiO2 utilizando la bacteria Bacillus subtilis<sup>(37)</sup></li> </ul> </li> <li><b>Métodos de síntesis verde:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>S-1: Depósito de recubrimientos nanocompuestos utilizando plasma de descarga incandescente catódica<sup>(13)</sup></li> <li>S-24: Preparación de Invisalign recubierto con AuDAPT<sup>(38)</sup></li> </ul> </li> </ul>
Caracterización y análisis:	<ul style="list-style-type: none"> <li>S-98: Análisis UV de AgNP y comparación con la literatura<sup>(39)</sup></li> <li>S-101: Caracterización de nanopartículas de TiO2 utilizando microscopía electrónica de transmisión<sup>(40)</sup></li> </ul>

Nota: S = Estudio primario. El código del número del estudio es la identificación con la que se encuentra el estudio en la matriz de procesamiento de datos, disponible en: <https://zenodo.org/records/11177081>.

Estos métodos varían desde reacciones químicas simples hasta procesos más complejos que involucran tratamientos térmicos y de alta energía, cada uno adaptado para producir nanopartículas con propiedades específicas según las necesidades de la aplicación deseada. Esto evidencia que existe una variedad de métodos para la síntesis de nanopartículas utilizando diferentes precursores, reacciones y condiciones de síntesis. Desde la reducción química con agentes reductores como citrato y extractos vegetales hasta la activación mecanoquímica y los métodos de coprecipitación, cada proceso ofrece sus propias ventajas y desafíos en términos de control de tamaño, forma y estabilidad de las nanopartículas resultantes. Además, la funcionalización de las superficies de las nanopartículas con agentes estabilizadores o grupos funcionales específicos permite una mayor diversidad de aplicaciones en campos que van desde la medicina hasta la ingeniería de materiales.

### RQ3- ¿Qué afecciones dentales pueden combatirse usando nanopartículas?

En relación a esta pregunta, únicamente 24 estudios presentaron información relacionada con patologías odontológicas. De estos 24 estudios, 19 están enfocados en la investigación del efecto antibacterial de las nanopartículas contra bacterias asociadas con la caries dental, mientras que los estudios restantes abordan el uso de nanopartículas en el tratamiento de afecciones como periodontitis, periimplantitis o infecciones micóticas. Sorprendentemente, solo un estudio se centra en el uso de nanopartículas para el diagnóstico y tratamiento del cáncer oral, lo cual sugiere un área que requiere mayor atención y exploración en futuras investigaciones. En la figura 3 se presenta una síntesis de estos resultados.

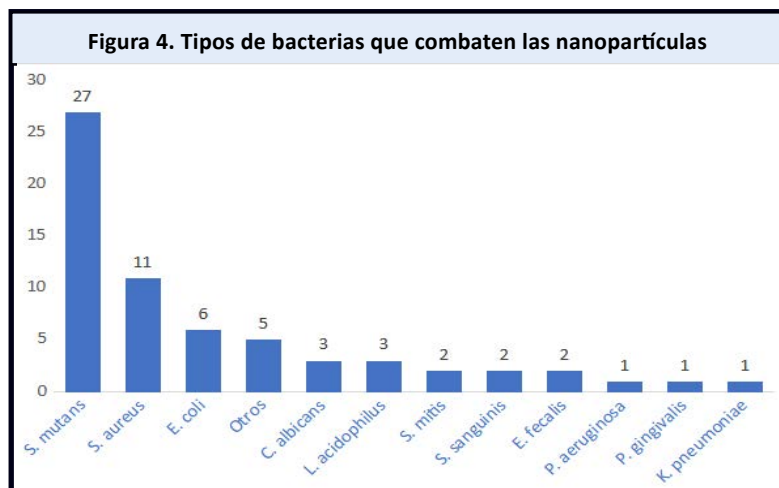


Los resultados revelan que, en el contexto de enfermedades dentales como la caries, las nanopartículas ofrecen prometedores enfoques terapéuticos y preventivos. Por ejemplo, se están desarrollando materiales de restauración dental que contienen nanopartículas de agentes antimicrobianos, como la plata, que tienen la capacidad de inhibir el crecimiento bacteriano y prevenir la formación de nuevas lesiones cariosas. Además, las nanopartículas pueden ser utilizadas en enjuagues bucales o pastas dentales para combatir las bacterias responsables de la caries, ofreciendo una alternativa eficaz a los enfoques tradicionales de prevención y tratamiento.

