

08

INGENIERÍA DE TEJIDOS

**Y BIOMIMÉTICA EN ODONTOLOGÍA: NUEVOS HORIZONTES
PARA LA REGENERACIÓN DENTAL: REVISIÓN
BIBLIOGRÁFICA**

INGENIERÍA DE TEJIDOS

Y BIOMIMÉTICA EN ODONTOLÓGIA: NUEVOS HORIZONTES PARA LA REGENERACIÓN DENTAL: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

TISSUE ENGINEERING AND BIOMIMETICS IN DENTISTRY: NEW HORIZONS FOR DENTAL REGENERATION: A LITERATURE REVIEW

Nathalie Steffy Ponce-Reyes¹

E-mail: ui.nathaliepr73@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0496-2202>

Miryan Margarita Grijalva-Palacios¹

E-mail: ui.miryangp00@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4627-1650>

Sabrina Patricia Valencia-Cabrera¹

E-mail: sabrinavc19@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0568-6899>

Lizeth Anahí Rivera-López¹

E-mail: lizethrl58@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5948-3692>

¹Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Ponce-Reyes, N. S., Grijalva-Palacios, M. M., Valencia-Cabrera, S. P., & Rivera-López, L. A. (2025). Ingeniería de tejidos y biomimética en odontología: nuevos horizontes para la regeneración dental: revisión bibliográfica. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 8(S1), 58-65.

RESUMEN

La biomimética en odontología aplica principios inspirados en la naturaleza para desarrollar materiales y técnicas innovadoras que mejoren la efectividad y durabilidad de los tratamientos dentales. Este enfoque interdisciplinario ha permitido crear composites y adhesivos biomiméticos que imitan la estructura y propiedades mecánicas del esmalte y la dentina, mejorando la regeneración y fijación dental. La ingeniería de tejidos y el uso de andamios biomiméticos también han facilitado la regeneración de tejidos dentales y la osteointegración de implantes. Esta revisión sistemática, basada en la metodología PRISMA, analiza 20 artículos publicados entre 2019 y 2024, evidenciando que la biomimética ofrece soluciones efectivas y sostenibles para la restauración y regeneración dental. Los biomateriales bioactivos y bioinspirados también han mostrado potencial en la remineralización y osteointegración de implantes dentales, mejorando la estabilidad y longevidad de las restauraciones. La biomimética en odontología se consolida como una estrategia interdisciplinaria que integra biología, ingeniería y medicina regenerativa para desarrollar tratamientos más biocompatibles y eficaces.

Palabras clave:

Biomimética, tratamientos biocompatibles, osteointegración de implantes dentales.

ABSTRACT

Biomimetics in dentistry applies nature-inspired principles to develop innovative materials and techniques that enhance the effectiveness and durability of dental treatments. This interdisciplinary approach has enabled the creation of biomimetic composites and adhesives that mimic the structure and mechanical properties of enamel and dentin, improving dental regeneration and fixation. Tissue engineering and the use of biomimetic scaffolds have also facilitated dental tissue regeneration and implant osseointegration. This systematic review, based on the PRISMA methodology, analyzes 20 articles published between 2019 and 2024, showing that biomimetics offers effective and sustainable solutions for dental restoration and regeneration. Bioactive and bioinspired biomaterials have also shown potential in the remineralization and osseointegration of dental implants, improving the stability and longevity of restorations. Biomimetics in dentistry is emerging as an interdisciplinary strategy that integrates biology, engineering, and regenerative medicine to develop more biocompatible and effective treatments.

Keywords:

Biomimetics, biocompatible treatments, dental implant osseointegration.

INTRODUCCIÓN

La biomimética es una ciencia que se centra en analizar y replicar los patrones, procesos y sistemas de la naturaleza para desarrollar soluciones innovadoras a los problemas humanos. Los principios que guían a los investigadores y diseñadores en la creación de nuevas tecnologías, materiales y estructuras se inspiran en la observación y el estudio de organismos y ecosistemas naturales, los cuales han evolucionado para abordar desafíos de manera eficiente y sostenible (Singer et al., 2023).

