

Efectividad antimicrobiana de la plata coloidal en cirugía oral
Revisión de tema

Autores:
Osorio Díaz Camila Alejandra
Reyes Galvis María Camila
Román Moncada Emily Mariana De Jesús

UNICOC
Colegio Odontológico
Postgrado Periodoncia

2021

EFFECTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE LA PLATA COLOIDAL EN CIRUGÍA ORAL REVISIÓN DE TEMA.

ANTIMICROBIAL EFFECTIVENESS OF COLLOIDAL SILVER IN ORAL SURGERY
TOPIC REVIEW.

Osorio C¹, Reyes M¹, Román E¹, Tocarruncho O², Novoa C,³

¹Departamento de Periodoncia. Facultad de Odontología. Institución Universitaria Colegios de Colombia.

²Odontólogo, Especialista en Periodoncia

³Odontólogo, Especialista en Periodoncia, Magister en epidemiología clínica, Docente Postgrado de Periodoncia, UNICOC

Resumen: Objetivo: Las nanopartículas de plata (AgNP) se han estudiado ampliamente por sus propiedades antimicrobianas las cuales proporcionan una amplia aplicabilidad en odontología, por lo tanto; el objetivo de este trabajo fue evaluar la efectividad antimicrobiana de la plata coloidal en procedimientos quirúrgicos odontológicos. Métodos: Se realizó una búsqueda electrónica en PubMed y búsqueda manual con los siguientes términos (((colloidal silver) OR (silver nanoparticles)) OR (silver nanoparticle)) AND (((oral surgery) OR (procedures oral surgical)) OR (oral surgical procedure)). Resultados: se recogen 56 publicaciones del uso de plata coloidal en procedimientos quirúrgicos y se seleccionaron 15, se descartaron 41 ya que no correspondían al tema; Finalmente se realizó revisión por abstract y texto completo y se seleccionaron 8 artículos, de los cuales se tomaron varios subtemas como lo son: uso de plata coloidal en suturas, manejo de plata coloidal como apósito antibacteriano, empleo de plata coloidal en implantes dentales, implementación de plata coloidal en materiales regenerativos periodontales y manejo de plata coloidal en enjuagues dentales. Conclusiones: Los estudios evaluados demuestran los beneficios y las propiedades antimicrobianas de la plata coloidal en materiales usados en cavidad oral en pacientes sometidos a diferentes procedimientos odontológicos, sin embargo; se requieren más estudios clínicos, con mejor diseño metodológico y mayor evidencia científica para comprobar la efectividad antimicrobiana de la plata coloidal en diferentes procedimientos odontológicos.

Palabras clave: Nanocomposites, nanopartículas de plata, plata coloidal, procedimiento quirúrgico oral.

Abstract: Objective: Silver nanoparticles (AgNP) have been widely studied for their antimicrobial properties which provide a wide applicability in dentistry, therefore; The objective of this work was to evaluate the antimicrobial effectiveness of colloidal silver in dental surgical procedures. Methods: An electronic search in PubMed and manual search was carried out with the following terms (((colloidal silver) OR (silver nanoparticles)) OR (silver nanoparticle)) AND (((oral surgery) OR (procedures oral surgical)) OR (oral surgical procedure)). Results: 56 publications on the use of colloidal silver in surgical procedures were collected and 15 were selected, 41 were discarded since they did not correspond to the topic; Finally, an abstract and full text review was carried out and 8 articles were selected, from which several subtopics were taken, such as: use of colloidal silver in sutures, management of colloidal silver as an antibacterial dressing, use of colloidal silver in dental implants, implementation of colloidal silver in periodontal regenerative materials and handling of colloidal silver in dental rinses. Conclusions: The evaluated studies demonstrate the benefits and antimicrobial properties of colloidal silver in materials used in the oral cavity in patients undergoing different dental procedures, however; More clinical studies are required, with better methodological design and more scientific evidence to verify the antimicrobial effectiveness of colloidal silver in different dental procedures.