En enfermedades periodontales como la periimplantitis y la periodontitis, las nanopartículas también están siendo investigadas como una herramienta terapéutica prometedora. Se están desarrollando materiales de recubrimiento de implantes dentales que contienen nanopartículas antimicrobianas para prevenir la colonización bacteriana y la inflamación alrededor de los implantes. Además, se exploran sistemas de liberación controlada de fármacos basados en nanopartículas para administrar agentes terapéuticos directamente en las bolsas periodontales, reduciendo la inflamación y promoviendo la regeneración del tejido periodontal. Estos avances en la aplicación de nanopartículas en el tratamiento de enfermedades periodontales tienen el potencial de mejorar significativamente los resultados clínicos y la calidad de vida de los pacientes.

### RQ4- ¿Qué tipo de bacteria combaten las nanopartículas?

Las nanopartículas desempeñan un papel fundamental en el combate contra las bacterias causantes de enfermedades dentales y la formación de biofilms. En la Figura 4, se exhiben las bacterias que los estudios identifican como potenciales objetivos para el tratamiento con nanopartículas. De los 112 estudios finales, 64 se centran en la evaluación de la efectividad de las nanopartículas integradas a biomateriales dentales para combatir bacterias específicas, ya sea mediante la inhibición de su crecimiento o la prevención de la formación de biofilms que conducen a la aparición de caries en un período de tiempo determinado.



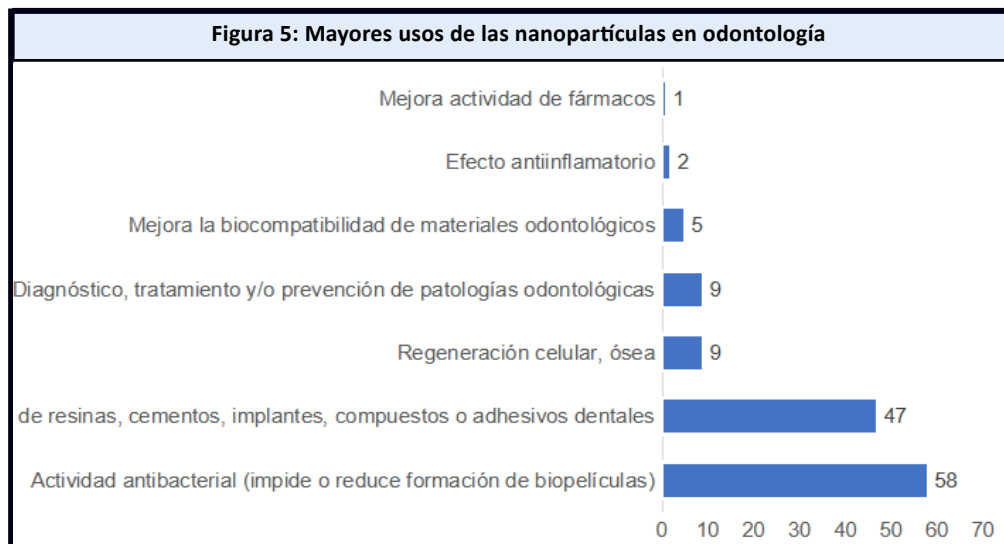
Las bacterias más comúnmente asociadas con la caries dental, como *Streptococcus mutans* y *Staphylococcus aureus*, son también las más investigadas en estos estudios. A pesar de que otras bacterias, como *E. coli*, *C. albicans*, *L. acidophilus*, *S. mitis*, *S. sanguis*, *E. fecalis*, *P. aereginosa*, *P. gingivalis*, y *K. Pneumoniae*, también contribuyen al desarrollo de caries, se ha prestado menos atención a su estudio. Sin embargo, se ha observado que todas las bacterias analizadas son susceptibles a la combinación de biomateriales con nanopartículas, lo que resulta en una disminución tanto de su crecimiento como de la formación de biofilms, contribuyendo así a la reducción de las patologías orales. También se identificó que, las nanopartículas de plata, por ejemplo, han demostrado una potente actividad antimicrobiana contra una amplia variedad de bacterias, incluyendo *S. mutans*, una de las principales causantes de la caries dental. Estas nanopartículas de plata tienen la capacidad de penetrar las membranas celulares bacterianas, alterando su estructura y función, lo que conduce a la muerte celular. Además, las nanopartículas de plata pueden inhibir la formación de biofilms al interferir con la adhesión bacteriana a las superficies dentales, lo que dificulta la colonización y proliferación bacteriana.