Sin embargo, la biomimética no solo implica replicar la naturaleza, sino también adaptarla y mejorarla para satisfacer las necesidades humanas de manera más sostenible y eficiente. Este campo interdisciplinario combina conocimientos de biología, ingeniería, química y física para ofrecer soluciones innovadoras que tienen el potencial de transformar diversas industrias y mejorar la vida cotidiana (Singer et al., 2023).

En odontología, la biomimética se ha consolidado como una disciplina revolucionaria que busca desarrollar soluciones innovadoras en el cuidado dental mediante la aplicación de principios naturales. Al estudiar cómo los dientes y el esmalte funcionan y se reparan en la naturaleza, los investigadores y dentistas pueden diseñar materiales y técnicas que imiten estas características naturales (Singer et al., 2023). Por ejemplo, la estructura del esmalte dental, conocida por su alta resistencia y capacidad de regeneración, ha inspirado el desarrollo de materiales de relleno y restauración que replican estas propiedades. Del mismo modo, las técnicas de adhesión empleadas por ciertos organismos marinos han servido de base para mejorar los métodos de fijación de coronas y puentes (Singer et al., 2023).

La biomimética en odontología no solo busca copiar la naturaleza, sino también adaptarla y perfeccionarla para ofrecer tratamientos más efectivos, duraderos y biocompatibles. La combinación de conocimientos de biología, ingeniería, química y materiales ha permitido crear composites dentales que imitan la estructura y propiedades mecánicas del esmalte y la dentina, proporcionando restauraciones más resistentes y duraderas (Singer et al., 2023).

Además, la biomimética ha inspirado el desarrollo de nuevos adhesivos dentales basados en la capacidad de ciertos organismos, como los mejillones, para adherirse a superficies húmedas y resbaladizas. Estos adhesivos biomiméticos, que imitan las proteínas naturales de adhesión, ofrecen una unión más fuerte y duradera entre el diente y el material de restauración, mejorando la estabilidad y eficacia de los tratamientos.

La palabra "biomimética" proviene de las raíces griegas bios (vida) y mimesis (imitación), reflejando el objetivo de

este campo de replicar y adaptar los principios naturales para resolver problemas complejos (Singer et al., 2023). En odontología, este enfoque ha permitido mejorar los tratamientos dentales de manera más natural y eficiente, centrándose en la creación de biomateriales capaces de regenerar estructuras perdidas y restaurar la función dental. Sin embargo, lograr bioreemplazos precisos sigue siendo un desafío debido a la complejidad estructural y funcional de los tejidos dentales.

La biomimética en odontología representa una convergencia entre biología, ingeniería de tejidos y medicina regenerativa, lo que ha permitido el diseño de materiales y técnicas innovadoras para restaurar dientes dañados y mejorar la salud oral. La integración de moléculas bioinspiradas y la síntesis de biomateriales avanzados están abriendo nuevas posibilidades para la regeneración de tejidos dentales y el desarrollo de restauraciones más naturales y funcionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la presente revisión sistemática de la literatura científica se empleó la metodología PRISMA para examinar los estudios publicados en el período 2019-2024. Se analizó un total de 20 artículos científicos obtenidos a través de una búsqueda electrónica en diversas bases de datos: PubMed y Scopus que se seleccionaron a través de los siguientes criterios.

Criterios de inclusión:

- Artículos publicados dentro del período: 2019-2024.
- Artículos en los idiomas inglés o español.
- Artículos con acceso a todo el contenido.
- Artículos publicados en revistas científicas de alto impacto.
- Artículos con amplia relación información con el presente tema de investigación.

Criterios de exclusión:

- Artículos que no permiten el acceso a su contenido.
- Artículos que no son relevantes ni prestan utilidad para el tema de investigación.
- Artículos publicados fuera del periodo establecido como parámetro de investigación.
- Artículos duplicados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se exponen en función de los criterios de inclusión y exclusión definidos en la metodología, en consonancia con las etapas del método PRISMA, detalladas en la figura 1 y la tabla 1.