Key words: *Nanocomposites, silver nanoparticle, colloidal silver, oral surgical procedure.*

INTRODUCCIÓN

La cavidad bucal proporciona un hábitat ideal para el crecimiento y multiplicación de diversos microorganismos que incluyen bacterias, levaduras y virus, asociados con infecciones bucales. Las bacterias son los componentes predominantes

de esta microflora residente y la variedad de especies que se encuentran en la cavidad bucal refleja la amplia gama de nutrientes de origen endógeno, los variados tipos de hábitat para la colonización, incluidas las superficies de los dientes, las mucosas y lengua, los cuales

favorecen la capacidad de sobrevivir como una biopelícula.^{1, 2}

Los organismos productores de biopelículas juegan un papel importante en las infecciones persistentes en heridas de piel y tejidos blandos en procedimientos quirúrgicos postoperatorios^{3,4}. El método ideal para controlar una infección en el sitio quirúrgico mediada por biopelículas, consiste en evitar su formación y desarrollo mediante el uso racional de la profilaxis antibiótica, la antisepsia adecuada antes de la cirugía y el uso de procedimientos innovadores de irrigación in situ; en un esfuerzo por promover la higiene de la herida al momento del cierre; Sin embargo una vez establecida, la eliminación de microorganismos en la biopelícula sigue siendo un problema clínico importante.^{3, 5, 6}

Ante la eficacia del uso de enjuagues como terapia antiséptica, han aparecido nuevos componentes que presentan buenos resultados en control de crecimiento microbiano, tales como la plata coloidal descubierta por Karl Whilhelm. En salud pública es relevante el uso de la plata coloidal como antimicrobiano, se

ha demostrado la disminución de la carga bacteriana cuando han sido utilizados en heridas quirúrgicas y quemaduras en diferentes sitios del cuerpo, los cuales surgieron con exactitud durante el siglo XIX, específicamente en 1893, cuando fue publicada la primera investigación rigurosa y demostrada de las características antimicrobianas de la plata, enfocada a la medicina; con tratamiento de limadura de plata para curar heridas, ungüentos antibióticos y para quemaduras como antimicrobiano de amplio espectro, surgiendo antes que la clorhexidina. La plata coloidal es capaz de inhibir las enzimas implicadas en el proceso respiratorio de óxido-reducción celular de las bacterias, provocando su muerte en pocos minutos^{7,8,9}

El objetivo de la presente revisión es evaluar la efectividad antimicrobiana de la plata coloidal en procedimientos quirúrgicos odontológicos.

MÉTODO

Estrategia de búsqueda para la identificación de los artículos

Se realizó una búsqueda electrónica en PubMed y búsqueda manual en Escob que incluye los siguientes términos (((colloidal silver) OR (silver nanoparticles)) OR (silver nanoparticle)) AND (((oral surgery) OR (procedures oral surgical)) OR (oral surgical procedure))

Se recogen 56 publicaciones por parte de un investigador (T.O.) del uso de plata coloidal en procedimientos quirúrgicos y se seleccionaron 15 los cuales trataban de procedimientos quirúrgicos orales, se descartaron 41 ya que no correspondían al tema; Finalmente se realizó revisión por abstract y texto completo y se seleccionaron 8 artículos (7 in vitro^{13, 16, 17, 18, 19, 20, 21} y 1 in vivo¹⁵) considerados pertinentes a la revisión.

El tema principal es evaluar la efectividad antimicrobiana de la plata coloidal en procedimientos quirúrgicos odontológicos

Se toman varios subtemas como lo son:

1. Uso de plata coloidal en suturas.

2. Manejo de plata coloidal como apósito antibacteriano.

3. Empleo de plata coloidal en implantes dentales.

4. Implementación de plata coloidal en materiales REGENERATIVOS periodontales.

5. Manejo de plata coloidal en enjuagues dentales.

¿Qué son las nanopartículas de plata coloidal?

La nano-plata se conoce como plata coloidal compuesta de partículas con un tamaño inferior a 100 nm.⁴ La plata tiene potencial de ionización bajo siendo muy estable en soluciones acuosas, incluidos los fluidos fisiológicos. Ahora es posible producir AgNP (nanopartículas de plata) con tamaño y morfología controlados, alta homogeneidad, bajo índice de polidispersidad, desde pequeños grupos químicos hidrófilos e hidrófobos hasta grandes biomacromoléculas, como proteínas¹⁰. El proceso de nucleación y crecimiento de las AgNP puede ser mediado tanto por reactivos sintéticos como por productos biológicamente disponibles de plantas y microbios.¹⁰