Otro ejemplo es el uso de nanopartículas de óxido de zinc, que han demostrado actividad antimicrobiana contra bacterias como *S. aureus*, *E. coli* y *P. aeruginosa*, comúnmente asociadas con infecciones periimplantarias y periodontales. Estas nanopartículas pueden interrumpir los procesos metabólicos y la integridad estructural de las bacterias, lo que resulta en su destrucción. Además, las nanopartículas de óxido de zinc pueden prevenir la formación de biofilms al interferir con la comunicación celular entre las bacterias, lo que reduce su capacidad para formar comunidades adherentes en las superficies dentales y de implantes. En conjunto, estas propiedades antimicrobianas de las nanopartículas ofrecen nuevas estrategias para el tratamiento y prevención de enfermedades dentales causadas por bacterias y la formación de biofilms. Existen más nanopartículas de otros materiales que también tiene acción bacteriana, pero necesitan más estudios in vivo para poder usarlas con mayor frecuencia en los procedimientos odontológicos.

#### RQ5- ¿Qué usos tienen las nanopartículas en odontología?

Las nanopartículas en el ámbito de la odontología presentan una variedad de aplicaciones fundamentadas en investigaciones y respaldadas por sus resultados. En particular, se centran en mejorar las propiedades de los materiales dentales y en combatir la actividad bacteriana. Las investigaciones demuestran que las nanopartículas de plata y cobre poseen propiedades antibacterianas efectivas sin comprometer la integridad mecánica de los materiales. Asimismo, las nanopartículas de oro y plata, depositadas sobre  $TiO_2$ , han mostrado una notable eficacia antimicrobiana, especialmente contra patógenos orales como *Streptococcus mutans* y *Pseudomonas aeruginosa*, abriendo nuevas posibilidades en el tratamiento de afecciones como la caries o periimplantitis.

La combinación de diferentes tipos de nanopartículas, como el  $TiO_2$  y el óxido de silicio, ha demostrado mejorar tanto las propiedades mecánicas como las antimicrobianas de los materiales dentales, al tiempo que fomenta la proliferación y diferenciación celular. Además, la funcionalización de nanopartículas con agentes naturales como el romero y el jengibre ha ampliado su espectro de acción, mostrando una mayor actividad antibacteriana y antiinflamatoria, lo que sugiere su potencial en la prevención y tratamiento de enfermedades periodontales. Las nanopartículas también se han empleado para mejorar la adhesión y resistencia de los materiales dentales, así como para controlar la formación de biopelículas bacterianas en implantes dentales y prótesis, lo que contribuye a una mejor salud oral y a una mayor durabilidad de los dispositivos protésicos. Además, se investiga su capacidad como vehículos de liberación de fármacos para tratar infecciones bacterianas y promover la remineralización del esmalte dental, lo que podría transformar los enfoques terapéuticos en odontología. En la figura 5 se muestra la distribución de estudios dedicados a la investigación de diversos usos de las nanopartículas.



## DISCUSIÓN

Se observa una tendencia interesante en cuanto a la preferencia de materiales para la síntesis de nanopartículas en odontología. Autores como Zhao<sup>(13)</sup> y Wang<sup>(15)</sup> han investigado ampliamente el uso de nanopartículas de plata en materiales dentales, destacando su eficacia antimicrobiana para prevenir caries secundarias y mejorar la durabilidad de las restauraciones. En contraste, otros autores como Shoorgasthi<sup>(25)</sup> y Naguib<sup>(41)</sup> se han centrado en el desarrollo de nanopartículas de óxido de zinc, destacando su capacidad para combatir bacterias asociadas con enfermedades periodontales y mejorar la integración de implantes dentales. Estas diferencias en las preferencias de materiales reflejan las diversas necesidades clínicas y enfoques de investigación dentro del campo de la odontología.

También existen diferencias en los métodos de síntesis de nanopartículas utilizados por diferentes autores. En este caso, Saygi<sup>(42)</sup> y Klein<sup>(43)</sup> han empleado principalmente métodos de reducción química para sintetizar nanopartículas de plata, mientras que autores como Devlakshmi<sup>(12)</sup> y Thyagarajan<sup>(44)</sup> han explorado métodos de síntesis verde utilizando extractos vegetales como agentes reductores. Estas variaciones en los métodos de síntesis pueden influir en las propiedades y aplicaciones de las nanopartículas resultantes, destacando la importancia de seleccionar el método más adecuado para cada aplicación odontológica específica.

