

Recibido: 26.09.2018 | Aceptado: 20.11.2018

**Palabras clave:** Antimicrobiano, biomateriales, microcompuestos, nanopartículas de plata y polimetilmetacrilato.

# Nanopartículas de plata y su aplicación en estomatología

VERÓNICA CAMPOS IBARRA  
*veronica.ibarra@uaslp.mx*  
ÓSCAR OMAR RÍOS HUERTA  
LUISA FERNANDA OLGUÍN CHAIRES  
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA, UASLP

El avance en la investigación de los materiales y las nuevas tecnologías aplicadas han permitido obtener mejores materiales compuestos con propiedades nunca antes descritas, como los nanocompuestos. Existe un gran número de reportes en la literatura que informan sobre los cambios significativos en las propiedades estructurales, biológicas y físico-químicas de los materiales cuando se les agrega algún elemento a escala nanométrica; por ejemplo, las nanopartículas de oro, cobre o plata dispersas en matrices poliméricas, cerámicas o metálicas, entre otras.

Un nanocompuesto se define como un material formado por dos o más sustancias, en donde por lo menos una de ellas presenta una dimensión de entre 1 y 100 nanómetros (nm). Los nanomateriales se agregan en cantidades menores a 5 por ciento del peso total (pt), ya sea en la superficie del material o en el cuerpo del material base.

Los biomateriales pueden ser modificados y beneficiados con el agregado de nuevos componentes. Por ejemplo, el uso de nanopartículas de plata en diferentes sustratos se ha utilizado para prevenir infecciones asociadas al uso de dispositivos médicos y odontológicos. Otras propiedades que han sido mejoradas cuando se añade algún tipo de nanopartículas, son las ópticas como alta traslucidez y disminución del brillo; los cambios en las propiedades superficiales provocan en la superficie un pulido más regular, propiedades antimicrobianas, radiopacidad, entre otras. Estos cambios se presentan sin modificar sus propiedades mecánicas ni aumentar considerablemente la densidad del material.

### Nanopartículas de plata

La plata (Ag) se ha empleado a lo largo de la historia con fines ornamentales y como agente antimicrobiano. Se sabe que los iones de plata son el principal agente reactivo y tóxico para diferentes microorganismos; muestran afinidad con los grupos tiol, lo que sugiere que pueden unirse a proteínas de la membrana bacteriana y producir cambios estructurales que lleven a la muerte celular. También hay estudios que demuestran la capacidad de los iones de plata para penetrar en la membrana celular, lo que les permitiría unirse al DNA bacteriano y así provocar



desnaturalización del RNA, teniendo como consecuencia la inhibición de la replicación bacteriana.

Las nanopartículas de plata (AgNps) poseen un amplio espectro de acción, abarcan bacterias Gram positivas (aquellas que se tiñen de violeta) y Gram negativas (que se tiñen de rojo). Su efectividad antimicrobiana se ha demostrado en más de 20 especies microbianas incluyendo cepas de la cavidad oral (tabla 1).

La resistencia bacteriana a las nanopartículas de plata y su toxicidad dentro del organismo depende tanto de la solubilidad del medio en que se encuentren como de la dosis, tamaño y forma de las partículas sintetizadas, por lo que se considera un agente antimicrobiano ideal siempre y cuando su efectividad sea localizada y su exposición sea controlada.

### Aplicaciones en odontología

En odontología, la evolución del uso de la plata va de la amalgama dental a los materiales nanocompuestos y ha permitido desarrollar

