



REVISIÓN

Bibliographic review on acrylic materials modified with nanoparticles for the development of dental prostheses

Revisión bibliográfica sobre los materiales acrílicos modificados con nanopartículas para el desarrollo de prótesis dentales

Noemí Estefanía Morales Morales¹  , Norma Ximena Peñaloza Pérez¹  , Katherine Cristina Miranda Coello¹  

¹Universidad Regional Autónoma de Los Andes, UNIANDES, Matriz Ambato, Ecuador.

Citar como: Morales Morales NE, Peñaloza Pérez NX, Miranda Coello KC. Bibliographic review on acrylic materials modified with nanoparticles for the development of dental prostheses. Salud, Ciencia y Tecnología. 2023; 3:642. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2023642>

Enviado: 10-06-2023

Revisado: 01-10-2023

Aceptado: 19-12-2023

Publicado: 20-12-2023

Editor: Prof. Dr. William Castillo-González 

ABSTRACT

Nanoparticles used in the making of dental prostheses reduce the microbial load in the oral cavity. The aim of the study was to interpret acrylic materials modified with nanoparticles for the development of dental prostheses with a view to describing their antimicrobial properties against *Candida Albicans*. An exhaustive bibliographic review of scientific articles selected through databases such as PubMed, Elsevier, Science Direct, and SciELO was developed, using MeSH terms in both English and Spanish. The literature selection was guided by the PRISMA methodology. The results of this study demonstrate the positive impact of nanoparticles in the field of dentistry, especially in the manufacturing of dental prostheses. It has been shown that acrylics modified with nanoparticles offer effective antimicrobial properties against pathogens such as *Candida Albicans*, in addition to presenting greater biocompatibility with oral tissues. Likewise, these nanoparticle-enriched prostheses stand out for their improved resistance to wear and greater hardness, compared to conventional prostheses. The main conclusion of the study highlights the relevance of nanotechnology as a revolutionary tool in improving the materials used in dentistry, particularly in dental prostheses. The incorporation of nanoparticles into the acrylics not only enhances the antimicrobial properties and biocompatibility of these prostheses but also significantly improves their durability and resistance. These advances represent a significant step towards the development of more effective and safer solutions for patients.

Keywords: Nanoparticles; Dental Prostheses; *Candida Albicans*; Nanomaterials; Oral Rehabilitation.

RESUMEN

Las nanopartículas empleadas en la confección de prótesis dentales disminuyen la carga microbiana en la cavidad oral. El objetivo del estudio fue interpretar los materiales acrílicos modificados con nanopartículas para el desarrollo de prótesis dentales con vistas a la descripción de las propiedades antimicrobianas frente a la *Cándida Albicans*. Se desarrolló una revisión bibliográfica exhaustiva de artículos científicos seleccionados a través de bases de datos como PubMed, Elsevier, Science Direct y SciELO, utilizando términos MeSH en inglés y español. La selección de literatura se guió por la metodología PRISMA. Los resultados de este estudio evidencian el impacto positivo de las nanopartículas en el ámbito de la odontología, especialmente en la fabricación de prótesis dentales. Se ha demostrado que los acrílicos modificados con nanopartículas ofrecen propiedades antimicrobianas efectivas contra patógenos como *Candida Albicans*, además de presentar una mayor biocompatibilidad con los tejidos orales. Asimismo, estas prótesis enriquecidas con nanopartículas destacan por su resistencia mejorada al desgaste y su mayor dureza, comparadas con las prótesis convencionales. La conclusión principal del estudio resalta la relevancia de la nanotecnología como una herramienta revolucionaria en la mejora de los materiales utilizados en la odontología, particularmente en las prótesis dentales. La incorporación de nanopartículas en los acrílicos no solo potencia las propiedades antimicrobianas y la biocompatibilidad de estas prótesis, sino que también mejora significativamente su

durabilidad y resistencia. Estos avances representan un paso significativo hacia el desarrollo de soluciones más eficaces y seguras para los pacientes.

Palabras clave: Nanopartículas; Prótesis Dentales; Cándida Albicans; Nanomateriales; Rehabilitación Oral.

