

Regenerative medicine and tissue engineering from an innovative approach

Medicina regenerativa y la ingeniería de tejidos a partir de un enfoque innovador

Ana Maria Chaves Cano¹  , Alfredo Javier Pérez Gamboa²  , William Castillo-González³  

¹Fundación Universitaria Juan N. Corpas. Bogotá, Colombia.

²Centro de Investigación en Educación, Naturaleza, Cultura e Innovación para la Amazonia. Florencia, Colombia.

³Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales. Buenos Aires, Argentina.

Cite as

Chaves Cano AM, Pérez Gamboa AJ, Castillo-González W. Regenerative medicine and tissue engineering from an innovative approach. SAP Biomedical & Chemical Engineering Innovation. 2024; 3:155. <https://doi.org/10.56294/evk2025155>

Publication History

Submitted: 08-03-2024

Revised: 01-05-2024

Accepted: 07-07-2024

Published: 08-07-2024

Corresponding Author

William Castillo-González 

ABSTRACT

Introduction: regenerative medicine, as an area of scientific work and development within the medical sciences, opens new doors in the management and treatment of various pathologies (chronic or not).

Objective: to assess the implementation of regenerative medicine and tissue engineering based on an innovative approach.

Method: a comprehensive review of related bibliographic sources was conducted. The search strategy used the terms regenerative medicine and tissue engineering. The databases used were SciELO and PubMed. A multi-step screening process was used to select the articles.

Development: thirteen primary research projects were selected. Different areas within regenerative medicine and tissue engineering were addressed. The application of biocomponents such as hydrogels and blood products is gaining ground due to their limited antigenic effects. Furthermore, stem cells remain a promising alternative, with a growing trend toward preventive actions for chronic conditions. For their part, the development of research and clinical studies is key to the theoretical and practical contributions of these techniques and the new ones developed.

Conclusions: regenerative medicine and tissue engineering are presented as novel and revolutionary alternatives within medicine. Their applications are broad and at the same time specific to each specialty. Numerous studies and research (in vitro and in vivo) provide theoretical advances that may constitute novel treatments in the future.

Keywords: Stem Cells; Tissue Engineering; Regenerative Medicine; Regenerative Therapy; Innovation.

RESUMEN

Introducción: la medicina regenerativa, como área de trabajo y desarrollo científico dentro de las ciencias médicas, abren nuevas puertas en el manejo y tratamiento de diferentes patologías (crónicas o no).

Objetivo: valorar la implementación de la medicina regenerativa y la ingeniería de tejidos a partir de un enfoque innovador

Método: se desarrolló una revisión exhaustiva de fuentes bibliográficas relacionadas. Para la elaboración de la estrategia de búsqueda se implementaron los términos: medicina regenerativa e ingeniería de tejidos. Las bases de datos empleadas fueron: SciELO y PubMed. Para la selección de los artículos, realizo un proceso de cribado dividido en varios pasos.

Desarrollo: fueron seleccionadas 13 investigaciones principales. Se abordaron diferentes áreas dentro de la medicina regenerativa y la ingeniería de tejidos. La aplicación de biocomponentes como los hidrogeles y hemoderivados gana terreno por sus escasos efectos antígenicos. Por otra parte, las células madres se mantienen como una alternativa prometedora; con una tendencia creciente hacia las acciones preventivas de afecciones crónicas. Por su parte, el desarrollo de investigaciones y estudios clínicos es clave para los aportes teóricos y prácticos de estas técnicas y las nuevas desarrollados.

Conclusiones: la medicina regenerativa y la ingeniería de tejidos se presentan como alternativas novedosas y revolucionarias dentro de la medicina. Sus aplicaciones son amplias y a la vez particulares para cada especialidad. Numerosos son los estudios e investigaciones (in vitro e in vivo) que aportan avances teóricos que pueden constituir novedosos tratamientos en un futuro.

Palabras clave: Células Madre; Ingeniería de tejidos; Medicina regenerativa; Terapia Regenerativa; Innovación.

INTRODUCCIÓN

En los momentos actuales donde los detalles visuales y físicos forman parte indisoluble de nuestro quehacer; el tratamiento y manejo de cualquier lesión desde el punto de vista estético se ha convertido en un aspecto a tener en cuenta en los diferentes escenarios. Por otra parte, los nuevos avances sobrepasan los límites de la estética y se han enfocado en la resolución de enfermedades crónicas cuyos pilares terapéuticos se basan en un manejo sintomático.