La plata como agente antibacteriano

Los iones de plata pueden actuar sobre diferentes estructuras de la célula bacteriana. Estos iones parecen adherirse a la pared celular y la membrana citoplasmática a través de la atracción electrostática y la afinidad por las proteínas de azufre, lo que mejora la permeabilidad de la membrana y también conduce a la ruptura de estas estructuras. En las bacterias gramnegativas las porinas captan AgNP y puede generar la destrucción del ADN, proteínas y lípidos bacterianos, también estimulan la respuesta al estrés oxidativo causando la destrucción celular y aumentar la desfosforilación de residuos de tirosina en sustratos de péptidos bacterianos, inhibiendo el crecimiento bacteriano.^{10,11,12} fig. 1

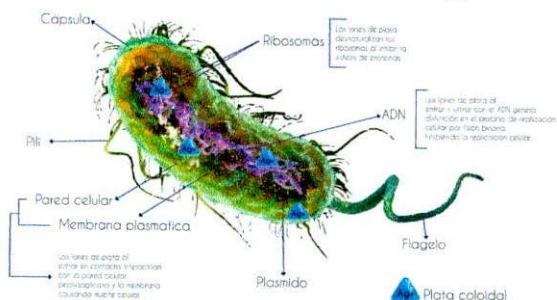


Fig. 1 Efectividad antimicrobiana de la plata coloidal sobre bacterias.

EFFECTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE LA PLATA COLOIDAL EN PROCEDIMIENTOS ODONTOLÓGICOS.

Plata coloidal en suturas

Baygar et al. (2019), diseñaron una sustancia para recubrir las suturas con nanopartículas de plata obtenidas mediante un enfoque de síntesis biológica mediada por microbios (bio-AgNP) se llevó a cabo de forma ecológica utilizando *Streptomyces sp.* Se utilizó el extracto libre de células AU2 y fue depositado en suturas de seda a través de un proceso in situ. Las suturas recubiertas con AgNP biosintetizadas (bio-AgNP) se caracterizaron usando microscopía electrónica de barrido (MEB) y el análisis se realizó usando espectroscopia de rayos X de dispersión de energía (EDX). La cantidad de plata liberada por las suturas recubiertas con bio-AgNP se calculó mediante espectroscopia de masa de plasma inducida por acoplamiento (ICP-MS) a lo largo de un proceso de degradación. El potencial antimicrobiano de las suturas recubiertas con bio-AgNP se determinó contra microorganismos patógenos comunes como *Cándida albicans*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, para determinar la biocompatibilidad /

citotoxicidad de las suturas recubiertas con bio-AgNP, se usó el ensayo MTT (3- (4,5-dimetiltiazol-2-il) -2,5-difeniltetrazolio) mediante un método de prueba indirecto; que las eluciones obtenidas por la extracción de las suturas a los 1, 4, 8 y 10 días, se pusieron en cultivo celular. En el primer día no hubo presencia de plata considerable, mientras que las cantidades de plata para los días 4, 7 y 21 fue $50 \pm 0,04 \mu\text{g} / \text{L}$, $1,31 \pm 0,05 \mu\text{g} / \text{L}$ y $2,93 \pm 0,08 \mu\text{g} / \text{L}$ respectivamente. El análisis de la actividad antibacteriana indicó la buena eficacia de las suturas contra Gram positivos (*S. aureus*) y bacterias Gram negativas (*E. coli*). Se informa que el potencial antimicrobiano de AgNP, que está directamente relacionado con su forma, tamaño y concentración, posiblemente exhiben actividad sobre la formación de especies reactivas de oxígeno (ROS), interacción proteína-AgNP, inhibición de la replicación del ADN y alteración de la pared celular microbiana. Schierholz et al.(1998), presentan datos fisicoquímicos, farmacológicos y microbiológicos que explican la eficacia antimicrobiana de la plata en la profilaxis de implantes, así como los antecedentes científicos de los beneficios clínicos establecidos de las preparaciones de plata en quemaduras, evidenciaron que la concentración de iones $> 10 \text{ mg} / \text{L}$ no se considera tóxica para ciertas células humanas, por lo que los resultados se mantuvieron por debajo

del límite aceptable para la liberación de plata. Se concluyó que recubrir las suturas con nanopartículas de plata biosintetizadas puede proporcionar una funcionalidad antimicrobiana y antibiofilm relacionada con el éxito de las aplicaciones clínicas y el proceso de cicatrización de heridas.¹³

