



# Efectividad antimicrobiana de los sistemas adhesivos. Una alternativa eficaz: revisión bibliográfica

Antimicrobial effectiveness of adhesive systems. An effective alternative: literature review

Eficácia antimicrobiana dos sistemas adesivos. Uma alternativa eficaz: revisão da literatura

Wilson Encarnación<sup>1, a</sup> , Diana de la Cruz<sup>1, a</sup> , Sonia Herencia<sup>1, a</sup> , Zulema Velásquez<sup>1, a, b, c</sup> 

## RESUMEN

Los sistemas adhesivos se utilizan en la práctica clínica diaria; sin embargo, su principal desventaja es la contracción por polimerización que podría ocasionar la aparición de microfiltraciones, acumulo de placa, caries secundaria e hipersensibilidad. Por este motivo, se han venido incorporando agentes antimicrobianos, como el metacrilato de amonio cuaternario fotopolimerizable, los rellenos de vidrio que liberan iones de flúor, el pirogalol y las nanopartículas de plata, calcio y grafeno fluorado. En los últimos años, algunos de estos han demostrado tener una buena efectividad antimicrobiana, que, a su vez, no interfieren con la adhesión en las restauraciones. De tal manera, estos sistemas adhesivos antimicrobianos podrían favorecer a obtener mejores resultados a largo plazo. Las nanopartículas que presentaron mejores resultados fueron el fosfato de calcio amorfo y las compuestas de plata.

**Palabras clave:** adhesivos, antimicrobianos, metacrilatoiloxidodecilmiridinio, nanopartículas de plata.

## ABSTRACT

Adhesive systems are used in daily clinical practice; however, the main disadvantage is polymerization shrinkage, which could lead to microleakage, plaque accumulation, secondary caries, and hypersensitivity. For this reason, antimicrobial agents have been incorporated, such as light-curing quaternary ammonium methacrylate, fluoride ion-releasing glass fillers, pyrogallol, and nanoparticles of silver, calcium, and fluorinated graphene. In recent years, some of these have been shown to have good antimicrobial effectiveness and, in turn, do not interfere with adhesion in restorations. Thus, these antimicrobial adhesive systems could contribute to better long-term results. The best-performing nanoparticles were amorphous calcium phosphate and silver nanoparticles.

**Keywords:** adhesives, antimicrobials, methacryloyloxyalkylidenepyridinium, silver nanoparticles.

## RESUMO

Os sistemas adesivos são utilizados na prática clínica diária; no entanto, a principal desvantagem é a contração da polimerização, que pode levar a microinfiltração, acumulação de placa, cáries secundárias e hipersensibilidade. Por este motivo, foram incorporados agentes antimicrobianos, como o metacrilato de amônio quaternário fotopolimerizável, cargas de vidro que libertam iões de flúor, pirogalol e nanopartículas de prata, cálcio e grafeno

<sup>1</sup> Universidad Peruana Cayetano Heredia, Facultad de Estomatología. Lima, Perú.

<sup>a</sup> Cirujano dentista.

<sup>b</sup> Magíster en Estomatología.

<sup>c</sup> Especialista en endodoncia.

fluorado. Nos últimos anos, algumas destas substâncias demonstraram ter uma boa eficácia antimicrobiana e não interferem com a adesão nas restaurações. Assim, estes sistemas adesivos antimicrobianos poderiam conduzir a melhores resultados a longo prazo. As nanopartículas com melhor desempenho foram o fosfato de cálcio amorfo e as nanopartículas de prata.

**Palabras-chave:** adhesivos, antimicrobianos, metacrilóiloxialquilidenopiridínio, nanopartículas de prata.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día los sistemas adhesivos son muy usados en la práctica clínica diaria; sin embargo, su principal desventaja es la contracción por polimerización, la cual podría conllevar la aparición de microfiltraciones, acumulación de placa, caries secundaria e hipersensibilidad (1-3).