La medicina regenerativa, como área de trabajo y desarrollo científico dentro de las ciencias médicas, abre nuevas puertas en el manejo y tratamiento de diferentes patologías (crónicas o no) como la diabetes mellitus, trasplante de órganos (a los distintos niveles, en especial renal, médula ósea y otros). Además del manejo de enfermedades degenerativas como la enfermedad de Alzheimer. Se logra una mayor esperanza de vida y perfección de las pautas terapéuticas. Estas estrategias incluyen la utilización de las células madres, uso de factores de crecimiento y empleo de la matriz extracelular.⁽¹⁾

Dentro de la medicina regenerativa, la ingeniería de tejido tiene como finalidad la curación y manejo de las lesiones cutáneas a partir de la restauración paulatina y restablecimiento de las funciones de la piel como órgano. Productos o formas de tratamiento mediante el uso de materiales sintéticos o biológicos (autólogo, alogénico o xenogénico) son solo alguno de los ejemplos de las aplicaciones.^(2,3)

Uno de los principales aportes y áreas de trabajo donde pueden encontrarse las estrategias u técnicas de regeneración de tejidos; se basan en el tratamiento de las quemaduras y la cirugía estética y reconstructiva.⁽⁴⁾ Sin lugar a duda, la injuria del tejido a partir de lesiones mediante quemaduras puede generar sensaciones de frustración o depresión en el paciente por lo que la aplicación de las técnicas de medicina regenerativa son claves no solo para revitalización del tejido; ayudan en el cuidado psicológico del paciente.

Múltiples son los estudios que abordan las aplicaciones de la medicina regenerativa y el avance evidenciado hasta los momentos actuales. Un ejemplo claro es la investigación desarrollada por Zurita Delgado et al.⁽⁵⁾ al referirse al tratamiento de la epidermólisis ampollosa mediante su revisión sistemática de las nuevas técnicas de regeneración a través de células madres y la medicina regenerativa en sí.

Por otra parte, la utilización de la nueva tecnología abre nuevas oportunidades para el tratamiento de pacientes y un sinnúmero de variedades terapéuticas. Dentro de ellas destaca la utilización de impresoras o bioimpresoras 3D; instrumento que se basa en la generación de nuevos tejidos y/o órganos (artificiales)⁽⁶⁾ que garantizarían un mayor aporte a la calidad de vida de los pacientes que forman parte de las largas listas de esperas para el tratamiento mediante trasplante de órganos.

El avance de las tecnologías se ha puesto en evidencias en cada uno de los escenarios de trabajo del hombre. La medicina, con sus distintas especialidades, no se ha resistido a la actualización de cada uno de sus procesos mediante la implementación de las nuevas herramientas digitales y tecnológicas. Cuantiosas patologías crónicas o lesiones secundarias a injurias masivas han visto su resolución mediante las oportunidades que ofrece la medicina regenerativa (con sus diferentes formas y métodos), con la actualización de los protocolos terapéuticos (antes solo con un enfoque sintomático). Sobre la base de los antes expuestos, los autores del presente artículo pretenden valorar la implementación de la medicina regenerativa y la ingeniería de tejidos a partir de un enfoque innovador.

MÉTODO

Se desarrolló una revisión exhaustiva de fuentes bibliográficas relacionadas con el tema para dar cumplimiento al objetivo trazado por los autores.

Para la elaboración de la estrategia de búsqueda se implementaron los términos: medicina regenerativa e ingeniería de tejidos además de sus equivalentes en inglés (*Regenerative medicine* y *tissue engineering*) palabras claves; además de los descriptores equivalentes a partir del Descriptor en Ciencias de la Salud (DeCS) y su homólogo en inglés (MeSH). Las palabras y descriptores fueron relacionados mediante la utilización de operadores booleanos: (*Regenerative medicine*) AND (*tissue engineering*). Las bases de datos empleadas fueron: SciELO y PubMed. Fueron empalados artículos de revisión, metaanálisis, investigaciones originales y otras consideradas de interés para la investigación.

Para la selección de los artículos, realizo un proceso de cribado dividido en varios pasos. En el primer paso se utilizaron los filtros dispuestos por las bases de datos (en especial el filtro temporal). Del total de artículos resultante (segundo paso), se revisaron a partir del análisis de los elementos identificativo de cada documento (título y resumen). En el tercer paso se analizaron los artículos en profundidad para la extracción de los resultados y aportes principales de cada estudio.