INTRODUCCIÓN

La investigación sobre materiales acrílicos modificados con nanopartículas para el desarrollo de prótesis dentales se justifica por varias razones fundamentales, reflejando su relevancia tanto en el ámbito científico como en el práctico de la odontología restaurativa y los biomateriales, tal como se sintetiza a continuación:

- **Mejora de propiedades:** los materiales acrílicos han sido ampliamente utilizados en la fabricación de prótesis dentales debido a su adecuada estética, facilidad de manejo y coste relativamente bajo. Sin embargo, presentan limitaciones en cuanto a su resistencia mecánica, durabilidad, y susceptibilidad a la colonización por microorganismos. La incorporación de nanopartículas promete mejorar estas propiedades, ofreciendo prótesis más duraderas, resistentes y con mejor comportamiento frente a la biocompatibilidad y la higiene oral.
- **Innovación en biomateriales:** la nanotecnología ofrece un camino innovador para el desarrollo de nuevos biomateriales con propiedades mejoradas. La manipulación de materiales a escala nanométrica permite el diseño de composites con características específicas, tales como mayor resistencia a la fractura, mejor integración con el tejido biológico, y propiedades antimicrobianas mejoradas. Estas características son cruciales para el éxito a largo plazo de las prótesis dentales.
- **Demanda clínica y expectativas de los pacientes:** la demanda de soluciones protésicas que ofrezcan una estética superior, mayor comodidad y durabilidad está en aumento. Los pacientes buscan tratamientos que no solo resuelvan sus problemas de salud dental, sino que también ofrezcan resultados óptimos a largo plazo. Los avances en los materiales utilizados para estas prótesis pueden satisfacer estas expectativas crecientes.

El problema científico que aborda este estudio es multifacético. Por un lado, busca entender cómo la incorporación de nanopartículas a los acrílicos impacta en las propiedades mecánicas, físicas y biológicas del material final. Por otro, enfrenta el desafío de identificar qué tipos de nanopartículas son más efectivas para cada mejora deseada, y cómo se pueden integrar de manera segura y eficaz en los materiales acrílicos sin comprometer la biocompatibilidad o provocar efectos adversos. Además, este campo de estudio explora la síntesis y caracterización de nuevos composites nanomodificados, la evaluación de su desempeño en entornos simulados y reales, y el desarrollo de protocolos de fabricación que sean viables desde el punto de vista técnico y económico para su aplicación en odontología.

En resumen, la revisión bibliográfica sobre los materiales acrílicos modificados con nanopartículas para el desarrollo de prótesis dentales no solo es pertinente por su potencial para avanzar en la ciencia de materiales y la tecnología protésica, sino también por su impacto directo en mejorar la calidad de vida de los pacientes, ofreciendo soluciones más duraderas, estéticas y funcionales.

Los antecedentes investigativos destacan que uno de los problemas más frecuentes asociados al uso de prótesis dentales es la candidiasis, la infección micótica más común en la cavidad bucal, causada por el hongo *Cándida*. Este hongo patógeno, en su mayoría, resulta de una inadecuada higiene bucal, aunque también influyen factores como la edad avanzada, el embarazo y los tratamientos prolongados con antibióticos de amplio espectro. La incidencia de este problema patógeno en los procesos de rehabilitación oral, incluyendo el uso de prótesis totales, parciales y fijas, es alta, mayormente porque muchos pacientes no mantienen una higiene bucal adecuada, incrementando su predisposición a este tipo de infección micótica.⁽¹⁾

Los acrílicos constituyen uno de los materiales más comunes en la fabricación de prótesis dentales totales o removibles. Los acrílicos convencionales ofrecen ventajas como biocompatibilidad, resistencia a la fractura, estabilidad de color, fácil adaptabilidad y la facilidad para ser reparados en caso de fracturas. Es crucial destacar que la selección del tipo de acrílico depende de las necesidades y condiciones específicas de cada paciente; sin embargo, una desventaja significativa de los acrílicos convencionales es su propensión a acumular residuos de alimentos, facilitando infecciones micóticas debido a su naturaleza no antibacteriana y al frecuente uso de las prótesis.⁽¹⁾