Plata coloidal como apósito en cirugía oral

Para las extracciones dentales de rutina, la incidencia de alveolitis se ha informado en el rango del 0,5% al 5% y la incidencia después de la extracción de terceros molares mandibulares varía del 1% al 37,5%.¹⁴

Helei et al.,2019. realizaron un ensayo clínico controlado donde lograron evidenciar que la plata coloidal, Traumeel® S, Polymic® como grupo experimental genero resultados positivos al ser comparado con el grupo control tratado con medicamentos alopáticos, el 93% de los pacientes con alveolitis serosa notó como el dolor a la palpación, hiperemia y edema, desaparecieron al 2º día y se evidencio el restablecimiento de la función mandibular. En la alveolitis purulenta, la función de la mandíbula, se restableció en el 3er y 4to día, esto gracias a la combinación tratada para el grupo experimental de plata coloidal con Traumeel® S, Polymic®. En tres días, el estado general del cuerpo y la respuesta a la temperatura volvió a la normalidad. En el día 5 y 6 el tejido de

granulación apareció. En los estudios de cicatrización de heridas posteriores a la extracción en pacientes con alveolitis reveló que los procesos de cicatrización de heridas progresaron rápida y eficientemente en pacientes del grupo experimental con una disminución progresiva en cuanto al recuento de granulocitos y neutrófilos durante 5 días de observación de 87,8% a 57,0%; aparición de fibroblastos de 0 a 22,0%. En pacientes del grupo de control los procesos de cicatrización fueron menos intensos y tendieron a tener más inflamación: el número de neutrófilos, granulocitos disminuyó de 83,2 a 68,2% en 5 días, el porcentaje de fibroblastos aumentó de 0 a 9,4%, los linfocitos aumentaron significativamente (hasta 12,3%), lo cual no fue observado en el grupo control. En el examen microbiológico de pacientes con alveolitis con predominio de la microflora aeróbica tuvo prevalencia de cultivos de *Estafilococos* 68.4%, *Streptococos* 15.9 % y *St aureus* se encontró en un 24.1%, esto se observó posterior al tratamiento de alveolitis en el grupo control, teniendo en cuenta el contraste realizado con el grupo experimental, 20 pacientes del grupo control experimentaron un curso latente del proceso de inflamación en la herida, una disminución tardía de la reacción local de dolor, edema e hiperemia de los bordes de la herida. La recuperación de la función de la mandíbula con una recuperación

promedió de $3,4 \pm 0,1$ días más. Esta acción de recuperación más rápida en el grupo experimental se dio gracias a la acción de la plata coloidal combinándolo con Traumeel® S y Polymic®, es decir en manejo conjunto con las sustancias descritas.¹⁵

Sang Jin lee et al. (2016) En un estudio in vitro diseñaron un apósito antimicrobiano para heridas orales. El apósito diseñado se realizó con materiales biocompatibles como nanofibra co-electrohilada para combinar gelatina (GE) y poliuretano (PU) que contiene AgNP para mejorar la actividad antibacteriana dirigida a las bacterias periodontales. En los resultados, la AgNP no solo se sintetizó perfectamente sin un agente de reducción, sino que también tuvo una respuesta favorable la nanofibra electrohilada (EN) que contenía AgNP con la modulación de los niveles de las mismas nanopartículas de plata. La distribución del tamaño de frecuencia de las AgNP osciló entre 8 nm y 22 nm con un diámetro medio de 13 ± 1 nm. El mecanismo exacto por el cual las AgNP destruyen bacterias no se comprenden completamente en el área biomédica actual. Se supone que el mecanismo se relaciona con la capacidad de la AgNP para interactuar directamente con las bacterias, dañan la pared celular o dañan las proteínas de la membrana, el ADN y forman especies reactivas de oxígeno (ROS). Estas acciones inhiben el crecimiento celular que conduce a la lisis y la fuga que termina en la muerte celular.¹⁶