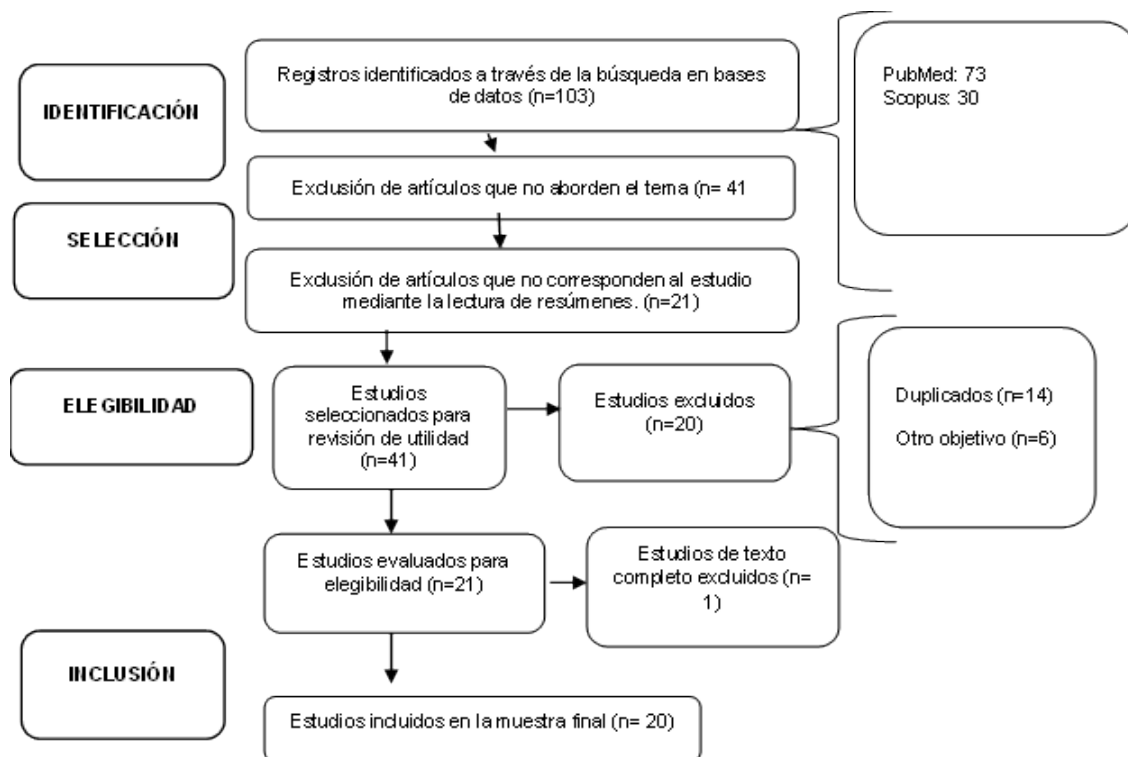


Figura 1. Diagrama de flujo de búsqueda de los artículos.

Tabla 1. Descripción de los artículos utilizados para la investigación.