En cuanto a las afecciones dentales tratadas con compuestos usando nanopartículas, los estudios muestran una variedad de enfoques terapéuticos. Abd-Alli<sup>(33)</sup> y Ortiz<sup>(16)</sup> han investigado el uso de nanopartículas de plata para prevenir la caries dental mediante la inhibición del crecimiento bacteriano, mientras que autores como Bukovinsky<sup>(45)</sup> y Zhang<sup>(38)</sup> han explorado el uso de nanopartículas de oro para promover la regeneración del tejido periodontal en casos de periodontitis. Estas diferencias en los enfoques terapéuticos reflejan la diversidad de aplicaciones potenciales de las nanopartículas en odontología y resaltan la importancia de continuar investigando en este campo.

Las diferencias en los tipos de bacterias combatidas por las nanopartículas, dependiendo de los materiales y métodos de síntesis utilizados por diferentes autores. Se ha investigado por Jiménez<sup>(46)</sup> y Al-Ansari<sup>(47)</sup>, el efecto antimicrobiano de nanopartículas de plata contra bacterias asociadas con la caries dental, mientras que autores como Mathew y Jiménez han explorado el uso de nanopartículas de óxido de titanio para combatir bacterias responsables de enfermedades periodontales. Estas diferencias en los tipos de bacterias estudiadas reflejan las diversas preocupaciones clínicas y áreas de interés dentro del campo de la odontología.

Por último, al examinar los usos de las nanopartículas en odontología, se observan diferencias en las áreas de investigación y aplicaciones clínicas exploradas por diferentes autores. Beketova<sup>(48)</sup> y Chuang<sup>(37)</sup> se han centrado en mejorar las propiedades mecánicas de los materiales dentales mediante la incorporación de nanopartículas. Estas diferencias en los usos de las nanopartículas resaltan la versatilidad y el potencial de estas tecnologías en el campo de la odontología, así como la importancia de considerar múltiples enfoques en la investigación y desarrollo de nuevas terapias y materiales dentales.

A pesar de los hallazgos significativos de esta revisión sistemática, existen varias **limitaciones** en este estudio que deben considerarse. En primer lugar, la búsqueda de literatura se limitó a una sola base de datos, Scopus, lo que podría haber excluido estudios relevantes publicados en otras bases de datos científicas. Además, el estudio solo incluyó artículos publicados en inglés, lo que puede haber excluido investigaciones relevantes en otros idiomas, sin embargo se debe considerar que en este idioma publican la mayoría de revistas de alto impacto. La selección de estudios se basó en la disponibilidad completa de los artículos, por lo que algunos estudios potencialmente importantes que no estaban accesibles fueron descartados.



## CONCLUSIONES

La inclusión de nanopartículas en la odontología ha sido revolucionaria, enfrentando desafíos clínicos diversos, desde mejorar los materiales dentales hasta combatir enfermedades orales comunes como la caries. Tipos como la plata, el oro y el óxido de zinc han demostrado ser efectivos en prevenir caries secundarias y fortalecer restauraciones dentales. Además, la síntesis de nanopartículas ha sido objeto de investigación extensa, dando lugar a métodos variados que permiten producir nanopartículas con propiedades específicas adaptadas a diversas aplicaciones odontológicas, resaltando su versatilidad. En términos de aplicaciones clínicas, las nanopartículas muestran promesas en el tratamiento y prevención de enfermedades dentales, incluyendo la periodontitis, gracias a su capacidad para combatir bacterias y prevenir la formación de biofilms, ofreciendo nuevas estrategias terapéuticas y preventivas que podrían transformar la práctica odontológica. Para avanzar, se requiere más colaboración entre investigadores y una comprensión más profunda de cómo las nanopartículas interactúan con microorganismos orales. Con un enfoque multidisciplinario y compromiso en investigación de calidad, podemos aprovechar al máximo el potencial de las nanopartículas para mejorar la salud oral y transformar la odontología.