El progreso en biotecnología y la emergencia de microorganismos multirresistentes, incluyendo hongos, han impulsado la investigación de materiales efectivos para su aplicación en campos tan diversos como la odontología. El uso de materiales nano-modificados en el área de rehabilitación oral ha mejorado los tratamientos protésicos, principalmente mediante acrílicos modificados con nanopartículas de efecto antibacteriano. Las nanopartículas, compuestas de dimensiones nanométricas, incluyen a las de plata y cobre, utilizadas como agentes antimicrobianos en odontología.⁽²⁾

Las nanopartículas antimicrobianas, partículas de tamaño nanométrico, poseen propiedades antimicrobianas que les permiten interactuar con microorganismos tales como bacterias, virus y hongos. Pueden estar compuestas por plata, cobre, óxido de zinc, dióxido de titanio, entre otros materiales. Estas nanopartículas se utilizan cada vez más como alternativas a los antibióticos convencionales para combatir infecciones.⁽³⁾

La nanotecnología representa una estrategia innovadora para reducir la carga microbiana, aplicando componentes biocompatibles con el cuerpo humano a escalas subcelulares y moleculares, permitiendo una alta especificidad e interacción. En los últimos años, se han desarrollado numerosos estudios que describen las aplicaciones de nanopartículas con propiedades antimicrobianas, orientadas a prevenir o tratar infecciones dentales. Aquí los autores presentan una revisión integral y actualizada sobre el uso de nanopartículas en Odontología, específicamente en la rehabilitación oral contra *Candida Albicans*.^(3,4)

El objetivo de este estudio es interpretar los materiales acrílicos modificados con nanopartículas para el desarrollo de prótesis dentales con vistas a la descripción de las propiedades antimicrobianas frente a la *Cándida Albicans*.

MÉTODOS

El estudio se desarrolló a través de un enfoque cualitativo y descriptivo, mediante una revisión bibliográfica exhaustiva de artículos científicos. Adoptando un diseño de investigación exploratorio y descriptivo, se extrajo información de bases de datos reconocidas, incluyendo PubMed, Elsevier, Science Direct y SciELO, utilizando términos MeSH en inglés como "nanoparticles", "nanotechnology", "antimicrobials", y sus equivalentes en español "nanopartículas", "nanotecnología", "antimicrobianos".

Las estrategias de búsqueda se definieron empleando operadores booleanos, tales como "nanoparticles AND dentistry", "nanotechnology AND dentistry", "antimicrobials AND dentistry", y "nanotechnology OR nanomaterials".

Para la ejecución de este estudio, se optó por la metodología PRISMA, ampliamente reconocida en la elaboración de revisiones bibliográficas, especialmente en el ámbito de la salud. Esta metodología facilita la filtración de artículos científicos para identificar información pertinente y significativa relacionada con el tema de investigación.

El proceso de selección de la información se llevó a cabo mediante la revisión de resúmenes, análisis de los resultados y lectura integral de los artículos, utilizando el Scimago Journal Ranking para la compilación de datos.

Los criterios de elegibilidad para la inclusión de artículos fueron:

- Artículos originales publicados en inglés o español.
- Publicaciones realizadas en el intervalo de cinco años desde 2018 hasta 2022.
- Artículos que aborden el uso de nanopartículas en la fabricación de prótesis dentales contra *Candida Albicans*.

Los criterios de exclusión aplicados fueron:

- Exclusión de documentos como tesis y libros.

RESULTADOS

A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos de la revisión:

Acrílico convencional

Se emplea, junto con líquidos, para la fabricación de bases de dentaduras totales y parciales, prótesis removibles, placas estéticas y templetos (guías para la colocación de implantes), además de placas para el manejo del bruxismo. Flores Calao JF, Suarez Fajardo IG, Cruz Gonzalez A Carlos en su estudio "Resistencia al impacto de dos acrílicos convencionales y dos de alto impacto para prótesis total" describen características generales de los acrílicos convencionales,⁽¹⁾ incluyendo:

- Contracción del 0,2 al 0,5 %.
- Capacidad de moldeo en formas complejas mediante calor y presión.
- Fácil manipulación.
- Translucidez adecuada para simular la apariencia de tejidos bucales.
- Estabilidad de color sin cambios significativos a temperatura corporal.
- Tiempo de trabajo de 10 minutos con la mezcla.