DESARROLLO

La implementación de la estrategia de búsqueda arrojó un total de 28 592 investigaciones (PubMed 28 568 y SciELO 24 artículos). En la base de datos PubMed se aplicaron los filtros temporales (artículos con un año de publicación); con 3 250 investigaciones. Fueron utilizados los filtros: investigaciones disponibles a texto completo (*Free Full Text*) y con resultados (*Associated data*) mostrando 25 investigaciones. Para la base de datos SciELO fueron encontradas 24 investigaciones. Se aplicó el filtro de 5 años, mostrando 8 investigaciones. Tras la revisión de los títulos y resumen, fueron seleccionadas 13 investigaciones (figura 1). Los principales resultados y aportes de cada uno de los estudios analizados se exponen en la tabla 1.

Utilización de biocomponentes

Autores como Orozco Muñoz et al.⁽⁷⁾ en su investigación resalta las técnicas de la medicina regenerativa; dentro de ella la ingeniería de tejidos. Técnica que involucra la utilización de la terapia molecular, genética, así como la terapia celular avanzada como las células madres. Hace referencia a la utilización de hemoderivados como los plasmas ricos en plaquetas y la evidencia existente

(mediante estudios *in vitro*) de la aplicación y los factores de crecimiento plaquetarios y su estimulación sobre la proliferación trofoblástica que ayudan a la regeneración del hueso dañado; con amplias aplicaciones prácticas.

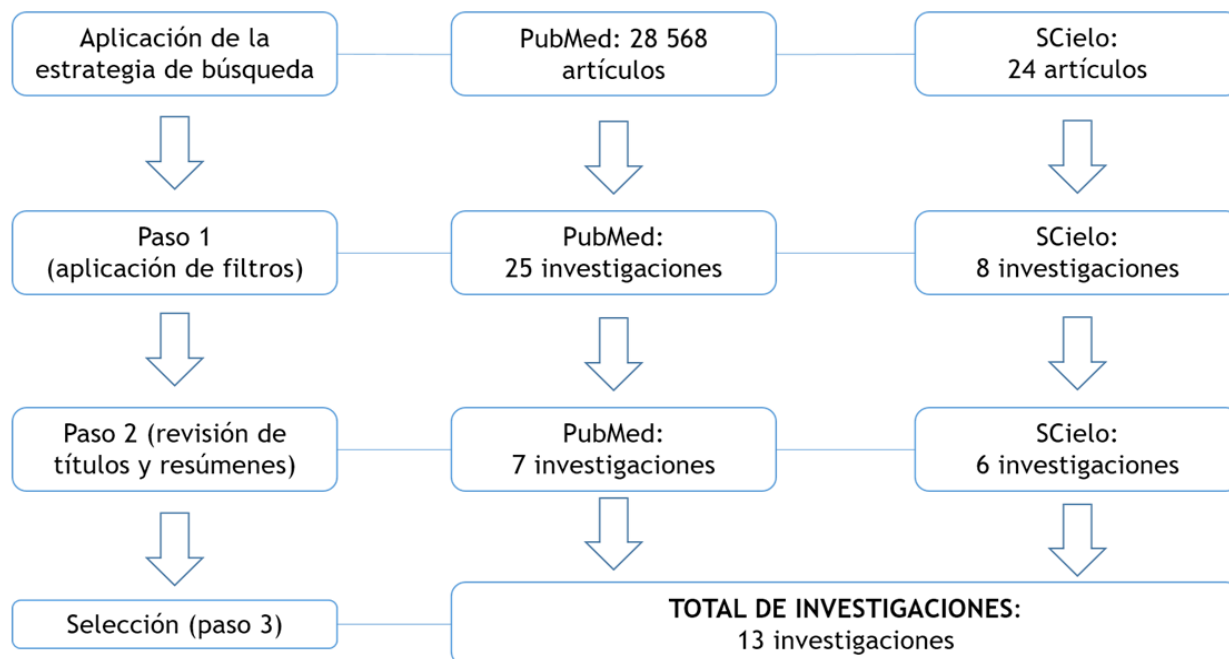


Figura 1. Distribución de los artículos según etapas

Tabla 1. Presentación de los principales aportes y resultados de los artículos analizados