## RECOMENDACIONES

Las **limitaciones** del estudio declaradas anteriormente sugieren la necesidad de futuras investigaciones que aborden estos aspectos para proporcionar una visión más completa y precisa del uso de nanopartículas en odontología. Estudios futuros deberían considerar la inclusión de múltiples bases de datos, la inclusión de artículos en varios idiomas y el acceso a textos completos para asegurar una revisión más exhaustiva. También sería beneficioso estandarizar los métodos de síntesis y caracterización de nanopartículas para facilitar la comparación de resultados entre estudios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jandt KD, Watts DC. Nanotechnology in dentistry: present and future perspectives on dental nanomaterials. *Dent Mater* [Internet]. 2020 [Citado 13/05/2024];36(11):1365-78. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.08.006>
2. Barot T, Rawtani D, Kulkarni P. Nanotechnology-based materials as emerging trends for dental applications. *Rev Adv Mater Sci* [Internet]. 2021 [Citado 13/05/2024];60(1):173-89. Disponible en: <https://doi.org/10.1515/rams-2020-0052>
3. Dakhale R, Paul P, Achanta A, Ahuja KP, Meshram M. Nanotechnology innovations transforming oral health care and dentistry: a review. *Cureus* [Internet]. 2023 [Citado 13/05/2024];15(10):e46423. Disponible en: <https://doi.org/10.7759/cureus.46423>
4. Nambiar P, Madhu PP, Reche A, Moharil S. Nanoparticles in Dentistry ; a review. *International Arab Journal of Dentistry* [Internet]. 2023 [Citado 13/05/2024];14(2). Disponible en: <https://digitalcommons.aaru.edu.jo/iajd/vol14/iss2/19>
5. Díaz Castro L. Aplicaciones contemporáneas de nanomateriales en ciencias odontológicas [Tesis de Especialidad]. México: Universidad Autónoma del Estado de México; 2023 [Citado 10/05/2024]. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/139083>
6. Aati S, Chauhan A, Shrestha B, Rajan SM, Aati H, Fawzy A. Development of 3D printed dental resin nanocomposite with graphene nanoplatelets enhanced mechanical properties and induced drug-free antimicrobial activity. *Dent Mater* [Internet]. 2022 [Citado 13/05/2024]; 38(12):1921-33. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2022.10.001>
7. Reddy JR, Kannan KP, Sankaran K, Rengasamy G, Priya VV, Sathishkumar P. Eradication of dental pathogens using flavonoid rutin mediated silver-selenium nanoparticles. *Inorg Chem Commun* [Internet]. 2023 [Citado 13/05/2024];157:111391. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2023.111391>
8. Hamad AM, Mahmood Atiyea Q. In vitro study of the effect of zinc oxide nanoparticles on Streptococcus mutans isolated from human dental caries. *J Phys* [Internet]. 1 de mayo de 2021 [Citado 13/05/2024];1879(2):022041. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1879/2/022041>
9. Bai X, Lin C, Wang Y, Ma J, Wang X, Yao X, Tang B. Preparation of Zn doped mesoporous silica nanoparticles (Zn-MSNs) for the improvement of mechanical and antibacterial properties of dental resin composites. *Dent Mater* [Internet]. 2020 [Citado 13/05/2024];36(6):794-807. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.03.026>
10. Yepes-Nuñez JJ, Urrútia G, Romero-García M, Alonso-Fernández S. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Rev Espanola Cardiol* [Internet]. 2021 [Citado 13/05/2024];74(9):790-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
11. Dadkan S, Khakbiz M, Ghazanfari L, Chen M, Lee KB. Evaluation of antibacterial and mechanical features of dental adhesives containing colloidal gold nanoparticles. *J Mol Liq* [Internet]. 2022 [Citado 13/05/2024]:119824. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2022.119824>
12. Devilakshmi M, Ramasubburayan R. Green synthesis of TiO<sub>2</sub> nanoparticles using Terminalia chebula and its potent antibiofilm activity against dental caries-associated bacterium Streptococcus mutans. *Biocatal Agric Biotechnol* [Internet]. 2023 [Citado 13/05/2024];54:102953. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102953>
13. Zhao Y, Xu J, Wang Q, Xie ZH, Munroe P. (TiZrNbTaMo) N nanocomposite coatings embedded with silver nanoparticles: imparting mechanical, osteogenic and antibacterial traits to dental implants. *J Alloy Compd* [Internet]. 2023 [Citado 13/05/2024]:172824. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2023.172824>
14. Fernández-Arias M, Boutinguiza M, Del Val J, Covarrubias C, Bastias F, Gómez L, et al. Copper nanoparticles obtained by laser ablation in liquids as bactericidal agent for dental applications. *Appl Surf Sci* [Internet]. 2020 [Citado 13/05/2024];507:145032. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.145032>