El líquido incluye:

- Monómero de metilmetacrilato.
- Inhibidor de hidroquinona.
- Acelerador y agente para cruce de cadenas.
- El polvo se compone de:
- Polímero de acrílico (polimetilmetacrilato).

- Iniciador de peróxido de benzoilo.
- Pigmentos y tintes.
- Fibras orgánicas teñidas.

Acrílico autopolimerizable

Este no requiere de luz ni calor para su polimerización.⁽⁶⁾

Acrílico termopolimerizable

Utiliza un agente físico, peróxido de benzoilo, como iniciador, recomendándose una temperatura de 60 a 70°C durante 90 minutos, y un agente químico, típicamente una amina terciaria, que promueve oxidación y pigmentación.⁽⁷⁾

Acrílico fotopolimerizable

Emplea una lámpara de luz como parte del proceso de polimerización.^(4,7)

Nanopartículas antimicrobianas

Las nanopartículas antimicrobianas se exploran cada vez más como alternativas a los antibióticos convencionales para combatir infecciones. Se destacan por sus aplicaciones en la prevención de infecciones bacterianas, recubrimientos antimicrobianos en dispositivos implantables, cicatrización de heridas, administración de antibióticos, detección de bacterias y vacunas. La nanotecnología ha desarrollado nanomateriales entre 10 a 100 nm para uso en terapias antimicrobianas, aprovechando sus propiedades fisicoquímicas únicas.^(3,4)

Las AgNP son las nanopartículas más investigadas y empleadas, siendo partículas coloidales sólidas de 1 a 100 nm. Se han utilizado tanto para fines ornamentales como para agentes antimicrobianos debido a su actividad biológica contra hongos, virus y bacterias, lo que las hace valiosas en odontología para mejorar las propiedades antimicrobianas de materiales como el PMMA, utilizado en la fabricación de prótesis e implantes.^(3,8,9)

Propiedades y aplicaciones de las nanopartículas

Deben tener un tamaño de 10 a 100 nm para ser terapéuticamente efectivas.

Las AgNP se han mostrado eficaces contra bacterias Gram positivas y Gram negativas, mejorando la actividad antimicrobiana en materiales protésicos y promoviendo efectos benéficos en la prevención de caries y en la inducción osteogénica.^(10,11,12)

Tipos de AgNP en odontología

Se utilizan compuestos basados en AgNP para diversas aplicaciones en odontología, incluyendo acondicionadores de tejidos y resinas para prótesis, entre otros biomateriales dentales.^(3,10,13)

Aplicación en rehabilitación oral

Las prótesis dentales con AgNP han mostrado ser efectivas contra la *Cándida albicans*, patógeno común en estomatitis protésica. La inclusión de AgNP en acondicionadores de tejidos a concentraciones específicas promueve efectos antibacterianos y antifúngicos.^(14,15,16) La interacción de *Cándida* con la superficie de la prótesis y el polímero acrílico puede causar erosión a nanoescala, contribuyendo al mecanismo antimicrobiano.

⁽¹⁷⁾ Las AgNP actúan desnaturalizando bacterias y células eucariotas, afectando la pared y membrana celular bacteriana, lo que resulta en efectos microbicidas y toxicidad controlada.⁽¹⁸⁾

Efectos en humanos

La toxicidad de las AgNP se asocia a los iones de plata libres. Su tamaño les permite atravesar barreras biológicas, pudiendo inducir estrés oxidativo y afectar la función mitocondrial celular. A nivel odontológico, se consideran biocompatibles y no inducen una reacción inflamatoria significativa en tejidos subcutáneos.^(19,20) Es importante considerar la exposición a nanopartículas en ambientes dentales, aunque aún no se ha establecido una correlación directa con enfermedades pulmonares en profesionales de la odontología.⁽²¹⁾

Al comparar el uso de materiales acrílicos con nanopartículas y acrílicos convencionales mediante una búsqueda sistemática se identificó mayor beneficio en el uso de materiales modificados con nanopartículas debido a que actúa contra los agentes antimicrobianos, aunque no existe un mecanismo exacto del efecto antibacteriano de las nanopartículas de plata (AgNP), se han propuesto varias teorías que explican el efecto antibacteriano de las AgNP tiene la capacidad de liberar continuamente iones de Ag, estos iones son principalmente reactivos y tóxicos para los microorganismos. Algunas de las nanopartículas utilizadas en estos acrílicos incluyen dióxido de silicio (SiO₂), óxido de aluminio (Al₂O₃) y óxido de zirconio (ZrO₂).