Autores	Datos	Categoría
Upadhyay et al.(2020)	Los materiales biomiméticos desarrollados para reemplazar el esmalte dental natural se obtienen utilizando condiciones extremas como altas temperaturas y presión para simular la estructura, la biomimética está relacionado con el aprovechamiento de materiales bioinspiradas, ya sean reemplazos sintéticos de estructuras naturales o derivaciones de organismos vivos que simulan mecanismos biológicos. En la última década, el campo de la ingeniería de tejidos y la medicina regenerativa se desarrolló significativamente, centrándose en la síntesis de técnicas y biomateriales novedosos y altamente complejos para regenerar y reemplazar estructuras perdidas.	Biomimética en odontología restauradora del esmalte.
Bossú et al. (2019)	La reintegración de las nanopartículas microestructuradas de Hidroxiapatita en el esmalte con una película biomimética, reproduce la estructura y la morfología de la Hidroxiapatita biológica del esmalte. Este proceso dinámico es fundamental reducir los factores patológicos que aumentan la posibilidad de caries dental.	El uso de de Hidroxiapatita Biomimética ha demostrado un alto potencial de remineralización del esmalte de los dientes, siendo una valiosa medida de prevención contra la caries.
Singer et al. (2023)	La odontología regenerativa biomimética se puede lograr a través de diferentes materiales que toman como referencia la naturalidad. Estos insumos contribuyen en procesos esenciales como remineralización de la dentina usando nanocristales para rellenar el colágeno dentinario desmineralizado (Vidrio bioactivo, fosfopéptido de caseína-fosfato cálcico amorfo, compuestos de fluoruro, materiales cargados de óxido de zinc, etc.) asimismo en la renovación del complejo dentino pulpar aplicando la desinfección del sistema de conductos radiculares seguido del material bioactivo (hidróxido de calcio, agregado de trióxido mineral, biodentino, derivado de la matriz del esmalte, etc).	Uso de materiales biomiméticos para la regeneración de dentina y el complejo dentino-pulpar.

Vijay et al. (2021)	Los implantes dentales, enfrentan un desafío particular en pacientes diabéticos debido a la dificultad en lograr una osteointegración adecuada además de una incompetencia inmunorreguladora durante la curación provocando infección y una encapsulación fibrosa. Estos dispositivos elaborados de manera biomimética, tienen propiedades antibacterianas gracias a sus cambios estructurales con materiales como los nanotubos de óxido de titanio, hidroxiapatita silicosa, nanopartículas de oro de quitosano, etc.	Los implantes dentales con características biomiméticas mejoran significativamente la osteointegración.
Suebsamarn et al. (2022)	En el ámbito del desarrollo de tejidos y la medicina regenerativa, el uso de tecnologías innovadoras se ha vuelto común, destacando entre ellas la ingeniería de andamios, este enfoque implica aislar y expandir células del donante para promover su proliferación, las cuales luego se implantan en una matriz tridimensional conocida como andamio. Para crear andamios que sean funcionalmente biocompatibles, se adopta una estrategia biomimética, esta estrategia incluye la utilización de polímeros biomiméticos, que pueden ser de origen natural o sintético. Por tanto, es crucial elegir el biomaterial más adecuado, realizar modificaciones específicas al andamio y emplear técnicas de biofabricación precisas para elaborar estructuras de tejido que imiten fielmente al tejido natural.	Uso de polímeros biomiméticos para crear andamios biocompatibles en la medicina regenerativa y el desarrollo de tejidos.
Thompson (2020)	El esmalte dental es altamente mineralizado, duro, rígido y resistente al desgaste, este se encuentra sostenido por la dentina mecánicamente o como bioquímicamente, el entendimiento de la capa más externa del diente abre camino para el desarrollo de materiales biomiméticos como la impresión 3D de cerámica utilizando técnicas de lecho de polvo que señala el camino para fabricar cerámicas graduadas.	El diente funciona como análogo de los materiales biomiméticos.
Goloshchapov et al. (2020)	Mediante técnicas como la espectromicroscopía Raman y la espectroscopía de absorción de rayos X (XANES) se analizaron compuestos biomiméticos y muestras de tejido dental natural. Los compuestos biomiméticos imitan las propiedades moleculares y energéticas del tejido dental natural, heredando características del nano cHAp (Nanocrystalino de hidroxiapatita con carbonato de calcio sustituido) y los aminoácidos.	Las características del nano-cHAp son clave para recrear un compuesto dental biomimético que imite la interacción natural en el tejido mineralizado, facilitando su integración con el tejido natural.
Chen et al. (2020)	Las soluciones por sí solas de líquido inducido por polímero de fosfato de calcio (Ca/P-PILP) saturado no son suficientes para la remineralización del colágeno dentinario, sin embargo, usar una concentración más alta de Ca/P-PILP y más tiempo mejora significativamente la remineralización biomimética. Además, este tratamiento mejora la adhesión al reducir orificios y aumentar la resistencia de unión, tanto inmediatamente como con el tiempo.	La regeneración biomimética de la dentina afectada por caries mejora sus cualidades clínicas para el tratamiento restaurativo.
Goloshchapov et al. (2021)	Los cambios observados en las características vibratorias de los enlaces laterales de los aminoácidos sugieren una interacción compleja entre los componentes, lo que podría influir en la capacidad de los materiales biomiméticos para modular la conformación molecular de los aminoácidos y potencialmente promover procesos de regeneración tisular.	Existe potencial de los materiales biomiméticos, como el nano-CHAP, para influir en la regeneración tisular al modular la conformación molecular de los aminoácidos.
Bijelic-Donova et al. (2020)	Los materiales biomiméticos tienen un impacto significativo en la resistencia a la fractura durante la masticación. Las restauraciones bilayered biomiméticas directas, especialmente en dientes sin tratamiento endodóntico, exhiben una resistencia a la fractura significativamente mayor en comparación con las restauraciones compuestas directas. Además, las restauraciones biomiméticas están asociadas con una mayor proporción de fracturas restaurables, lo que sugiere una mayor capacidad para mantener la integridad estructural.	La regeneración post fractura es viable con los compuestos biomiméticos al tener una elevada capacidad de mantener la integridad estructural de la pieza.