15. Wang Y, Ding Y, Deng J, Nie R, Meng X. Antibacterial one-step self-etching dental adhesive with silver nanoparticles synthesized in situ. *J Dent* [Internet]. 2023 [Citado 13/05/2024];129:104411. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104411>
16. Ortiz-Magdaleno M, Sánchez-Vargas L, Gardea-Contreras D, Campos-Ibarra V, Pozos-Guillén A, Márquez-Preciado R. Antibiofilm properties of silver nanoparticles incorporated into polymethyl methacrylate used for dental applications. *Bio Med Mater Eng* [Internet]. 2023 [Citado 13/05/2024]:1-17. Disponible en: <https://doi.org/10.3233/bme-222513>
17. Takamiya AS, Monteiro DR, Gorup LF, Silva EA, de Camargo ER, Gomes-Filho JE, et al. Biocompatible silver nanoparticles incorporated in acrylic resin for dental application inhibit *Candida albicans* biofilm. *Mater Sci Eng* [Internet]. 2021 [Citado 13/05/2024];118:111341. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2020.111341>
18. Alcudia A, Begines B, Rodríguez-Lejarraga P, Greyer V, Godinho VC, Pajuelo E, et al. Development of porous silver nanoparticle/polycaprolactone/polyvinyl alcohol coatings for prophylaxis in titanium interconnected samples for dental implants. *Colloid Interface Sci Commun* [Internet]. 2022 [Citado 13/05/2024];48:100621. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.colcom.2022.100621>
19. Ramyaa SK, Subitha P, Srinivasan N, Ramachandran M, Shoba N. Fabrication of dexamethasone-silver nanoparticles entrapped dendrimer collagen matrix nanoparticles for dental applications. *Biointerface Res Appl Chem* [Internet]. 2021 [Citado 13/05/2024];11(6):14935-55. Disponible en: <https://doi.org/10.33263/briac116.1493514955>
20. Senthil R, Çakır S. Nano apatite growth on demineralized bone matrix capped with curcumin and silver nanoparticles: dental implant mechanical stability and optimal cell growth analysis. *J Oral Biosci* [Internet]. 2023 [Citado 13/05/2024];66(1):232-40. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.job.2023.12.004>
21. Khan AS, Alhamdan Y, Alibrahim H, Almulhim KS, Nawaz M, Ahmed SZ, et al. Analyses of experimental dental adhesives based on zirconia/silver phosphate nanoparticles. *Polymers* [Internet]. 2023 [Citado 13/05/2024];15(12):2614. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/polym15122614>
22. Gaikwad S, Torane R, Parthibavarman M. Cassia fistula–assisted green synthesis, characterization and their antimicrobial activity of zinc oxide nano material's an intracanal microbial agent on oral dental caries. *Nanotechnol Russ* [Internet]. 2020 [Citado 13/05/2024];15(11-12):760-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1134/s199507802006021x>
23. Javed R, Rais F, Kaleem M, Jamil B, Ahmad MA, Yu T, et al. Chitosan capping of CuO nanoparticles: facile chemical preparation, biological analysis, and applications in dentistry. *Int J Biol Macromol* [Internet]. 2020 [Citado 13/05/2024];167:1452-1467. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.11.099>
24. Tanweer T, Rana NF, Saleem I, Shafique I, Alshahrani SM, Almulhifi HA, et al. Dental composites with magnesium doped zinc oxide nanoparticles prevent secondary caries in the alloxan-induced diabetic model. *Int J Mol Sci* [Internet]. 2022 [Citado 13/05/2024];23(24):15926. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijms232415926>