Por este motivo, se ha propuesto el uso de sistemas adhesivos que posean agentes antimicrobianos, que podrían mejorar el pronóstico de las restauraciones (2). Entre ellos se encuentran el metacrilato de amonio cuaternario fotopolimerizable denominado bromuro de metacrilóiloxidodecílpiridinio (MDPB), los rellenos de vidrio que liberan iones de flúor, el pirogalol y las nanopartículas de plata, calcio y grafeno fluorado (2, 3,4).

El MDPB fue uno de los primeros agentes descubiertos por el Dr. Imazato el cual es considerado como un potente bactericida ya que inhibe el crecimiento bacteriano (5). Cuando el MDPB se incorpora a la resina, el componente antimicrobiano se inmoviliza y no se libera del material hasta después de la polimerización (3). Sin embargo, la fuerza de unión en dentina era menor (5).

En busca de mejorar la fuerza de unión, se implementaron otros métodos, como la combinación de las nanopartículas de plata y de fosfato de calcio amorfo en los sistemas adhesivos. Este método presentó resultados óptimos gracias a las nanopartículas incorporadas; sin embargo, presentó fallas al integrarse en la matriz adhesiva (6).

Recientemente se han investigado otras nanopartículas con propiedades favorecedoras, como el grafeno fluorado y el pirogalol en adhesivos universales. El primero es considerado altamente citotóxico, ya que rompe la membrana celular de las bacterias; por tanto, posee efectos antimicrobianos tanto físicos como químicos (6). Asimismo, el pirogalol ha demostrado preservar la fuerza de unión

a la dentina a lo largo del tiempo (3). El propósito de la presente revisión es identificar los distintos tipos de sistemas adhesivos antimicrobianos en dentina que mejoren la efectividad de las restauraciones.

## HISTORIA DE LOS SISTEMAS ADHESIVOS ANTIBACTERIANOS

Las características básicas de los materiales dentales para el tratamiento restaurado han mejorado mucho como resultado de varios estudios. La mayoría de los productos novedosos en el mercado tienen excelentes propiedades físicas, mecánicas, biológicas, adhesivas y un buen desempeño clínico. Se propone que la innovación en materiales de restauración se pueda orientar a nuevas dimensiones mediante el desarrollo de materiales que integren nanopartículas antimicrobianas (4).

Entre una de estas funciones propuestas de los materiales restauradores para el tratamiento de caries, se puede destacar la capacidad antibacteriana. Dado que la caries es una enfermedad infecciosa y la erradicación de tales bacterias cariogénicas es un principio importante, el efecto de controlar las bacterias es ventajoso para eliminar el riesgo de una mayor desmineralización y cavitación (4).

Uno de los primeros compuestos empleados dentro de los sistemas adhesivos autoacondicionantes es el Clearfil SE Protect, el cual posee efectos antimicrobianos contra bacterias cariogénicas mediante el método de difusión en disco de agar, demostrando que dicho sistema de adhesión, que contiene bromuro de 12-MDPB, es un potente bactericida. Cuando este MDPB se fotocura, el componente antibacteriano se inmoviliza y no se libera del material después de la polimerización (7).

Unos años más tarde se decide incorporar un monómero antibacteriano catiónico polimerizable, el cloruro de metacrilóiloxil etil cetil dimetil amonio (DMAE-CB), a un sistema adhesivo convencional simplificado, como lo es el Single Bond 2 + 3 %

DMAE-CB. Li et al. (8) refieren que esta unión mostró una inhibición del crecimiento de *Streptococcus mutans* por contacto.

## TIPOS DE NANOCOMPUESTOS

La aplicación de la nanotecnología en la ciencia de materiales es un gran paso hacia la mejora de las propiedades químicas, mecánicas, ópticas y eléctricas. Actualmente, una potencial aplicación de la nanotecnología es el efecto antibacteriano que pueden exhibir algunas nanopartículas (9).

Entre estas, destacan las nanopartículas de plata (NPs Ag) por su excelente efecto bactericida. Estas promueven la detención de caries y previenen la formación de *biofilms*. Cuando la plata alcanza la escala nanométrica, su efecto antimicrobiano aumenta. Es importante señalar que la acción antibacteriana de las NPs Ag es altamente dependiente del tamaño de la partícula. Estas nanopartículas deben de ser lo suficientemente pequeñas para penetrar la membrana celular y con ello afectar la homeostasis intracelular, y también podrían penetrar al interior de la bacteria (10).