Título	Autor	Relevancia del estudio
La aplicación de factores de crecimiento en el desarrollo de la Ingeniería de tejidos óseos	Orozco Muñoz et al. ⁽⁷⁾	Estudio que enmarca la utilización de los factores estimuladores del crecimiento como parte de las estrategias de la ingeniería de tejidos aplicadas a las lesiones traumáticas en Ortopedia y traumatología. Hace énfasis en la importancia del conocimiento de la biología molecular.
Analysis of the Chemical Composition, Morphological Characterization, and Porosimetry of Allograft and Comparison with Xenograft for Dental Applications	Alarcón-Apablaza et al. ⁽⁸⁾	Analiza las diferencias físico químicas de dos injertos y sus posibles aplicaciones en la regeneración odontológica.
Cytotoxic and anti-inflammatory effects of chitosan and hemostatic gelatin in oral cell culture	Narvaez-Flores et al. ⁽⁹⁾	Se realiza un estudio experimental para evaluar la viabilidad celular del quitosano y la gelatina hemostática en el cultivo celular para terapéutica odontológica en la regeneración de tejidos
Novel Studies in the Designs of Natural, Synthetic, and Compound Hydrogels with Biomedical Applications	Cuellar Gaona et al. ⁽¹⁰⁾	Revisión sistemática sobre la aplicación de sustancias regenerativas y prueba de la eficacia de los compuestos de hidrogel.
A Review on the Advances of Biocompatible Materials and Their Processing Via Additive Manufacturing for Tissue Engineering Applications	Jassen Morales et al. ⁽¹¹⁾	Investigación enfocada en la revisión de los avances con relación a la medicina regenerativa a través de la utilización de biomateriales ad hoc y la fabricación aditiva.
Cell culture: a promising environment for research on cardiology	Yuliet Montoya et al. ⁽¹²⁾	Aplicación de los medios de cultivos de células madre para las investigaciones experimentales de diversas especialidades, en especial la cardiología.
Engineered autologous nasal cartilage for repair of nasal septal perforations: a case series	Benedict Kaiser et al. ⁽¹³⁾	Estudio de series de casos sobre la utilización de ingeniería de tejidos para la regeneración del cartílago nasal.
Delivery of a Jagged1-PEG-MAL hydrogel with pediatric human bone cells regenerates critically sized craniofacial bone defects	Archana Kamalakar et al. ⁽¹⁴⁾	Estudio basado en la aplicación del hidrogel en la regeneración y cicatrización de lesiones y defectos en huesos carnosos de paciente pediátricos.
A genetic and microscopy toolkit for manipulating and monitoring regeneration in <i>Macrobrachium</i> lignano	Nelson Hall et al. ⁽¹⁵⁾	Investigación que muestra avances en relación a la exploración e investigación de herramientas para el estudio de la regeneración de tejidos.

ALB-PRF facilitates chondrogenesis by promoting chondrocytes migration, proliferation and differentiation	Lijuan Zeng et al. ⁽¹⁶⁾	Se basa en la demostración del compuesto ALB-PRF como estrategia para la regeneración del cartílago
A single-cell 3D dynamic volume control system for chondrocytes	Qiang Zhang et al. ⁽¹⁷⁾	Investigación que muestra los avances en la aplicación del Sistema de 3D celular para el estudio del volumen de condrocitos.
Vasculogenic skin reprogramming requires TET-mediated gene demethylation in fibroblasts for rescuing impaired perfusion in diabetes	Mohanty et al. ⁽¹⁸⁾	Investigación basada en las técnicas de reprogramación vascular para el tratamiento mediante repercusión sanguínea en pacientes con Diabetes.
Epicardial transplantation of antioxidant polyurethane scaffold based human amniotic epithelial stem cell patch for myocardial infarction treatment	Jinying et al. ⁽¹⁹⁾	Exponen los resultados de la utilización del trasplante de células epiteliales amnióticas en el tratamiento de infarto agudo de miocardio, como alternativa de regeneración celular.

Los derivados de plaquetas dentro de ellos los compuestos ricos en fibrina se obtienen a partir de proceso de centrifugado de sangre autóloga no coagulada. Surgió como una alternativa al tratamiento frente a las complicaciones que generaban el plasma rico en plaquetas. Posteriormente se demostró sus utilidades en la regeneración de tejidos. Su desarrollo continuo ha permitido la obtención de compuestos de fibrinas con mayores potencialidades como fibrinas ricas en leucocitos. Su aplicación garantiza una disminución del tiempo de cicatrización, además de sus efectos antiinflamatorios.⁽²⁰⁾

Sin lugar a duda la aplicación de biocompuestos ha revolucionado el tratamiento en materia de medicina regenerativa. Su baja antigenicidad los hacen alternativas factibles que contribuyen a una rápida cicatrización y reducción de posibles complicaciones de grandes intervenciones quirúrgicas.