Las nanopartículas ofrecen propiedades mejoradas en comparación con los acrílicos convencionales, lo que las hace ideales para su uso en prótesis dentales; los acrílicos convencionales tienen buenas propiedades como

la biocompatibilidad, resistencia a la fractura, estabilidad de color, fácil adaptabilidad y reparación, pero al no ser un material antibacteriano y debido a la mala higiene que tienen la mayoría de los pacientes los acrílicos modificados se convertirían de primera elección.

En la tabla 1 se hace una comparación de materiales acrílicos modificados y acrílicos convencionales.

Tabla 1. Comparación de materiales acrílicos modificados y acrílicos convencionales	
Acrílicos convencionales	Acrílicos modificados con nanopartículas
Resistencia a la fractura: los acrílicos convencionales tienen una buena resistencia a la fractura, lo que ayuda a garantizar la durabilidad y la longevidad de las prótesis dentales removibles. Esto es especialmente importante considerando las fuerzas masticatorias a las que se someten.	Mejora de la resistencia mecánica: las nanopartículas refuerzan la matriz acrílica, lo que resulta en una mayor resistencia al desgaste y fractura. Esto es especialmente importante en el caso de prótesis removibles que están sujetas a fuerzas de masticación.
Estabilidad de color: los acrílicos convencionales utilizados en odontología generalmente mantienen su color original durante mucho tiempo, lo que permite una apariencia estética satisfactoria de las prótesis dentales.	Mejora de la estabilidad del color: las nanopartículas pueden ayudar a prevenir la decoloración y el amarilleamiento de las prótesis dentales a lo largo del tiempo. Esto es esencial para garantizar una apariencia estética duradera.
Fácil adaptabilidad: los acrílicos convencionales son fáciles de manipular y adaptar a la forma y tamaño requerido para cada paciente. Esto permite obtener un ajuste adecuado de las prótesis dentales removibles, mejorando la comodidad y la función del paciente.	Mejora de las propiedades ópticas: algunas nanopartículas pueden mejorar la translucidez y el brillo de los acrílicos, lo que resulta en una apariencia más natural de la prótesis dental.
Facilidad de reparación: en caso de daños o fracturas en las prótesis dentales removibles fabricadas con acrílicos convencionales, es relativamente fácil llevar a cabo reparaciones en el material, sin necesidad de reemplazar completamente la prótesis.	Presencia de nanopartículas antimicrobianas: suelen ejercer su actividad inhibiendo la respiración celular, dañando la membrana celular o interfiriendo con los procesos de replicación.
No poseen propiedades antibacterianas	Efecto antimicrobiano: las nanopartículas antimicrobianas pueden tener una actividad prolongada, lo que significa que pueden seguir actuando incluso después de su aplicación inicial, manteniendo un entorno más limpio y reduciendo la propagación de microorganismos patógenos. Propiedades antibacterianas: algunas nanopartículas, como el dióxido de silicio, han demostrado tener propiedades antibacterianas. Esto puede reducir la acumulación de placa bacteriana en la prótesis dental y ayudar a mantener una salud oral óptima.

DISCUSIÓN

En el artículo "Nanopartículas Antimicrobianas en Odontología", Alvarrazin destaca el creciente uso de nanopartículas (NP) antimicrobianas para combatir infecciones, presentándose como una alternativa innovadora a los antibióticos tradicionales. Las aplicaciones de estas NP abarcan desde la prevención de infecciones bacterianas hasta recubrimientos antimicrobianos para dispositivos implantables, la cicatrización de heridas, la administración de medicamentos, la detección de bacterias para diagnósticos y el desarrollo de vacunas.