Las nanopartículas de fosfato de calcio amorfo (FCA) son un tipo prometedor de nanorrellenos para compuestos que liberan altos niveles de Ca y PO<sub>4</sub>, iones con potencial de remineralización, manteniendo buenas propiedades mecánicas. El propósito principal de incorporar FCA fue la liberación y la remineralización de iones Ca y P, y no la actividad antibacteriana; de este modo, promueve la liberación de iones a un pH bajo, lo que en esencia es un comportamiento «inteligente», ya que proporciona iones cuando se necesitan para combatir la caries. El nanocompuesto FCA fue moderadamente antibacteriano contra el *S. mutans*, probablemente porque era alcalino. Esto es importante porque se podría usar un nivel de relleno bajo para los adhesivos, de modo que el adhesivo pudiera mantener una viscosidad baja y la capacidad de fluir hacia los túbulos dentinarios (11).

Otra molécula a considerar es el pirogalol, ya que esta se comporta como un agente antioxidante. Consiste en benceno-trioles y posee una fuerte afinidad por una variedad de proteínas, así como propiedades antimicrobianas (3).

## PROPIEDADES

Los sistemas adhesivos antimicrobianos de esta categoría presentan ciertas propiedades que les permiten diferenciarse de los sistemas adhesivos

convencionales. Dentro de estas propiedades podemos mencionar las siguientes:

### Efectividad antimicrobiana de los sistemas adhesivos

En comparación con los sistemas adhesivos convencionales, los modificados con agentes antimicrobianos, produjeron una zona clara de inhibición frente al *S. mutans*.

### Fuerza de unión adhesiva a la dentina

La longevidad de una restauración se puede predecir, hasta cierto punto, por su capacidad para adherirse a las estructuras dentales, lo que, a su vez, se puede medir mediante pruebas de resistencia de la unión. Se encontró una mejora en la fuerza de unión de la dentina relacionada con la adición de agentes antibacteriano

## DISCUSIÓN

Actualmente, las restauraciones adhesivas se desarrollan como una alternativa de fácil manipulación, aportando propiedades similares a las de una pieza natural; sin embargo, la microfiltración y la tendencia a la acumulación de placa son desventajas de las resinas compuestas, que ocurren debido a la contracción de polimerización y, generalmente, vienen seguidas por una caries secundaria. Ante esta problemática, surge la necesidad de incorporar sistemas adhesivos bioactivos que podrían promover el pronóstico favorable de los tratamientos restauradores.

La incorporación de agentes antibacterianos a los sistemas adhesivos permitiría el control de la contaminación bacteriana como el *S. mutans*. En consecuencia, estos adhesivos podrían contrarrestar la colonización bacteriana en los espacios producidos por la degradación de la interfaz y la contracción de la resina, previniendo la caries secundaria incluso en el caso de adhesivos con una unión dentinaria óptima (12).

La incorporación de pirogalol en adhesivos universales puede influir en su rendimiento de unión a la dentina y mejorar los efectos antibacterianos contra especies cariogénicas, como el *S. mutans*. Un estudio concluyó que las pruebas de difusión en agar mostraron una destacada actividad antibacteriana del adhesivo dopado con 1 % de pirogalol contra el *S. mutans* después de 24 horas de incubación, demostrando una efectividad al 94 % de *S. mutans* en comparación con el grupo control (medio bacteriano) (3).

La actividad antibacteriana podría estar relacionada con la acidez del monómero funcional 10-MDP o con la elución de determinados constituyentes no polimerizados existentes en el sistema adhesivo, que suele ser tóxico para la colonia bacteriana. Además, los sistemas adhesivos con propiedades antibacterianas sirvieron como un excelente inhibidor de la virulencia cariogénica, suprimiendo el crecimiento de *S. mutans* y comprometiendo la acidogenicidad (13).