Por su parte, existen numerosos compuestos que pueden ser aplicados como terapia regenerativa por su demostrada eficacia antiinflamatoria al prevenir el crecimiento bacteriano (o de celularidad) y promover la regeneración de tejidos. Narvaez-Flores et al.⁽⁹⁾ analiza y explora la aplicación de compuestos odontológicos como el quintonso o combinado con gelatina hemostática demostrando su efecto y aplicación antiinflamatoria de forma significativa; al disminuir entre un 5 y 11 % la viabilidad de la celularidad en sus investigaciones *in vitro*. Además que reconoce su aplicación como parte de las estrategias terapéuticas en la regeneración odontológica.

Similares resultados se han obtenidos con la aplicación de compuestos como los hidrogeles. Estos pueden clasificarse según su origen en naturales, sintéticos o compuestos. Se ha logrado mayor repercusión y aplicación de aquellos materiales compuestos al incluir varios componentes y/o propiedades físico-químicas de sus homólogos. Han ganado en popularidad en el tratamiento de heridas al ofrecer un espacio idóneo para la regeneración tisular, el control de bacterias entre otras.⁽¹⁰⁾

Otro estudio, ofrece resultados satisfactorios sobre el uso del hidrogel para el tratamiento de lesiones congénitas. Según los resultados expuestos por Archana Kamalakar et al.⁽¹⁴⁾, se aprecian resultados satisfactorios con relación a la aplicación del JAGGED1 en la solución de lesiones o defectos óseos congénitos en pacientes pediátricos. Los resultados, obtenidos en experimentaciones *in vitro*, muestran una proliferación de células modeladoras de la osteosíntesis a través de la activación del p70 S6K. Resultados que se han presentados como alentadores.

El compuesto ALB-PRF se presenta como una oportunidad para la proliferación del cartílago posterior al trauma. Se basa su aplicación en los resultados obtenidos de investigaciones desarrolladas *in vivo* e *in vitro*. Muestran que el compuesto favorece la regeneración a partir de migración y proliferación de los condrocitos.⁽¹⁶⁾

Sin lugar a duda la aplicación de componentes que promueven el crecimiento de tejidos ha revolucionado la medicina regenerativa en el tratamiento de las diferentes soluciones de continuidad de los tejidos. Se proyecta como un área de trabajo para el desarrollo de la ingeniería de tejidos en especial mediante la aplicación de técnicas novedosas de biología molecular y otras.

Utilización de injertos y regeneración de tejidos

Las técnicas empleadas en la revitalización de tejidos se han revolucionado desde su surgimiento. Jassen Morales et al.⁽¹¹⁾ analiza los avances logrados mediante las técnicas de fabricación aditiva y la utilización de biomateriales *ad hoc* como parte de las herramientas de trabajo de la medicina regenerativa. Las técnicas de fabricación aditiva se centran en la producción de células y/o tejidos en entorno biológicamente creados con todas las condiciones para su crecimiento. Uno de los principales logros se ha experimentado y aplicado en la regeneración de tejidos y órganos para trasplante.

Los injertos se presentan como alternativas de amplias aplicaciones en la reconstrucción de lesiones o áreas dañadas. El conocimiento de sus componentes o características ayuda a imponer una adecuada conducta terapéutica. La investigación de Alarcón-Apablaza et al.⁽⁸⁾ se enfoca en la comparación desde el punto de vista físico – químico y morfológico del aloinjerto y xenoinjerto (bobino) óseo para la regeneración ósea dental. En el estudio se encontraron diferencias significativas con relación a los componentes químicos de cada compuesto. Además, las estructuras morfológicas difirieron con relación a la porosidad y la estructura geométrica espacial.

Se comprende la importancia del análisis profundo de cada una de las técnicas y materiales empleados en la regeneración de tejidos. Son dos elementos claves, a consideración de los autores, que deben tenerse en cuenta para la selección de los materiales; con el objetivo de obtener resultados alentadores.

El proceso investigativo a partir de estos biocomponentes es un proceso clave; se comprende que las utilidades de la medicina regenerativa comprendan no solo el área de asistencia médica; sino el proceso investigativo en sí.