Dini et al. (2020)	La rehabilitación con implantes dentales puede presentar fallos tempranos debido a infecciones bacterianas por las propiedades de la superficie de los biomateriales, como la composición química, energía libre y rugosidad. Un factor importante en la superficie de los implantes dentales es la capacidad de promover la osteointegración, por ello se ha estudiado modificaciones en el material; la oxidación electrolítica por plasma (PEO) es una técnica biomimética para mejorar la bioactividad, la osteointegración y la resistencia de la corrosión.	Uso de técnicas biomiméticas para mejorar la bioactividad, osteointegración y resistencia en los implantes dentales.
Maldonado et al. (2023)	La odontología Biomimética ha permitido la preservación del tejido y la adhesión, logrando que sea posible el mantenimiento de la integridad de la máxima cantidad de tejido, y ofrecer longevidad clínica, con adecuado pronóstico de éxito y máximos resultados estéticos, sin perder las propiedades funcionales del esmalte y la dentina.	La odontología biomimética es revolución en la nueva era de la reconstrucción, al no eliminar tejido innecesario.
Moussa & Aparicio (2018)	Para la regeneración del complejo dentina-pulpa, los investigadores deben considerar adaptar varios aspectos, como: la revascularización, la inervación, la incorporación de factores de crecimiento, la biodegradación controlada, la remineralización y el control de la contaminación.	Los materiales de base mineralizados biomiméticos apoyan la proliferación y diferenciación odontogénica.
Toledano et al. (2020)	La implantología dental en los procedimientos de engrosamiento o injerto de tejido blando oral son indispensables para cubrir la recesión dental, corregir deformidades mucogingivales mejorando la estética, preparar un sitio para un implante, para procedimientos de preservación de crestas y contornear el tejido blando alrededor.	En implantología dental se ha propuesto la terapia celular viva mediante bioingeniería para procedimientos de aumento de tejidos blandos y cobertura de raíces.
Paryani et al. (2023)	La biomimética se refiere a sustancias o procesos creados por el hombre que imitan la naturaleza. La necesidad de nuevos tipos de material bioinspirado dirige a la introducción de una composición de enlaces biomiméticos como una tarea clínica y científica esencial.	Una nueva era de la odontología, mediante la odontología biomimética permite reemplazar la dentina, el esmalte, el cemento y la pulpa que se han perdido.
Zafar et al. (2020)	La biomimética se refiere a la reparación de la dentición afectada imitando las características de un diente natural en términos de apariencia, competencias biomecánicas y funcionales. La biomimética tiene como objetivo principal procesar materiales restauradores de una manera que coincida con los mecanismos de procesamiento naturales del entorno bucal.	La aplicabilidad de los principios biomiméticos puede generar innovaciones en odontología restauradora para la conservación y preservación de los dientes.
Alkilzy et al. (2023)	El péptido autoensamblable P11-4 tiene en su estructura química contiene 11 aminoácidos y tiene la capacidad de autoensamblarse en estructuras como cintas, fibrillas y fibras. Estas estructuras de orden superior pueden imitar la estructura de la matriz del esmalte dental junto con sus diversos aspectos utilizados para la regeneración del esmalte, y examinar cómo se pueden clasificar como enfoques biomiméticos.	Los péptidos autoensamblables son un biomaterial prometedor para la regeneración biomimética por su capacidad para construir una estructura proteica.