Tabla 1. Especies bacterianas susceptibles a las nanopartículas de plata

Especies bacterianas	Referencia
<i>Escherichia coli</i>	Kim <i>et al.</i> , 2007
<i>Staphylococcus aureus</i>	Fox y Modak, 1974
<i>Staphylococcus epidermis</i>	Furno <i>et al.</i> , 2004
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Klasen 2000a
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Shahverdi y Fakhimi, 2007
<i>Porphyromonas gingivalis</i>	Campos <i>et al.</i> , 2018
<i>Prevotella intermedia</i>	Campos <i>et al.</i> , 2018
<i>Prevotella denticola</i>	Campos <i>et al.</i> , 2018
<i>Bacteroides forsythus</i>	Campos <i>et al.</i> , 2018
<i>Fusobacterium nucleatum vicentii</i>	Campos <i>et al.</i> , 2018
<i>Campulobacter gracilis</i>	Campos <i>et al.</i> , 2018
<i>Campilobacter rectura</i>	Campos <i>et al.</i> , 2018
<i>Eikenella corrodens</i>	Campos <i>et al.</i> , 2018
<i>Aggegatibacter actinomycetemcomitans</i>	Campos <i>et al.</i> , 2018
<i>Actinomyces israelii</i>	Campos <i>et al.</i> , 2018
<i>Fusobacterium nucleatum</i>	Campos <i>et al.</i> , 2018
<i>Parvimonas micra</i>	Campos <i>et al.</i> , 2018
<i>Streptococcus sanguinis</i>	Campos <i>et al.</i> , 2018
<i>Streptococcus mutans</i>	Espinosa-Cristóbal <i>et al.</i> , 2009
<i>Candida sp.</i>	Panacek <i>et al.</i> , 2009

nuevas opciones para el cuidado de la salud oral. La incorporación de estas nanopartículas de plata a diferentes materiales dentales brinda un blindaje contra la colonización y corrosión microbiana en las superficies de los materiales, lo que puede incrementar la vida útil del dispositivo y favorecer la salud de los tejidos circundantes. Por ejemplo, la colonización bacteriana en las bases de dentadura de polimetilmetacrilato ocasiona infecciones agregadas y aumenta los riesgos para la salud en pacientes susceptibles. El polimetilmetacrilato es uno de los polímeros más utilizados en odontología, se emplea como base protésica desde 1937 y se caracteriza por ser rígido, termoplástico, transparente, ligera-

mente hidrófobo, debido a sus propiedades mecánicas y ópticas, se emplea como dispositivo biomédico y como material protésico en la preparación de restauraciones temporales, aparatos ortopédicos, lentes de contacto, prótesis de fémur y en prótesis totales o parciales (Baxter y Yeh, 2012). Por ello, se ha propuesto el estudio de materiales poliméricos con nanopartículas de plata para evaluar sus efectos antimicrobianos y antibiofilm con diversas metodologías. También se han agregado las nanopartículas de plata a materiales diagnósticos como el alginato para aumentar su vida útil y disminuir los riesgos de infecciones cruzadas, y en materiales restauradores, como en adhesivos dentales y en diversas alea-

ciones de implantes dentales para prevenir infecciones agregadas.

### Aportación de la UASLP

Investigadores de la Facultad de Estomatología cuentan con amplia experiencia tanto en la síntesis de las nanopartículas de plata como en el desarrollo de nuevos materiales en el área estomatológica. Sus trabajos profundizan en la interacción con sistemas celulares y en modelos animales para considerar las dosis tóxicas y óptimas de uso para aplicación clínica. A su vez, se han diseñado diversas metodologías de incorporación de las nanopartículas de plata a los materiales y dispositivos dentales, con resultados positivos que pueden tener un impacto tanto en la salud como en la economía de los pacientes. Por ejemplo, en un estudio (Moreno, 2015) se demostró un equilibrio en la remineralización del esmalte dental cuando se utilizó un adhesivo dental con nanopartículas de plata para fijar brackets en un tratamiento ortodóntico.

En otra investigación reciente (Campos, 2018) se desarrolló un nanocompuesto a base de polimetilmetacrilato con nanopartículas de plata que presentó un excelente efecto antimicrobiano utilizando sólo 0.03 por ciento del pt, con una baja velocidad de liberación de iones plata y manteniendo la estabilidad estructural del material. Mientras que en otro estudio (Gordea, 2014), realizado de manera paralela, se observó la desorganización de un biofilm bacteriano utilizando altas concentraciones de nanopartículas de plata en una matriz polimérica. El beneficio de estos desarrollos se dirige principalmente a pacientes susceptibles a infecciones agregadas; por ejemplo, adultos

mayores portadores de prótesis totales o parciales, niños con aparatología oral fija, personas con dificultades motrices y dificultad para mantener una higiene óptima, pacientes sanos en los que se desea preservar la salud periodontal y dental, aquellos con compromiso inmunológico: pacientes en tratamiento contra el cáncer o con enfermedades inmunosupresoras que cuenten con alguno de dispositivos intraorales.