La utilización de tecnología 3D se ha posicionado en el tratamiento de la regeneración de tejidos. Un ejemplo es el estudio de casos desarrollado por Benedict Kaiser et al.⁽¹³⁾ Otras aplicaciones de la tecnología de bioimpresión 3D se han evidenciado en el manejo y tratamiento de la insuficiencia renal crónica donde pudiera resolver la situación clínica de millones de personas, al combinar células vivas y factores de crecimiento además de biomateriales. Se crean entonces adecuados para el crecimiento y desarrollo celular para la obtención de nuevos tejidos.⁽²¹⁾

La investigación se basa en una serie de casos con que fueron sometidos a tratamiento mediante tecnología 3D para la generación del cartílago nasal. Se encontró que el sistema terapéutico fue seguro y de fácil aplicación; además de contar con resultados factibles. Los estudios posteriores al tratamiento fueron satisfactorios en la mayor parte de los pacientes por lo que se consideró un tratamiento validado.

Aplicación de células madres como alternativas de trasplante

Jinying et al.⁽¹⁹⁾ en su estudio experimental en animales, mediante el trasplante de células amnióticas humanas modificadas desde el punto de vista inmunológico ha demostrado una reducción significativa de la lesión cardíaca al promover la reconstrucción de las células miocárdicas.

La aplicación de las células madres, como alternativa de tratamiento de las lesiones o enfermedades ha revolucionado los preceptos y modalidades de acción de la medicina regenerativa. En su aplicación se han estudiado y empleado células madres hematopoyéticas y mesenquimales (provenientes de médula ósea, cordón umbilical, placenta, sangre y otros fluidos o componentes).⁽²²⁾

Sus aplicaciones sobrepasan los horizontes terapéuticos previamente definidos (tratamiento de enfermedades crónicas); sino que pueden utilizarse como una alternativa de la preventiva para múltiples procesos. En estudios experimentales, mediante la ingeniería de tejidos a partir del uso de células madres se logró revitalizar las lesiones esofágicas causadas por cáusticos, reflujo o lesiones metaplasias.⁽²²⁾ Otras especialidades (como la odontología) se benefician con el tratamiento mediante células madres. En este escenario se ha logrado avances en el manejo de lesiones traumáticas, regeneración de tejidos dentales y otras patologías.⁽²³⁾

Estos aportes teóricos: aun en experimentación podrán abrir nuevas posibilidades en la prevención del cáncer, en especial del sistema digestivo; disminuyendo así la incidencia y prevalencia de estas enfermedades. Además, resalta una de las funciones básicas dentro de la asistencia sanitaria: la prevención.

Desarrollo de investigaciones con relación a la medicina regenerativa.

El avance del proceso investigativo garantiza la aplicación de los resultados validados; así como la puesta en práctica de protocolos y métodos investigativos novedosos. Se han desarrollado modelos para el estudio de la regeneración celular; modelos que no solo se basan en la observación de crecimiento y división celular. Involucran el estudio del componente genético de la célula.⁽¹⁵⁾

Por su parte, el uso del sistema celular 3D abre nuevas oportunidades para la comprensión de procesos fisiológicos. Dentro de ellos, su aplicación se ha visto en el estudio del sistema de condrocitos dentro de la masa articular. Se aportan resultados relacionados con su proliferación, distribución espacial y componentes de la matriz.⁽¹⁷⁾ Sin lugar a duda, resultados que pueden contribuir a la comprensión y aplicación basado en procesos fisiológicos de nuevas alternativas terapéuticas.

Tissue nanotransfection (TNT) topically delivers Etf2, Foxc2, and Fli1 (EFF) plasmids son componentes que promueven la vascularización a partir de la proliferación de fibroblastos. Se han analizado sus aplicaciones en el tratamiento de lesiones dérmicas de pacientes con diabetes mediante la regeneración natural a partir de la proliferación de los fibroblastos y la revitalización de tejidos. Alternativa que se ha denominado reprogramación vasculogénica dérmica.⁽¹⁸⁾ Se presenta como una alternativa prometedora para el manejo de las lesiones o infecciones superficiales por daño microvascular en pacientes con diabetes.

Según resultados desarrollados por Marcial Becerril et al.⁽²⁴⁾ la incorporación de las nanopartículas de oro en el cultivo y andamiaje de tejidos mediante técnicas de ingeniería de tejidos ofrecen mayor capacidad de resistencia y propiedades físicas químicas. Dentro ellas la difusión de y absorción de agua lo que favorece una mayor nutrición del tejido receptor. Además de tener una capacidad degenerativa en un tiempo prudencial que permita la regeneración del tejido dañado y la eliminación del aloinjerto una vez culminada su función.