Plata coloidal en implantes dentales

Pokrowiwicki et al. (2017) En un estudio in vitro determinaron la eficacia potencial de los biomateriales de titanio impregnados con nanoplate, evaluaron la actividad antibacteriana para bacterias frecuentemente aisladas de la biopelícula periimplantaria: *Streptococcus mutans*, *Streptococcus mitis*, *Streptococcus oralis*, *Streptococcus sanguis*, *Porphyromonas gingivalis*, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Las diferencias en la inhibición del crecimiento entre las especies bacterianas fueron significativas ($p < 0.05$). Las bacterias Gram negativas fueron más susceptibles a la nanoplate que las bacterias Gram positivas ($p < 0.05$); La inhibición de *P. gingivalis* fue más pronunciada, en comparación con otras especies ($p, 0.05$) excepto *E. coli* ($p = 0.996$). En el grupo de bacterias Gram positivas, *S. aureus* fue la más susceptible a los SNPs (nanopartículas de plata) ($p, 0.05$). Las zonas de inhibición de crecimiento bacteriano (ZIs) de estas bacterias fue significativamente más amplia que el de *S. mutans* ($p = 0.000$) y *S. oralis* ($p = 0.028$). En el subgrupo de estreptococos, *S. sanguis* mostró las zonas de inhibición más grandes, mientras que *S. mutans* fue el más resistente a los SNP. Sin embargo, las diferencias entre los pares de estreptococos probados ($p \geq 0.05$) y las cepas clínicas ($p = 0.996$) no fueron estadísticamente significativas. Se evidenció que la incorporación de nanoplate puede influir en las

propiedades de la superficie siendo importantes en el proceso de cicatrización alrededor del implante, teniendo en cuenta la presencia de nanoplate en el titanio, lo cual proporciona una actividad antibacteriana relacionada con las bacterias implicadas en la periimplantitis, disminuyendo el riesgo de enfermedad.¹⁷

Liao Juan et al. (2010) Depositaron nanopartículas de plata sobre una superficie de titanio para obtener propiedades antibacterianas, se utilizaron dos especies de bacterias, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, para probar el efecto antibacteriano de la superficie tratada con Ti-nAg. Los análisis de EDS revelaron que había 4,26% de Ag presente en la superficie. Después de una incubación de 24 horas, el 94% de *Staphylococcus aureus* y más del 95% de *Escherichia coli* habían muerto en la superficie de Ti-nAg, y el examen SEM de la prueba de eficacia antiadherente mostró que había menos bacterias adheridas a la superficie Ti-nAg. que a una superficie de control de titanio sin tratar. Estos datos sugieren que el titanio modificado con nanopartículas de plata es un material con una propiedad antibacteriana que puede usarse como biomaterial implantable.¹⁸

Plata coloidal en materiales regenerativos periodontales

En un estudio In vitro se evidenció como los injertos óseos tienen la desventaja de provocar una respuesta inmunológica con el rechazo posterior del injerto para regeneración tisular guiada, donde la tasa de éxito es variable debido a la alta susceptibilidad a las infecciones; de allí surgió el importante papel de los biomateriales sintéticos y de ahí que para ello se desarrollará un andamio de nanocompuestos, utilizando hidrogel de alfa y beta quitina con nanopartículas de vitrocerámica bioactiva (nBGC) y AgNP por técnica de liofilización (alfa y beta quitina andamio nanocompuesto de hidrogel / nBGC / AgNP). En el análisis del diámetro de la zona de inhibición de los andamios de quitina contra *S. aureus* y *E. coli*, genera un resultado donde se resalta una diferencia estadísticamente significativa en comparación con el control de quitina ($p < 0,05$). De acuerdo a esto los resultados revelaron que los andamios de nanocompuestos antibacterianos podrían ser un enfoque prometedor para el manejo de defectos periodontales, se encontró como el hidrogel de quitina al 1% nBGC /AgNP tenía buenas características de material y porosidad ideal para la regeneración en defectos periodontales.¹⁹

Para la implementación de materiales regenerativos en cirugía periodontal realizado por Santoshi Rani et al. (2015) Investigan la colonización y

penetración de bacterias específicas en membranas GTR (regeneración tisular guiada) impregnadas de nanoplate. se utilizaron tres conjuntos de membranas GTR: 1) GTR-C: membrana GTR simple como control negativo; 2) GTR-NS: membrana GTR impregnada con nanopartículas de plata como grupo de prueba; 3) GTR-DOX: Membrana GTR impregnada con clorhidrato de doxícilina al 25% que actúo como control positivo, se realizó una observación cualitativa de la adherencia microbiana y la penetración bacteriana a través de las membranas de GTR utilizando cuatro organismos (*streptococcus mutans*, *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*, *Fusobacterium nucleatum* y *Porphyromonas gingivalis*) ya que estos microorganismos tienen una capacidad de adherencia a las membranas de colágeno. En los resultados se encontró una diferencia en las unidades formadoras de colonias (UFC) muy significativa ($p < 0,001$), sin embargo, esto sugiere una mayor penetración en las membranas GTR-C en comparación con los grupos GTR-NS y GTR-DOX. Aunque las UFC medias fueron más bajas en GTR-DOX que en GTR-NS en los cuatro microorganismos, esta diferencia fue estadísticamente significativa solo para *S. mutans* y *F. nucleatum*. La incorporación de nanopartículas de plata puede ser valiosa para controlar la infección asociada a la membrana. Se deben