Por ende, el empleo de la nanotecnología para generar antimicrobianos eficaces sugiere un método avanzado para reducir la carga microbiana patógena, especialmente en la cavidad oral. La innovación y el desarrollo en nanotecnología han facilitado la producción y aplicación de NP en diversas áreas, optimizando el control sobre la forma y tamaño de los materiales a nivel nanométrico y propiciando la creación de nuevos componentes, como las nanopartículas, en el campo de las ciencias de la salud.⁽³⁾

Acosta resalta que la nanotecnología, trascendiendo los límites de la física y la química, se centra también en áreas cruciales como las ciencias de la salud. En el ámbito médico, se diseñan materiales y dispositivos para interactuar con el cuerpo humano a escalas subcelulares, es decir, moleculares, asegurando una alta especificidad y compatibilidad. En este contexto, las prótesis dentales que incorporan NP podrían inhibir de manera eficaz el crecimiento de *Cándida Albicans*, un microorganismo común en las superficies de las prótesis dentales convencionales.

Según el Dr. Cristian Covarrubias, académico del Instituto de Investigación en Ciencias Odontológicas de la Universidad de Chile, "Del total de bacterias que normalmente logran adherirse o que crecen en la superficie del dispositivo protésico dental, al menos un 92 % muere en la superficie de la prótesis con nano-cobre". Además, destaca que, en presencia de cobre, la *Cándida*, conocida por desarrollar estructuras filamentosas (hifas), apenas muestra este tipo de crecimiento, lo que inhibe significativamente su desarrollo.⁽⁷⁾

Esta discusión resalta el potencial de las NP antimicrobianas y la nanotecnología para revolucionar el

tratamiento y prevención de infecciones en odontología, enfatizando la importancia de la investigación continua para optimizar estas aplicaciones y entender completamente sus implicancias en la salud oral y general.

A pesar de los numerosos estudios que se realizan en el contexto de la pandemia de COVID-19, abordando su impacto y gestión en diversos sectores de la salud,^(22,23,24) se identifica una notable ausencia de investigación que vincule específicamente el uso de materiales acrílicos modificados con nanopartículas en la lucha contra este virus en el ámbito dental. Dada la capacidad probada de las nanopartículas para ofrecer propiedades antimicrobianas efectivas, un futuro estudio podría explorar cómo estas modificaciones en los materiales acrílicos pueden contribuir a reducir la transmisión viral en clínicas dentales, un entorno de alto riesgo debido a la naturaleza de los procedimientos que se realizan.

Investigar la eficacia de estos materiales en la inactivación de patógenos virales, específicamente el SARS-CoV-2, podría ofrecer una innovación significativa en las prácticas de control de infecciones, representando un avance crucial en la protección tanto de los profesionales de la salud dental como de sus pacientes. Este enfoque no solo ampliaría nuestro entendimiento de las aplicaciones de la nanotecnología en materiales dentales, sino que también contribuiría a desarrollar estrategias más eficientes y seguras para mitigar la propagación de COVID-19 en entornos clínicos.

CONCLUSIONES

Los avances en la nanotecnología aplicada a la odontología han marcado un hito significativo en el cuidado de la salud bucal. Se ha establecido que las nanopartículas ofrecen beneficios antimicrobianos notables, particularmente contra patógenos como *Candida Albicans*, y son biocompatibles con los tejidos orales. Además, las prótesis enriquecidas con nanopartículas exhiben propiedades químicas y físicas superiores, como una mayor resistencia al desgaste y una dureza incrementada.

La evolución continua de la nanotecnología y el descubrimiento de nuevos nanomateriales prometen transformar el futuro de la salud bucodental. Existe una creciente evidencia de las ventajas antimicrobianas y la biocompatibilidad de estos materiales, abriendo nuevas posibilidades en la prostodoncia. Sin embargo, es crucial reconocer que la investigación en este ámbito está en progreso, y la implementación clínica de acrílicos enriquecidos con nanopartículas debe ser adaptada a las circunstancias y necesidades específicas de cada paciente.