25. Shoorgashti R, Havakhah S, Nowrooz S, Ghadamgahi B, Mehrara R, Oroojalian F. Evaluation of the antibacterial and cytotoxic activities of Ag/ZnO nanoparticles loaded polycaprolactone/chitosan composites for dental applications. *Nanomedicina J* [Internet]. 2023 [Citado 13/05/2024];10(1):68-76. Disponible en: [https://nmj.mums.ac.ir/article\\_21614.html](https://nmj.mums.ac.ir/article_21614.html)
26. Alkhazaleh A, Elfagih S, Chakka LR, Armstrong SR, Cornick CL, Qian F, et al. Development of proanthocyanidin-loaded mesoporous silica nanoparticles for improving dental adhesion. *Mol Pharm* [Internet]. 2022 [Citado 13/05/2024];19(12):4675-84. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.molpharmaceut.2c00728>
27. Larissa P, Gambrell B, de Carvalho RD, Picolo MZ, Cavalli V, Boaro LC, et al. Development, characterization and antimicrobial activity of multilayer silica nanoparticles with chlorhexidine incorporated into dental composites. *Dent Mater* [Internet]. 2023 [Citado 13/05/2024];39(5):469-77. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2023.03.005>
28. Esteban Florez FL, Trofimov AA, Ilevlev A, Qian S, Rondinone AJ, Khajotia SS. Advanced characterization of surface-modified nanoparticles and nanofilled antibacterial dental adhesive resins. *Sci Rep* [Internet]. 2020 [Citado 13/05/2024];10(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66819-8>
29. Baghi S, Solhmirzaei R, Bagherian F, Mortezaegholi B, Sarkisians E, Ghadimi S. An assay on the antibacterial performance of Co doped ZnO nanoparticles in dental microbes. *Nanomed Researcj J* [Internet]. 2023 [Citado 13/05/2024];8(2):210-7. Disponible en: [https://www.nanomedicine-rj.com/article\\_705363.html](https://www.nanomedicine-rj.com/article_705363.html)
30. Ning Z, Chen K, Zheng J, Yang D, Zhou S, Zhou Z. Biomimetic Fe-hydroxyapatite nanoparticle-reinforced bisphenol A-glycol methacrylate/triethyleneglycol-dimethacrylate resins for dental restorative application. *J Appl Polym Sci* [Internet]. 2021 [Citado 13/05/2024];139(15):51956. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/app.51956>
31. Jardim RN, Rocha AA, Rossi AM, de Almeida Neves A, Portela MB, Lopes RT, et al. Fabrication and characterization of remineralizing dental composites containing hydroxyapatite nanoparticles. *J Mech Behav Biomed Mater* [Internet]. 2020 [Citado 13/05/2024];109:103817. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2020.103817>
32. Hassan ZJ, Hamid MK, Ahmed ME. Synthesized zinc oxide nanoparticles by the precipitation method on streptococcus spp from dental carries and cytotoxicity assay. *Int J Drug Deliv Technol* [Internet]. 2022 [Citado 13/05/2024];12(03):1327-30. Disponible en: <https://doi.org/10.25258/ijddt.12.3.65>
33. Abd Ali MA, Shareef AA. Antibacterial activity of silver nanoparticles derived from extracellular extract of enterococcus aerogenes against dental disease bacteria isolated. *Regen Eng Transl Med* [Internet]. 2023 [Citado 13/05/2024];10(9). Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40883-023-00304-2>