realizar estudios con diferentes tamaños de partículas de nanoplate para evaluar más a fondo las propiedades beneficiosas contra los patógenos periodontales.²⁰

Uso de la plata coloidal en enjuagues dentales:

Ahrari F et al. (2015) Evaluaron los efectos antibacterianos de las soluciones coloidales que contienen óxido de zinc (ZnO), óxido de cobre (CuO), dióxido de titanio (TiO₂) y nanopartículas de plata (Ag) en *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis* y comparan los resultados con los de clorhexidina y sodio. Se prepararon seis grupos. Donde Los grupos I a IV incluyeron soluciones coloidales que contienen nanoZnO, nanoCuO, nanoTiO₂ y nanoAg, respectivamente. Los grupos V y VI consistieron en enjuagues bucales con fluoruro de sodio al 2.0% y clorhexidina al 0.2%, respectivamente como controles. Utilizaron el método de dilución en serie para encontrar concentraciones inhibitorias mínimas (MIC) y con subcultivos obtuvieron concentraciones bactericidas mínimas (MBC) de las soluciones contra *S. mutans* y *S. sanguis*. El enjuague bucal con fluoruro de sodio no mostró ningún efecto antibacteriano. La solución que contenía nanoTiO₂ tenía la MIC más baja contra ambos microorganismos y también mostraba la MBC más baja contra *S. mutans* ($p < 0.05$). Las soluciones coloidales que

contenían nanoTiO₂ y nanoZnO mostraron el MBC más bajo contra *S. sanguis* ($P < 0.05$). Por otro lado, la clorhexidina mostró la MIC y MBC más altas contra ambos estreptococos ($P < 0.05$). Por ende, el enjuague bucal que contiene nanoTiO₂ demostró ser un agente antimicrobiano eficaz, en el presente estudio, el efecto antibacteriano de las nanopartículas de plata no fue deseable contra *S. mutans*. Es posible que las partículas de nanoAg se adhieran entre sí y formen partículas micrométricas a altas concentraciones, lo que conduce a una menor actividad antimicrobiana. Se necesitan más estudios para dilucidar los efectos antimicrobianos de las soluciones de nanopartículas cuando se usan como enjuagues bucales en condiciones in vivo y los posibles efectos secundarios de estas soluciones en la microflora oral.²¹

Conclusiones

Esta revisión se basó en realizar una búsqueda de publicaciones en las cuales se estudiaron los beneficios y las propiedades antimicrobianas de la plata coloidal en materiales usados en cavidad oral en pacientes sometidos a diferentes procedimientos odontológicos, en los cuales se evaluaron parámetros clínicos que demostraron la efectividad de implementar partículas de plata.

Se concluye que se han realizado publicaciones sobre el uso de la plata coloidal en materiales regenerativos,

implantes dentales, suturas, enjuagues bucales, apósitos orales posquirúrgicos (tabla 1), sin embargo; se requieren más estudios clínicos, con mejor diseño metodológico y mayor evidencia científica para comprobar la efectividad antimicrobiana de la plata coloidal en diferentes procedimientos odontológicos.