Los acrílicos modificados con nanopartículas, operando a nanoescalas, ofrecen una mejora significativa en el tratamiento antimicrobiano de infecciones como la estomatitis subprotésica y la candidiasis. Estas cualidades los posicionan como materiales preferentes sobre los acrílicos convencionales, que carecen de estas propiedades, potenciando la mejora en el tratamiento de dichas infecciones en pacientes. Esta progresión subraya la importancia de la nanotecnología en el avance de materiales dentales más efectivos y seguros, enfatizando el potencial de estos desarrollos para mejorar la calidad de la atención odontológica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Calao JFF, Fajardo IGS, Gonzalez A Carlos C. Resistencia al impacto de dos acrílicos convencionales y dos de alto impacto para prótesis total. CES Odontología [Internet]. el 15 de junio de 2021 [citado el 13 de octubre de 2023];34(1):44-51. Disponible en: <https://revistas.ces.edu.co/index.php/odontologia/article/view/5264>
2. Ferdous Z, Nemmar A. Health Impact of Silver Nanoparticles: A Review of the Biodistribution and Toxicity Following Various Routes of Exposure. International Journal of Molecular Sciences [Internet]. enero de 2020 [citado el 29 de junio de 2023];21(7):2375. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1422-0067/21/7/2375>
3. Alvarracin-Baculima M, Cuenca-León K, Pacheco-Quito EM. Nanopartículas Antimicrobianas en Odontología: Estado del arte. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica [Internet]. 2021 [citado el 28 de junio de 2023];40(8):839-47. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/559/55971715015/html/>
4. Noblega LM, Morales AH, Colombres MS, Márquez NE, Orellana NR, Alvarez CE, et al. Evaluación preliminar de la actividad antifúngica de nanopartículas de plata sobre aislados clínicos de levaduras del género *Candida* [Internet]. VIII Congreso de la Sociedad Argentina de Bacteriología, Micología y Parasitología Clínicas; II Jornada de Micología Clínica y I Jornada de Parasitología Clínic. Sociedad Argentina de Bacteriología, Micología y Parasitología Clínicas; 2018 [citado el 29 de junio de 2023]. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/187498>
5. Alhareb A, Md Akil H, Ahmad Z. Impact strength, fracture toughness and hardness improvement of PMMA denture base through addition of nitrile rubber/ceramic fillers. The Saudi Journal for Dental Research. el 1 de mayo de 2016;8.

6. Basto AMR, Lerma EN. PROTOCOL FOR THE ELABORATION OF TOTAL PROSTHESIS. 2021;30. Disponible en: <https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/6278/Capi%cc%81tulo%208.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. Acrílico termopolimerizable enriquecido con nanopartículas de cobre: evaluación antibacteriana y citotóxica [Internet]. [citado el 13 de octubre de 2023]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-56912018000200045
8. Zannella C, Shinde S, Vitiello M, Falanga A, Galdiero E, Fahmi A, et al. Antibacterial Activity of Indolicidin-Coated Silver Nanoparticles in Oral Disease. *Applied Sciences* [Internet]. enero de 2020 [citado el 29 de junio de 2023];10(5):1837. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/5/1837>
9. Lango-López DG, Mireles-Ramírez J, Flores-Castro NJ, Moreno-Fonseca MV, Mendoza-Sánchez ÁA, Chávez-Granados PA, et al. Nanopartículas incorporadas al PMMA y sus propiedades antimicrobianas: una revisión sistemática. *Mundo nano Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología* [Internet]. diciembre de 2022 [citado el 29 de junio de 2023];15(29). Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2448-56912022000200305&lng=es&nrm=iso&tlng=es
10. Bacali C, Baldea I, Moldovan M, Carpa R, Olteanu DE, Filip GA, et al. Flexural strength, biocompatibility, and antimicrobial activity of a polymethyl methacrylate denture resin enhanced with graphene and silver nanoparticles. *Clin Oral Invest* [Internet]. el 1 de agosto de 2020 [citado el 29 de junio de 2023];24(8):2713-25. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00784-019-03133-2>
11. Torrenegra-Alarcón M, Ortega-Toro R, Herrera-Barros A. Recent advances in the use of nanomaterials with antimicrobial capacity. el 17 de febrero de 2021 [citado el 29 de junio de 2023]; Disponible en: <https://zenodo.org/record/4544021>
12. Chandra A, K Yadav R, Vijay KS, Luqman S, Yadav S. Antimicrobial efficacy of silver nanoparticles with and without different antimicrobial agents against *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans* Chandra A, Yadav RK, Shakya VK, Luqman S, Yadav S - Dent Hypotheses [Internet]. 2017 [citado el 29 de junio de 2023]. Disponible en: <https://dentalhypotheses.com/article.asp?issn=2155-8213;year=2017;volume=8;issue=4;spage=94;epage=99;aulast=Chandra>
13. Fernandez CC, Sokolonski AR, Fonseca MS, Stanisic D, Araújo DB, Azevedo V, et al. Applications of Silver Nanoparticles in Dentistry: Advances and Technological Innovation. *Int J Mol Sci.* el 2 de marzo de 2021;22(5):2485.
14. Talapko J, Matijevic T, Juzbasic M. Microorganisms | Free Full-Text | Antibacterial Activity of Silver and Its Application in Dentistry, Cardiology and Dermatology [Internet]. 2020 [citado el 6 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-2607/8/9/1400/htm>
15. Ruiz LMG, Valladares PMB, Breedy MFC. Actividad antimicrobiana de adhesivo ortodóntico con nanopartículas de plata sobre *Streptococcus mutans*. *Revista Odontología* [Internet]. el 1 de julio de 2020 [citado el 6 de julio de 2023];22(2):33-44. Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/odontologia/article/view/2383>
16. Loke Kok F, Mohammad F. Applications of nano-materials in diverse dentistry regimes - RSC Advances (RSC Publishing) DOI:10.1039/D0RA00762E [Internet]. 2020 [citado el 6 de julio de 2023]. Disponible en: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2020/ra/d0ra00762e>
17. Matamala L. Prótesis dental con nanopartículas de cobre | webdental.cl | Noticias de Odontología [Internet]. 2016 [citado el 6 de julio de 2023]. Disponible en: <https://webdental.cl/odontologia/protesis-dental-con-nanopartículas-de-cobre/>
18. María E, Coutiño Rodríguez EMDR, Lagunes L, Arroyo O. Las nanopartículas de plata: Mecanismos de entrada Toxicidad y Estrés oxidativo. el 22 de enero de 2019; Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/330545659_Las_nanopartículas_de_plata_Mecanismos_de_entrada_Toxicidad_y_Estrés_oxidativo
19. Bapat RA, Chaubal TV, Joshi CP, Bapat PR, Choudhury H, Pandey M, et al. An overview of application