Otro agente antibacteriano utilizado en sistemas adhesivos es la clorhexidina, que se utiliza como sales (diacetato y digluconato). Ha sido ampliamente utilizada en productos de higiene bucal y en odontología preventiva debido a su acción antiséptica con un amplio espectro que incluye *S. mutans*. El Peak Universal Bond, que contiene diacetato de clorhexidina, no mostró acción antibacteriana contra *E. faecalis*, *L. casei* y *S. mutans* (13). Esto puede deberse al hecho de que la clorhexidina queda atrapada en la cadena de polímero y no puede liberarse de manera efectiva al entorno circundante. Además, el adhesivo que contenía diacetato de clorhexidina no tuvo ningún efecto contra la caries secundaria en la dentina. Asimismo, el estudio de Boutsiouki et al. (14) no mostró propiedades antibacterianas en la clorhexidina al 0,1 % y 0,2 % al ser añadida a los sistemas adhesivos.

En 2011, Xu et al. (11) incorporaron por primera vez el FCA y NPs Ag en el agente adhesivo, produciendo una potente actividad antibacteriana mientras mantiene una fuerte unión a la dentina. La justificación para agregar ambos compuestos fue combinar los iones Ca y P del FCA con la actividad antibacteriana de NPs Ag, a fin de inhibir las *biofilms* y la caries. La adición de 0,1 % de NPs Ag y 10-40 % de FCA no compromete la resistencia de la unión a la dentina.

El nuevo método de incorporar un agente remineralizante (FCA) y un agente antibacteriano (NPs Ag) en el mismo adhesivo tuvo una amplia aplicabilidad dentro de los sistemas de unión, como lo demostraron Melo et al. (15), al incluir las nanopartículas de FCA al adhesivo Scotchbond Multipurpose al 10 %, 20 %, 30 % y 40 %. Luego se cultivaron *biofilms* de microcosmos en discos con imprimación que cubría el adhesivo en un compuesto, donde se concluye que la viabilidad del *biofilm* del microcosmos de la placa dental y la producción de ácido se redujeron considerablemente con los agentes adhesivos que contenían NPs Ag y nanocompuesto de

Fosfato de Calcio Amorfo, sin comprometer la unión a la dentina.

## CONCLUSIONES

La evidencia *in vitro* actual sugiere que el rendimiento de la unión a la dentina de los adhesivos universales podría mejorarse mediante la incorporación de agentes antimicrobianos. En la presente revisión se destaca la incorporación de bioactivos componentes antibacterianos en los sistemas adhesivos que pueden convertirse en un factor esencial en la inhibición de *S. mutans* residual en la cavidad. Asimismo, el FCA, en conjunto con los nanocompuestos de plata, mostró mejores propiedades en comparación con los otros nanocompuestos. Finalmente, se necesita más investigación sobre las propiedades antimicrobianas de los sistemas adhesivos para proporcionar datos más completos.

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener conflicto de interés.

**Aprobación de ética:** No requiere

**Financiamiento:** Ninguno.

**Contribuciones de los autores:** Todos los autores contribuyeron en la elaboración de este manuscrito.

**Agradecimientos:** Ninguno.

## Correspondencia:

Wilson Bryan Encarnación Contreras

Dirección postal: Av. Salaverry 2475, Lima, Perú

Correo electrónico: [wilson.encarnacion.c@upch.pe](mailto:wilson.encarnacion.c@upch.pe)

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Demirel G, Eryilmaz M, Seberol H, Gur G. In vitro antibacterial activity of self-etch bio-active dental adhesives after artificial aging. Eur Oral Res [Internet]. 2019; 53(1): 32-37. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6612760/>
- Muratovska I, Kitagawa H, Hirose N, Kitagawa R, Imazato S. Antibacterial activity and dentin bonding ability of combined use of Clearfil SE Protect and sodium hypochlorite. Dent Mater J [Internet]. 2018; 37(3): 460-464. Disponible en: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/dmj/37/3/37\\_2017-294/article](https://www.jstage.jst.go.jp/article/dmj/37/3/37_2017-294/article)
- Kharouf N, Eid A, Hardan L, Bourgi R, Arntz Y, Jmal H, et al. Antibacterial and bonding properties of universal adhesive dental polymers doped with pyrogallol. Polymers (Basel) [Internet]. 2021; 13(10): 1538. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/10/1538#>