REFERENCIAS

- 1) Allaker, R. P., & Memarzadeh, K. Nanoparticles and the control of oral infections. *International journal of antimicrobial agents*. 2014; 43(2), 95-104.
- 2) Hao, Y., Huang, X., Zhou, X., Li, M., Ren, B., Peng, X., & Cheng, L. Influence of dental prosthesis and restorative materials interface on oral biofilms. *International journal of molecular sciences*. 2018; 19(10), 3157.
- 3) Edmiston CE Jr, McBain AJ, Roberts C, Leaper D. Clinical and microbiological aspects of biofilm-associated surgical site infections. *Advances In Experimental Medicine And Biology*. 2015; 830:47-67
- 4) Richter, K., Facal, P., Thomas, N., Vandecandelaere, I., Ramezanpour, M., Cooksley, C., ... & Vreugde, S. Taking the silver bullet colloidal silver particles for the topical treatment of biofilm-related infections. *ACS applied materials & interfaces*. 2017; 9(26), 21631-21638.
- 5) Dong, Y., Liu, W., Lei, Y., Wu, T., Zhang, S., Guo, Y., ... & Wang, Y. Effect of gelatin sponge with colloid silver on bone healing in infected cranial defects. *Materials Science and Engineering: C*. 2017; 70, 371-377.
- 6) Tran, P. L., Luth, K., Wang, J., Ray, C., de Souza, A., Mehta, D., ... & Reid, T. W. Efficacy of a silver colloidal gel against selected oral bacteria in vitro. *F1000Research*. 2019; 8.
- 7) Panacek A, Kvítek L, Pruček R, Kolar M, Vecerova R, Pizúrova N, et al. Silver colloid nanoparticles: synthesis, characterization, and their antibacterial activity. *The Journal Of Physical Chemistry B*. 2006;110(33):16248-53.
- 8) Niska, K., Knap, N., Kędzia, A., Jaskiewicz, M., Kamysz, W., & Inkielewicz-Stepniak, I. Capping agent-dependent toxicity and antimicrobial activity of silver nanoparticles: an in vitro study. Concerns about potential application in dental practice. *International journal of medical sciences*. 2016; 13(10), 772.
- 9) Zhang, S., Liu, X., Wang, H., Peng, J., & Wong, K. K. Silver nanoparticle-coated suture effectively reduces inflammation and improves mechanical strength at intestinal anastomosis in mice. *Journal of pediatric surgery*. 2014; 49(4), 606-613.

- 10) Noronha, V. T., Paula, A. J., Duran, G., Galembeck, A., Cogomüller, K., Franz-Montan, M., & Duran, N. Silver nanoparticles in dentistry. *Dental Materials*. 2017; 33(10), 1110-1126.
- 11) Bapat, R. A., Chaubal, T. V., Joshi, C. P., Bapat, P. R., Choudhury, H., Pandey, M., ... & Kesharwani, P. An overview of application of silver nanoparticles for biomaterials in dentistry. *Materials Science and Engineering: C*. 2018; 91, 881-898.
- 12) Blaker, J. J., Nazhat, S. N., & Boccaccini, A. R. Development and characterisation of silver-doped bioactive glass-coated sutures for tissue engineering and wound healing applications. *Biomaterials*. 2004; 25(7-8), 1319-1329.
- 13) Baygar T, Sarac N, Ugur A, Karaca IR. Antimicrobial characteristics and biocompatibility of the surgical sutures coated with biosynthesized silver nanoparticles. *Bioorg Chem*. 2019; 86:254-258.
- 14) Lagares, D. T., Figallo, M. A. S., Ruiz, M. M. R., Infante-Cossío, P., & Calderón, M. G. Alveolitis seca: Actualización de conceptos. *Medicina oral*. 2005; 10(1), 77-85.
- 15) Helei VM, Zhero NI, Helei NI, Kryvanich VV. Choice of the treatment method of the inflammatory process in the alveolar tooth socket. *Wiad lek*. 2019; 31;72(10):1957-1960.
- 16) Lee SJ, Heo DN, Lee D, Heo M, Rim H, Zhang LG, Park SA, Do SH, Moon JH, Kwon IK. One-Step Fabrication of AgNPs Embedded Hybrid Dual Nanofibrous Oral Wound Dressings. *J Biomed Nanotechnol*. 2016 ;12(11):2041-50.
- 17) Pokrowiecki R, Zaręba T, Szaraniec B, Pałka K, Mielczarek A, Menaszek E, Tyski S. In vitro studies of nanosilver-doped titanium implants for oral and maxillofacial surgery. *Int J Nanomedicine*. 2017; 12:4285-4297.
- 18) Juan L, Zhimin Z, Anchun M, Lei L, Jingchao Z. Deposition of silver nanoparticles on titanium surface for antibacterial effect. *Int J Nanomedicine*. 2010; 15; 5:261-7.
- 19) Srinivasan S, Kumar PT, Nair SV, Nair SV, Chennazhi KP, Jayakumar R. Chitin alpha and beta hydrogel antibacterials and bioactive / nanobioactive glass ceramic / nano silver composite scaffolds for periodontal regeneration. *J Biomed Nanotechnol*. 2013; 9 (11): 1803-16.
- 20) Rani S, Chandra RV, Reddy AA, Reddy BH, Nagarajan S, Naveen A. Evaluation of the Antibacterial Effect of Silver Nanoparticles on Guided Tissue Regeneration Membrane Colonization--An in Vitro Study. *J Int Acad Periodontol*. 2015; 17(3):66-76.
- 21) Ahrari F, Eslami N, Rajabi O, Ghazvini K, Barati S. The antimicrobial sensitivity of *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sanguis* to colloidal