of silver nanoparticles for biomaterials in dentistry. Materials Science and Engineering: C [Internet]. el 1 de octubre de 2018 [citado el 6 de julio de 2023];91:881-98. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928493117335956>

20. Bin-Hsu M, ZI-Yu C, Shian-Jang Y. Silver nanoparticles have lethal and sublethal adverse effects on development and longevity by inducing ROS-mediated stress responses | Scientific Reports [Internet]. [citado el 6 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-20728-z>

21. Schmalz G, Hickel R, Van Landuyt KL, Reichl FX. Scientific update on nanoparticles in dentistry. International Dental Journal [Internet]. octubre de 2018 [citado el 5 de agosto de 2023];68(5):299-305. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0020653920320700>

22. Zúñiga Cárdenas GA, Sailema López LK, Alfonso González I. Pacientes de COVID-19 en cuidados intensivos y sus lesiones cutáneas. Universidad y Sociedad [Internet]. 9jun.2022 [citado 19sep.2023];14(S3):105-17. Available from: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2940>

23. Ramos Serpa G, Gómez Armijos CE, López Falcón A. Aspectos de éticas sobre la vacunación contra el COVID-19. Universidad y Sociedad [Internet]. 9jun.2022 [citado 19sep.2023];14(S3):60-1. Available from: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2935>

24. Viteri Villa M, Wong Vázquez L, Zúñiga Viteri R. Neutrosophic Health Analysis in Times of COVID-19. Int J Neutrosophic Sci. 2022;18(3):218-226.

FINANCIACIÓN

Ninguna.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Noemí Estefanía Morales Morales, Norma Ximena Peñaloza Pérez, Katherine Cristina Miranda Coello.

Investigación: Noemí Estefanía Morales Morales, Norma Ximena Peñaloza Pérez, Katherine Cristina Miranda Coello.

Redacción - borrador original: Noemí Estefanía Morales Morales, Norma Ximena Peñaloza Pérez, Katherine Cristina Miranda Coello.

Redacción - revisión y edición: Noemí Estefanía Morales Morales, Norma Ximena Peñaloza Pérez, Katherine Cristina Miranda Coello.