### Síntesis de nanocompuestos poliméricos

Cuando se desea diseñar un nanocompuesto con matriz polimérica y agregar propiedades antimicrobianas para fines protésicos, puede elegirse entre tres métodos básicos de fabricación o sintetización:


**a) Polimerización *in situ*.** Fue el primer método utilizado para la fabricación de nanocompuestos. En la actualidad sigue aplicándose por ser una forma sencilla de incorporar los nanomateriales a una solución de monómero, previo al inicio de la polimerización. Un reto en esta técnica es evitar la formación de aglomerados de las nanopartículas y delimitar la localización del nanomaterial que, generalmente, se queda en el cuerpo del polímero terminado.

**b) Fabricación en disolución.** En este método el nanomaterial es suspendido en un disolvente orgánico polar y se añade al polímero disuelto. El material nanométrico queda intercalado en las cadenas poliméricas. El disolvente es eliminado de la capa superficial por evaporación en vacío, al final se obtiene el efecto antibacterial profiláctico. La desventaja de esta técnica es la gran cantidad de disolvente utilizado durante el proceso.

**c) Intercalación en fundido.** El polímero, que generalmente se encuentra en pellets, es fundido y mezclado con el nanomaterial. Las ventajas son que no requiere disolventes y los materiales pueden procesarse de manera sencilla con inyección o extrusión. Entre las desventajas que presenta este método es que el material se localiza en el cuerpo del polímero y no puede limitarse la localización/distribución del material nanométrico en la superficie del sustrato (Jordan, Jacob, Tannenbaum, Sharaf y Jasiuk, 2005).

Además de las técnicas mencionadas, se han descrito y empleado otras de recubrimiento superficial y tratamiento de superficies para agregar un agente antimicrobiano y prevenir la colonización microbiana en diferentes matrices y materiales dentales. Algunos tratamientos son más efectivos sobre metales y cerámicos, como los procedimientos mecánicos, térmicos o iónicos. Mientras que otros requieren mayor equipo e infraestructura; por ejemplo, el tratamiento superficial con láser y con plasma (Cavalcanti *et al.*, 2014).

### Conclusión

La realización de estos proyectos promueve el avance en nanotecnología, al utilizar biomateriales higiénicos con un beneficio potencial para la salud bucal y la prevención de infecciones secundarias en pacientes susceptibles y con un amplio campo de aplicación en diversas áreas de la estomatología, donde sea necesario prevenir los agregados microbianos en la superficie de dispositivos y de otros materiales dentales. 



### VERÓNICA CAMPOS IBARRA

Obtuvo el Doctorado Institucional en Ingeniería y Ciencias de Materiales por la UASLP. Es profesora investigadora en la Facultad de Estomatología de la UASLP, en donde trabaja el proyecto "Futuro de los nanocompuestos poliméricos".



### Referencias bibliográficas:

- Baxter, D. y Yeh, J. (2012). The use of polymethyl methacrylate (PMMA) in neurosurgery. *Biomaterials for Spinal Surgery*, pp. 365-384. doi.org/10.1016/B978-1-84569-986-4.50010-6
- Jordan, J., Jacob, K. I., Tannenbaum, R., Sharaf, M. A. y Jasiuk, I. (2005). Experimental trends in polymer nanocomposites - A review. *Materials Science and Engineering A*. doi.org/10.1016/j.msea.2004.09.044
- Kim, J. S., Kuk, E., Yu, N. K., Kim, J. H., Park, J. S., Lee, ... J. H. y Cho, M. H. (2007). Antimicrobial effects of silver nanoparticles. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*, 3(1), pp. 95-101. doi.org/10.1016/j.nano.2006.12.001
- Klasen, H. J. (2000a).
- Campos, V., Almaguer-Flores, A., Velasco-Arias, D., Díaz, D. y Rodil S. E. (2018). Bismuth and silver nanoparticles as antimicrobial agent over subgingival bacterial and nosocomial strains. *Journal of Materials Science and Engineering A*, 8(7-8), pp. 142-146. doi.org/10.17265/2161-6213/2018.7-8.002