CONCLUSIONES

La medicina regenerativa y la ingeniería de tejidos se presentan como alternativas novedosas y revolucionarias dentro de la medicina. Sus aplicaciones son amplias y a la vez particulares para cada especialidad. Numerosos son los estudios e investigaciones (in vitro e in vivo) que aportan avances teóricos que pueden constituir novedosos tratamientos en un futuro.

FINANCIACIÓN

Ninguna.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Ana María Chaves Cano, Alfredo Javier Pérez Gamboa, William Castillo-González.

Redacción – borrador original: Ana María Chaves Cano, Alfredo Javier Pérez Gamboa, William Castillo-González.

Redacción – revisión y edición: Ana María Chaves Cano, Alfredo Javier Pérez Gamboa, William Castillo-González.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Criollo EJC. La medicina regenerativa como alternativa terapéutica para enfermedades crónicas y lesiones graves: Avances, desafíos y aplicaciones clínicas. *Rev Multidiscip Investig Contemp* [Internet]. 16 de junio de 2025; 3(2). Disponible en: <https://revmic.com/index.php/IC/article/view/115>
2. Rojas M, Solera D, Herrera C, Vega-Baudrit J, Rojas M, Solera D, et al. REGENERACION DEL ORGANO CUTANEO MEDIANTE INGENIERIA DE TEJIDOS. *Momento* [Internet]. junio de 2020 ;(60):67-95. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0121-44702020000100067&lng=en&nrm=iso&tlng=es
3. Márquez-Díaz JE. Tecnologías disruptivas para la obtención de órganos y tejido artificial. *Rev Colomb Bioét* [Internet]. 8 de julio de 2022 ;15(1). Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=106142>
4. Alvarado RLC, Morocho IGQ, Pintado TPG, González AFM. Clinical and surgical approach of burns in primary care. *Salud Cienc Tecnol* [Internet]. 22 de diciembre de 2022 ;2:157-157. Disponible en: <https://sct.ageditor.ar/index.php/sct/article/view/116>
5. Delgado KZ, Navarrete RR. Epidermolysis Bullosa: Innovative Treatment with Stem Cells, a Systematic Review. *Salud Cienc Tecnol* [Internet]. 4 de agosto de 2024 ;4:1193-1193. Disponible en: <https://sct.ageditor.ar/index.php/sct/article/view/505>
6. Patel GM, Borah N, Kumar G. The Influence of Developments in Tissue Engineering and Regenerative Medicine on Healthcare Advancement and Evolution. *Salud Cienc Tecnol* [Internet]. 2 de agosto de 2023 ;3:452-452. Disponible en: <https://sct.ageditor.ar/index.php/sct/article/view/265>
7. Muñoz YO, Pérez BC, Calaña Domínguez Y, Muñoz YO, Pérez BC, Calaña Domínguez Y. La aplicación de factores de crecimiento en el desarrollo de la Ingeniería de tejidos óseos. *Medicentro Electrónica* [Internet]. diciembre de 2020 ;24(4):785-804. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1029-30432020000400785&lng=es&nrm=iso&tlng=es
8. Alarcón-Apablaza J, Navarro P, Manzanares-Céspedes MC, Fuentes R, Alarcón-Apablaza J, Navarro P, et al. Análisis de la Composición Química, Caracterización Morfológica y Porosimetría de Aloinjerto y Comparación con Xenoinjerto para Aplicaciones Odontológicas. *Int J Morphol* [Internet]. junio de 2024 ;42(3):698-708. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0717-95022024000300698&lng=es&nrm=iso&tlng=en
9. Narvaez-Flores JJ, Vilar-Pineda G, Acosta-Torres LS, Garcia-Contreras R, Narvaez-Flores JJ, Vilar-Pineda G, et al. Efectos citotóxicos y antiinflamatorios del quitosano y la gelatina hemostática en cultivo celular oral. *Acta Odontológica Latinoam* [Internet]. junio de 2021 ;34(2):98-103. Disponible en: https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1852-48342021000200098&lng=es&nrm=iso&tlng=en
10. Universidad Autónoma de Coahuila, Cuéllar Gaona CG, Ibarra Alonso MC, Universidad Autónoma de Coahuila, Narro Céspedes RI, Universidad Autónoma de Coahuila, et al. Novel Studies in the Designs of Natural, Synthetic, and Compound Hydrogels with Biomedical Applications. *Rev Mex Ing Bioméd* [Internet]. 1 de mayo de 2023 ;44(2):74-96. Disponible en: <https://www.rmib.mx/index.php/rmib/article/view/1359/941>
11. Jassen Morales A, Domínguez López I, Sosa Savedra JC, García García AL, Jassen Morales A, Domínguez López I, et al. A Review on the Advances of Biocompatible Materials and Their Processing Via Additive Manufacturing for Tissue Engineering Applications. *Rev Mex Ing Bioméd* [Internet]. diciembre de 2023 ;44(3). Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0188-95322023000300201&lng=es&nrm=iso&tlng=en
12. Montoya Y, Bustamante J. Cell culture: a promising environment for research on cardiology. *Rev Colomb Cardiol* [Internet]. 2 de noviembre de 2022; 7558. Disponible en: https://www.rccardiologia.com/frame_esp.php?id=170
13. Kaiser B, Miot S, Wixmerten A, Pullig O, Eylich M, Fulco I, et al. Engineered autologous nasal cartilage for repair of nasal septal perforations: a case series. *Int J Surg Lond Engl*. 1 de octubre de 2024;110(10):6573-80.
14. Kamalakar A, Tobin B, Kaimari S, Robinson MH, Toma AI, Cha T, et al. Delivery of a Jagged1-PEG-MAL hydrogel with pediatric human bone cells regenerates critically sized craniofacial bone defects. *eLife*. 14 de octubre de 2024;13:RP92925.
15. Hall RN, Li H, Chai C, Vermeulen S, Bigasin RR, Song ES, et al. A genetic and microscopy toolkit for manipulating and monitoring regeneration in *Macrostomum lignano*. *Cell Rep*. 26 de noviembre de 2024;43(11):114892.