4. García-Castillo G, Ferrand-Peña G, Grau-Grullón P. Evaluación de la capacidad antimicrobiana de los sistemas adhesivos. *Rev Nac Odontol* [Internet]. 2013; 9(17): 61-68. Disponible en: <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/od/article/view/582>
5. Thongthai P, Kitagawa H, Noree S, Iwasaki Y, Liu Y, Abe GL, et al. Evaluation of the long-term antibiofilm effect of a surface coating with dual functionality of antibacterial and protein-repellent effects. *Dent Mater J* [Internet]. 2022; 41(2): 189-196. Disponible en: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/dmj/41/2/41\\_2021-205/article](https://www.jstage.jst.go.jp/article/dmj/41/2/41_2021-205/article)
6. Maryoosh RM, Al-Shamaa AMW. Development and assessment offluorinated grapheme nanoparticles modified dental adhesives. *Med Legal Update* [Internet]. 2020; 20(4): 1545-1551. Disponible en: <https://ijop.net/index.php/mlu/article/view/2058>
7. Brambilla E, Ionescu A, Fadini L, Mazzoni A, Imazato S, Pashley D, et al. Influence of MDPB-containing primer on *Streptococcus mutans* biofilm formation in simulated Class I restorations. *J Adhes Dent* [Internet]. 2013; 15(5): 431-438. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23534020/>
8. Li F, Chai ZG, Sun MN, Wang F, Ma S, Zhang L, et al. Anti-biofilm effect of dental adhesive with cationic monomer. *J Dent Res* [Internet]. 2009; 88(4): 372-376. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0022034509334499>
9. Novoselov KS, Fal'ko VI, Colombo L, Gellert PR, Schwab MG, Kim K. A roadmap for graphene. *Nature* [Internet]. 2012; 490(7419): 192-200. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/nature11458>
10. Kreutz M, Kreutz C, Kanzow P, Tauböck TT, Burrer P, Noll C, et al. Effect of bioactive and antimicrobial nanoparticles on properties and applicability of dental adhesives. *Nanomaterials* [Internet]. 2022; 12(21): 3862. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2079-4991/12/21/3862>
11. Xu HHK, Moreau JL, Sun L, Chow LC. Nanocomposite containing amorphous calcium phosphate nanoparticles for caries inhibition. *Dent Mater* [Internet]. 2011; 27(8): 762-769. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0109564111000868?via%3Dihub>
12. Wu T, Li B, Zhou X, Hu Y, Zhang H, Huang Y, et al. Evaluation of novel anticaries adhesive in a secondary caries animal model. *Caries Res* [Internet]. 2018; 52(1-2), 14-21. Disponible en: <https://karger.com/cre/article/52/1-2/14/86183/Evaluation-of-Novel-Anticaries-Adhesive-in-a>
13. Hardan L, Bourgi R, Cuevas-Suárez CE, Zarow M, Kharouf N, Mancino D, et al. The bond strength and antibacterial activity of the universal dentin bonding system: a systematic review and meta-analysis. *Microorganisms* [Internet]. 2021; 9(6): 1230. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-2607/9/6/1230>
14. Boutsiouki C, Frankenberger R, Lücker S, Krämer N. Inhibition of secondary caries in vitro by addition of chlorhexidine to adhesive components. *Dent Mater* [Internet]. 2019; 35(3): 422-433. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0109564118307504?via%3Dihub>
15. Melo MAS, Cheng L, Zhang K, Weir MD, Rodrigues LKA, Xu HHK. Novel dental adhesives containing nanoparticles of silver and amorphous calcium phosphate. *Dent Mater* [Internet]. 2013; 29(2): 199-210. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S010956411200440X?via%3Dihub>

<p><b>Recibido</b> 28-03-2023  <b>Aceptado</b> 04-09-2023</p>
---