34. Rodrigues MC, Rolim WR, Viana MM, Souza TR, Gonçalves F, Tanaka CJ, et al. Biogenic synthesis and antimicrobial activity of silica-coated silver nanoparticles for esthetic dental applications. *J Dent* [Internet]. 2020 [Citado 13/05/2024];96:103327. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103327>
35. Al-Ansari MM, Al-Dahmash ND, Ranjitsingh AJ. Synthesis of silver nanoparticles using gum Arabic: Evaluation of its inhibitory action on *Streptococcus mutans* causing dental caries and endocarditis. *J Infect Public Health* [Internet]. 2021 [Citado 13/05/2024];14(3):324-30. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2020.12.016>
36. Vega-Jiménez AL, González-Alva P, Rodríguez-Hernández AP, Vázquez-Olmos AR, Paz-Díaz B. Oxide nanoparticles based in magnesium as a potential dental tool to inhibit bacterial activity and promote osteoblast viability. *Dent Mater J* [Internet]. 2024 [Citado 13/05/2024];43(1):11-19. Disponible en: <https://doi.org/10.4012/dmj.2023-041>
37. Chuang YC, Chang CC, Yang F, Simon M, Rafailovich M. TiO<sub>2</sub> nanoparticles synergize with substrate mechanics to improve dental pulp stem cells proliferation and differentiation. *Mater Sci Eng* [Internet]. Enero de 2021 [Citado 13/05/2024];118:111366. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2020.111366>
38. Zhang M, Liu X, Xie Y, Zhang Q, Zhang W, Jiang X. Biological safe gold nanoparticle-modified dental aligner prevents the porphyromonas gingivalis biofilm formation. *ACS Omega* [Internet]. 2020 [Citado 13/05/2024];5(30):18685-92. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c01532>
39. Hossain N, Chowdhury DM, Hossain A, Ahmed MS, Rana MM, Sultana S. Synthesis and characterization of *Alocasia indica* infused silver nanoparticles for dental implant applications. *Chem Phys Impact* [Internet]. 2023 [Citado 13/05/2024];6:100239. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chphi.2023.100239>
40. Mansoor A, Khan MT, Mehmood M, Khurshid Z, Ali MI, Jamal A. Synthesis and characterization of titanium oxide nanoparticles with a novel biogenic process for dental application. *Nanomaterials* [Internet]. 2022 [Citado 13/05/2024];12(7):1078. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/nano12071078>
41. Naguib G, Maghrabi AA, Mira AI, Mously HA, Hajjaj M, Hamed MT. Influence of inorganic nanoparticles on dental materials' mechanical properties. A narrative review. *BMC Oral Health* [Internet]. 2023 [Citado 13/05/2024];23(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03652-1>
42. Saygi KO, Bayram HM, Bayram E. Green synthesis of silver nanoparticles using artichoke flower petals and application in endodontic dentistry. *Biomass Convers Biorefinery* [Internet]. 2022 [Citado 13/05/2024];14(4):1-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02857-8>
43. Klein W, Ismail E, Maboza E, Hussein AA, Adam RZ. Green-Synthesized silver nanoparticles: antifungal and cytotoxic potential for further dental applications. *J Funct Biomater* [Internet]. 2023 [Citado 13/05/2024];14(7):379. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/jfb14070379>
44. Thyagarajan R, Narendrakumar G, Rameshkumar V, Varshiney M. Green synthesis of Zirconia nanoparticles based on ginger root extract: optimization of reaction conditions, application in dentistry. *Res J Pharm Technol* [Internet]. 2022 [Citado 21/05/2024];5314-20. Disponible en: <https://doi.org/10.52711/0974-360x.2022.00895>
45. Bukovinszky K, Szalóki M, Csarnovics I, Bonyár A, Petrik P, Kalas B, et al. Optimization of plasmonic gold nanoparticle concentration in green LED light active dental photopolymer. *Polymers* [Internet]. 2021 [Citado 13/05/2024];13(2):275. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/polym13020275>
46. Jiménez-Ramírez AJ, Martínez-Martínez RE, Ayala-Herrera JL, Zaragoza-Contreras EA, Domínguez-Pérez RA, Reyes-López SY, et al. Antimicrobial activity of silver nanoparticles against clinical biofilms from patients with and without dental caries. *J Nanomater* [Internet]. 2021 [Citado 13/05/2024];2021:1-13. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2021/5587455>
47. Al-Ansari MM, Al-Dahmash ND, Ranjitsingh AJ. Synthesis of silver nanoparticles using gum Arabic: Evaluation of its inhibitory action on *Streptococcus mutans* causing dental caries and endocarditis. *J Infect Public Health* [Internet]. 2021 [Citado 13/05/2024];14(3):324-30. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2020.12.016>
48. Beketova A, Tzanakakis EG, Vouvoudi E, Anastasiadis K, Rigos AE, Pandoleon P, et al. Zirconia nanoparticles as reinforcing agents for contemporary dental luting cements: physicochemical properties and shear bond strength to monolithic zirconia. *Int J Mol Sci* [Internet]. 2023 [Citado 13/05/2024];24(3):2067. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijms24032067>

#### Financiamiento

Los autores declaran no tener ninguna fuente de financiamiento para el desarrollo de esta investigación.

#### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses relacionados con esta investigación.

#### Contribuciones de los autores

Verónica Guamán: Conceptualización; análisis formal; investigación; administración de proyecto; recursos; validación; redacción - borrador original.

Carlos Alban: Conceptualización; análisis formal; investigación; recursos; validación; redacción - borrador original; redacción - borrador original.

Víctor Crespo: Investigación; recursos; validación; redacción - borrador original.

Carlos Espinoza: Curación de datos; investigación; recursos; software; validación.

Todos los autores participamos en la discusión de los resultados y hemos leído, revisado y aprobado el texto final del artículo.