Singer et al. (2023), en su artículo redacta que la biomimética exploran la belleza en la naturaleza de una forma técnica, en odontología tiene como objetivo conservar la estructura y vitalidad de los dientes. Los materiales usados con este enfoque deben ser biocompatibles y tener excelentes propiedades fisicoquímicas para aumentar la longevidad de los tratamientos dentales regeneradores y eliminar futuros ciclos de retratamiento (Singer et al., 2023). De igual manera Thompson (2020), menciona que tomar como referencia los tejidos duros del diente como son la dentina, el esmalte y la pulpa permite mejorar la técnica de fabricación en del desarrollo de los materiales biomiméticos.

Vijay et al. (2021), investigan sobre el uso de materiales biomiméticos en la elaboración de implantes dentales, existiendo una mejora significativa en la regeneración de los diferentes tejidos. Gracias a su cambio de estructura permitiendo propiedades antibacterianas, administración de fármacos, inmunomodulación y osteointegración, que a diferencia de los implantes con una superficie convencional es más probable que el paciente sufra de infecciones y encapsulación fibrosa (Vijay et al., 2021). Que concuerda con el estudio de Dini et al. (2020), que habla sobre el uso de la fotofuncionalización UV de un recubrimiento biomimético mejora en gran medida la aplicación en implantes dentales, permitiendo un tratamiento de superficie bien establecido, con correcta regeneración ósea y tisular.

Suebsamarn et al. (2022), refieren que, en el ámbito del desarrollo de tejidos y medicina regenerativa, el uso de tecnologías innovadoras se ha vuelto común, destacando entre ellas la ingeniería de andamios, este enfoque implica aislar y expandir células del donante para promover su proliferación, las cuales luego se implantan en una matriz tridimensional conocida como andamio. Para crear andamios que sean funcionalmente biocompatibles, se adopta una estrategia biomimética, esta estrategia incluye la utilización de polímeros biomiméticos, que pueden ser de origen natural o sintético.

Por tanto, es crucial elegir el biomaterial más adecuado, realizar modificaciones específicas al andamio y emplear técnicas de biofabricación precisas para elaborar estructuras de tejido que imiten fielmente al tejido natural. Igualmente Chen et al. (2020), consideran que la regeneración biomimética de la dentina afectada por caries mejora sus cualidades clínicas para el tratamiento restaurativo.

Paryani et al. (2023), afirman que la biomimética se refiere a sustancias, procesos y todos aquellos sustitutos creados por el hombre, este método puede usarse ampliamente en odontología para restaurar la estructura y función de la estructura dental normal (Paryani et al., 2023; Maldonado, et al, 2023). De la misma manera Zafar et al. (2020), refieren que los enfoques biomiméticos se han aplicado para la restauración de defectos dentales utilizando péptidos bioinspirados para lograr la remineralización, biomateriales bioactivos y biomiméticos, e ingeniería de tejidos para la regeneración.