solutions of different nanoparticles
 applied as mouthwashes. J Dent. Res.
 2015; 12(1):4

Autor (Año)	Tipo de estudio	Variables analizadas (tipo de medición)	Resultados
Sang Jim Lee (2016) ¹⁶	Estudio in vitro	Actividad antibacteriana dirigida a bacterias periodontales en nanofibra co-electrohilada con gelatina (GE) y poliuretano (PU) que contiene nanopartículas de plata (AgNP)	Las fibras EN-2, EN-3 y EN-4 exhibieron potente actividad antimicrobiana
Rafal Pokrowiwicki (2017) ¹⁷	Estudio In vitro	Actividad antibacteriana para bacterias en biopelícula periimplantaria. *n=15	Las bacterias Gram negativas más susceptibles a la nanoplate que las Gram positivas ($p<0,05$); La inhibición de <i>P. gingivalis</i> fue más pronunciada, en comparación con otras especies ($p, 0.05$)
Sowmya Srinivasan (2013) ¹⁹	Estudio In vitro	Porosidad, propiedades mecánicas, actividad antibacteriana, degradación, la viabilidad celular, la unión celular y la capacidad de proliferación celular en andamios compuestos preparados con quitina al 1% nBGC /AgNP *n=6	Se encontró como el hidrogel de quitina al 1% nBGC /AgNP tenía buena porosidad ideal para la regeneración en defectos periodontales, estadísticamente significativa en comparación con el control de quitina ($p<0,05$).
Liao Juan (2010) ¹⁸	Estudio In vitro.	Propiedades antibacterianas de las nanopartículas de plata sobre una superficie de titanio	Los análisis de EDS revelaron 4,26% de Ag presente en la superficie. Después de una incubación de 24 horas, el 94% de <i>Staphylococcus aureus</i> y más del 95% de <i>Escherichia coli</i> habían muerto en la superficie de Ti-nAg.
Santoshi Rani (2015) ²⁰	Estudio in vitro	Colonización y penetración de bacterias en tres tipos de membranas para regeneración tisular guiada.	La adherencia bacteriana fue significativamente mayor ($p <0,001$) en el GTR-C en comparación con los grupos GTR-DOX y GTR-NS. La diferencia en las unidades formadoras de colonias (UFC) fue muy significativa ($p <0,001$), sugiriendo una mayor penetración en las membranas GTR-C en comparación con GTR-NS y GTR-DOX.
Baygar T (2019) ¹³	Estudio in vitro	Potencial antimicrobiano de las suturas recubiertas de bio-AgNP. así mismo biocompatibilidad y citotoxicidad de las suturas recubiertas de bio-AgNP *n=10	El análisis de la actividad antibacteriana indicó la buena eficacia de las suturas contra Gram positivos (<i>S. aureus</i>) y bacterias Gram negativas (<i>E. coli</i>)
Helei, 2019. ¹⁵	Estudio in vivo	Eficacia clínica de los fármacos en pacientes con alveolitis. *n=38 grupo experimental *n=20 controles.	El grupo de observación principal en el 93% $\pm$ 0.07% en el segundo día desaparece el dolor, el enrojecimiento, la hinchazón de los tejidos blandos. Los pacientes del grupo de control experimentaron un curso lento del proceso inflamatorio en la herida.
Ahrari F. 2015 ²¹	Estudio in vitro	Efectos antibacterianos de soluciones que contienen	el efecto antibacteriano de las nanopartículas de plata no fue deseable contra <i>S. mutans</i> .

		óxido de zinc (ZnO), óxido de cobre (CuO), dióxido de titanio (TiO ₂) y nanopartículas de plata	
--	--	---	--

Tabla 1. Estudios de plata coloidal en procedimientos quirúrgicos orales