16. Zeng L, Zeng J, He J, Zhou Y, Li Y, Li C, et al. ALB-PRF facilitates chondrogenesis by promoting chondrocytes migration, proliferation and differentiation. *Platelets*. diciembre de 2024;35(1):2414792.
17. Zhang Q, Wang Y, Zhang Y, Wei X, Chen W, Zhang Q. A single-cell 3D dynamic volume control system for chondrocytes. *BioTechniques*. octubre de 2024;76(10):495-504.
18. Sk M, K S, M K, Ss V, R S, Sc G, et al. Vasculogenic skin reprogramming requires TET-mediated gene demethylation in fibroblasts for rescuing impaired perfusion in diabetes. *Nat Commun* [Internet]. 27 de noviembre de 2024 ;15(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39604331/>
19. Li J, Yao Y, Zhou J, Yang Z, Qiu C, Lu Y, et al. Epicardial transplantation of antioxidant polyurethane scaffold based human amniotic epithelial stem cell patch for myocardial infarction treatment. *Nat Commun*. 22 de octubre de 2024;15(1):9105.
20. Vargas MAAVMAA, Coba RMG, Villacrés JMP, Sarabia MSP. Comparative study between physiological healing vs. the use of platelet-rich fibrin at the time of bone and gingival tissue healing in lower third molar surgeries. *Bibliographic Review. Interam J Health Sci* [Internet]. 11 de julio de 2024; 4:122-122. Disponible en: <https://ijhsc.uai.edu.ar/index.php/ijhsc/article/view/122>
21. Leon Martinez FM, Loaiza Aguilar JM, Farfán Panchi AJ, Hidalgo Mosquera JF, Barzola Ullaguari MG. Bioimpresión renal perspectivas y desafíos en el tratamiento de la insuficiencia renal. *Medicencias UTA* [Internet]. 1 de enero de 2025; 9(1):45-53. Disponible en: <https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/medi/article/view/2714>
22. Lizondo P, Gonzalez EP. Gastroesophageal reflux disease, Barrett's esophagus. Pathophysiology, classification and treatment. *Review. Interam J Health Sci* [Internet]. 20 de diciembre de 2023;3:22-22. Disponible en: <https://ijhsc.uai.edu.ar/index.php/ijhsc/article/view/22>
23. Cevallos SIA, Llerena EEL, Benites RM, Fiallos CPR. "Dental regeneration therapy using dental stem cells". *Interam J Health Sci* [Internet]. 22 de julio de 2024 ;4:86-86. Disponible en: <https://ijhsc.uai.edu.ar/index.php/ijhsc/article/view/86>
24. Becerril M, Rosario MD. Síntesis y caracterización de nanopartículas de oro para funcionalizar andamios de alginato-quitosano para el cultivo de células cardíacas. noviembre de 2024 ; Disponible en: <http://ilitia.cua.uam.mx:8080/jspui/handle/123456789/1230>