Singer et al. (2023), consideran que el propósito del uso de conceptos y protocolos biomiméticos es conservar la estructura y vitalidad de los dientes, aumentar la longevidad de los tratamientos dentales restauradores y eliminar futuros ciclos de retratamiento. Por otra parte Moussa & Aparicio (2018); y Alkilzy et al. (2023), comentan que los péptidos autoensamblables se han convertido en un

biomaterial prometedor para la regeneración biomimética debido a su capacidad para construir una estructura proteica en el cuerpo de lesiones cariosas tempranas y proporcionar una matriz que promueve la remineralización.

Upadhyay et al. (2020); y Toledano et al. (2020), enfatizan que la biomimética requiere de un enfoque interdisciplinario que integre la medicina, la bioingeniería, la biotecnología y las ciencias computacionales para avanzar en la investigación actual en regeneración dentofacial. Una amplia gama de estudios in vitro y en modelos animales demuestran que se están preparando nuevos tratamientos hacia terapias clínicas innovadoras.

Bossù et al. (2019), plantean que la biomimética permite un tratamiento temprano no invasivo de lesiones incipientes mediante la remineralización de la superficie del esmalte es uno de los campos de investigación en constante evolución. El rápido crecimiento de los biomateriales y las nanotecnologías ayuda al desarrollo de productos innovadores con propiedades biorreactivas y biomiméticas avanzadas.

CONCLUSIONES

La biomimética en odontología se enfoca en restaurar dientes imitando las propiedades y el comportamiento de sus tejidos duros naturales, este enfoque prioriza la preservación y conservación de estos tejidos y se sustenta en tres pilares clave: el análisis detallado de la estructura dental, la mejora de la adhesión entre materiales y tejidos, y la minimización del estrés mecánico sobre los dientes restaurados. El objetivo es lograr restauraciones que no solo sean funcionales, sino también lo más naturales posibles.

Los materiales biomiméticos en odontología se inspiran en las características naturales de los dientes, ofreciendo ventajas tanto estéticas como funcionales, su aplicación va más allá de mejorar la apariencia, contribuyendo significativamente a la odontología regenerativa mediante la regeneración de la dentina y el complejo dentino-pulpar. Además, juegan un papel crucial en la osteointegración, facilitando la unificación efectiva de implantes con el hueso circundante incluso en pacientes diabéticos. La rehabilitación con este enfoque ha mejorado sus cualidades clínicas en la dentina afectada por caries en el tratamiento restaurativo de la pieza dental, creando una resistencia de unión inmediata y con el tiempo, principalmente mediante líquido inducido por polímero de fosfato de calcio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alkilzy, M., Qadri, G., Splieth, C. H., & Santamaría, R. M. (2023). Biomimetic enamel regeneration using self-assembling peptide P11-4. *Biomimetics*, 8(3). <https://www.mdpi.com/2313-7673/8/3/290>

- Bijelic-Donova, J., Keulemans, F., Vallittu, P. K., & Lassila, L. V. J. (2020). Direct bilayered biomimetic composite restoration: The effect of a cusp-supporting short fiber-reinforced base design on the chewing fracture resistance and failure mode of molars with or without endodontic treatment. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 103. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2019.103554>
- Bossù, M., Saccucci, M., Salucci, A., Di Giorgio, G., Bruni, E., Uccelletti, D., Sarto, M., Familiari, G., Relucanti, M., & Polimeni, A. (2019). Enamel remineralization and repair results of biomimetic hydroxyapatite toothpaste on deciduous teeth: An effective option to fluoride toothpaste. *Journal of Nanobiotechnology*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12951-019-0454-6>
- Chen, R., Jin, R., Li, X., Fang, X., Yuan, D., Chen, Z., Yao, S., Tang, R., & Chen, Z. (2020). Biomimetic remineralization of artificial caries dentin lesion using Ca/P-PILP. *Dental Materials*, 36(11), 1397–1406. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.08.017>
- Dini, C., Nagay, B. E., Cordeiro, J. M., Da Cruz, N. C., Rangel, E. C., Ricomini-Filho, A. P., De Avila, E., & Barao, V. (2020). UV-photofunctionalization of a biomimetic coating for dental implants application. *Materials Science and Engineering: C*, 110. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2020.110657>
- Goloshchapov, D. L., Ippolitov, Y. A., & Seredin, P. V. (2020). Mechanism of interaction among nanocrystalline carbonate-substituted hydroxyapatite and polar amino-acids for the biomimetic composite technology: Spectroscopic and structural study. *Results in Physics*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2020.103277>
- Goloshchapov, D., Buylov, N., Emelyanova, A., Ippolitov, I., Ippolitov, Y., Kashkarov, V., Khudyakov, Y., Nikitkov, K., & Seredin, P. (2021). Raman and XANES spectroscopic study of the influence of coordination atomic and molecular environments in biomimetic composite materials integrated with dental tissue. *Nanomaterials*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/nano11113099>
- Maldonado-Solis, L. B., Ramirez-Lopez, D. S., Peña-Uruga, C. D., Monjarás-Ávila, A. J., & Cuevas-Suaréz, C. E. (2023). Odontología Biomimética y Protocolo de Reconstrucción de Cavidades Extensas con Fibras de Polietileno. *Educación Y Salud Boletín Científico Instituto De Ciencias De La Salud Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo*, 12(23), 43-49. <https://doi.org/10.29057/icsa.v12i23.11176>
- Moussa, D. G., & Aparicio, C. (2018). Present and future of tissue engineering scaffolds for dentin-pulp complex regeneration. *Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, 13(58), 2769. <https://doi.org/10.1002/term.2769>
- Paryani, M., Bhojwani, P. R., Ikhar, A., Reche, A., & Paul, P. (2023). Evolution of biomimetic approaches for regenerative and restorative dentistry. *Cureus*, 15(1). <https://doi.org/10.7759/cureus.33936>
- Singer, L., Fouda, A., & Bourauel, C. (2023). Biomimetic approaches and materials in restorative and regenerative dentistry: Review article. *BMC Oral Health*, 23(1), 105. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36797710/>
- Suebsamarn, O., Kamimura, Y., Suzuki, A., Kodama, Y., Mizuno, R., Osawa, Y., Komatsu, T., Sato, T., Haga, K., Kobayashi, R., Naito, E., Kida, M., Kishimoto, K., Mizuno, J., Hayasaki, H., & Izumi, K. (2022). In-process monitoring of a tissue-engineered oral mucosa fabricated on a micropatterned collagen scaffold: Use of optical coherence tomography for quality control. *Heliyon*, 8(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11468>
- Thompson, V. P. (2020). The tooth: An analogue for biomimetic materials design and processing. *Dental Materials*, 36(1), 25–42. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.08.106>
- Toledano, M., Toledano-Osorio, M., Carrasco-Carmona, Á., Vallecillo, C., Lynch, C. D., Osorio, M., & Osorio, R. (2020). State of the art on biomaterials for soft tissue augmentation in the oral cavity. Part I: Natural polymers-based biomaterials. *Polymers*, 12(8). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32824697/>
- Upadhyay, A., Pillai, S., Khayambashi, P., Sabri, H., Lee, K. T., Tarar, M., Zhou, S., Harb, I., & Tran, S. D. (2020). Biomimetic Aspects of Oral and Dentofacial Regeneration. *Biomimetics*, 5(4), 51. <https://doi.org/10.3390/biomimetics5040051>
- Vijay, R., Mendhi, J., Prasad, K., Xiao, Y., MacLeod, J., Ostrikov, K., & Zhou, Y. (2021). Carbon nanomaterials modified biomimetic dental implants for diabetic patients. *Nanomaterials (Basel)*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/nano11112977>
- Zafar, M. S., Amin, F., Fareed, M. A., Ghabbani, H., Riaz, S., Khurshid, Z., & Kumar, N. (2020). Biomimetic aspects of restorative dentistry biomaterials. *Biomimetics*, 5(3). <https://doi.org/10.3390/biomimetics5030034>