

## Células madre en prácticas endodónticas

### Stem cells in endodontic practices

María Eugenia Paredes Herrera<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0002-4011-5043>

Erika Lizbeth Rey Vinueza<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0008-5458-5936>

<sup>1</sup>Universidad Regional Autónoma de los Andes "Uniandes", Ambato, Ecuador.

\* Autor para correspondencia: [docentetp113@uniandes.edu.ec](mailto:docentetp113@uniandes.edu.ec)

#### RESUMEN

**Introducción:** Actualmente la bioingeniería ha avanzado tanto como otras ciencias, se han desarrollado técnicas de regeneración a nivel pulpar con células madre obtenidas de diferentes partes del cuerpo humano como dientes deciduos, ligamento periodontal, papila dental, entre otras. Este procedimiento favorece al paciente al evitar un tratamiento invasivo y mejora la recuperación endodóntica.

**Objetivo:** Analizar la importancia del aprovechamiento de las ventajas de las células madre en los procesos endodónticos como una técnica efectiva para la mejora de la salud bucodental de los pacientes.

**Métodos:** Se realizó un estudio investigativo exploratorio, de tipo observacional, descriptivo y transversal, que se apoyó en la hermenéutica para interpretar la revisión sistemática efectuada con la metodología PRISMA 2020 sobre el aprovechamiento de las ventajas de las células madre en los procesos endodónticos como una técnica efectiva para la mejora de la salud bucodental de los pacientes. Se revisaron 22 artículos en las bases de datos de Scielo, Elsevier, Google Académico y Pubmed en idiomas inglés y español, de los últimos siete años. Se determinó la contribución a la ciencia del uso de células madre de acuerdo

con el origen y se analizó el impacto que tiene este tipo de tratamiento regenerativo en procedimientos endodónticos.

**Conclusiones:** La práctica profesional en odontología sigue siendo de interés y evoluciona con los diferentes avances de la ciencia para buscar nuevas alternativas de regeneración en campos como la endodoncia.

**Palabras clave:** células madre; células estromales; regeneración pulpar; autorrenovación pulpar

## ABSTRACT

**Introduction:** Currently, bioengineering has advanced as much as other sciences, developing regeneration techniques at pulp level with stem cells obtained from different parts of the human body such as: deciduous teeth, periodontal ligament, dental papilla, among others. As background, it is mentioned that this process is very beneficial for the patient, avoiding invasive treatment and improving endodontic recovery.

**Objective:** To analyze the importance of taking advantage of the benefits of stem cells in endodontic processes as an effective technique for the improvement of patients' oral health.

**Methods:** An exploratory, observational, descriptive, cross-sectional study was carried out. It based on hermeneutics to interpret the systematic review carried out with the PRISMA 2020 methodology on the use of the advantages of stem cells in endodontic processes as an effective technique for the improvement of patients' oral health. It was an and retrospective research. Twenty-two articles were reviewed in the Scielo, Elsevier, Google Scholar and Pubmed databases in English and Spanish, from the last seven years. The contribution to science of the use of stem cells according to their origin was determined and the impact of this type of regenerative treatment in endodontic procedures was analyzed.

**Conclusion:** Professional practice in dentistry continues to be of interest and evolves with the different advances in science to seek new regenerative alternatives in fields such as endodontics.

**Keywords:** stem cells; stromal cells; regeneration pulp; self-renewal pulp

Recibido: 01/04/2024

Aceptado: 05/04/2024

## Introducción

El problema de investigación que enfrenta este estudio es la interpretación de la eficacia y la viabilidad del uso de células madre en procesos endodónticos para mejorar la salud bucodental de los pacientes. Este problema se aborda mediante la revisión sistemática y la síntesis de la evidencia disponible en la literatura científica.

El estudio describe la importancia de la práctica con células madre en endodoncia como una alternativa innovadora para el tratamiento en procesos de avanzada destrucción pulpar con el objetivo de regenerar los tejidos periapicales y la tan anhelada rehabilitación oral. Por tanto, se presenta una relación con el avance en la ciencia médica y odontológica para devolver la vitalidad típica a un organismo pleno de salud en la cavidad oral. Previo al tratamiento endodóntico es necesario aclarar las causas por las que la pulpa puede llegar a perder su vitalidad, como traumas, infecciones, lesiones cariogénicas profundas que comúnmente son tratadas mediante la extracción pulpar para luego sustituirla por materiales biocompatibles inorgánicos como los *composites* y la gutapercha.<sup>(1)</sup>

La eliminación de la pulpa puede provocar que los dientes obturados mediante la endodoncia se lleguen a tornar frágiles y propensos a fracturas, de igual manera que aumente el riesgo de una reinfección debido a las fugas coronales o microfiltraciones periapicales. Otro riesgo que enfrenta el tejido pulpar es la exposición a estímulos calóricos provocados durante el procedimiento endodóntico, generando una deficiente irrigación de la pulpa, además de una

instrumentación errónea con la pieza de mano que en muchas ocasiones puede desencadenar en una inflamación pulpar. <sup>(2)</sup>

En los últimos 20 años la medicina regenerativa dental demuestra ser extraordinariamente efectiva, por lo cual con este gran avance en la conservación y el uso de células madre también se emplea en el campo odontológico.

El cuerpo humano se compone de 200 tipos de células que se desarrollan a partir de células madre. Dichas células son utilizadas en tratamientos endodónticos, debido a su gran capacidad de autorrenovación y que, al ser clonogénicas logran proliferar y diferenciarse en células especializadas con capacidades regenerativas odontogénicas, adipogénicas y neurogénicas. <sup>(3)</sup>

Según el potencial de diferenciación, la clasificación de las células madre es: totipotentes, pluripotentes, multipotentes, oligopotentes y unipotentes. Las células madre totipotentes son las más indiferenciadas, se originan en el momento de la fusión de un óvulo con un espermatozoide, dando así origen a un embrión y un individuo completo, es por ello que se pueden diferenciar en cualquier tipo celular. Por otro lado, las células madre pluripotentes son descendientes de diferentes tejidos, al igual que las células totipotentes y provienen de la masa celular interna del blastocito, su alta capacidad de renovación les permite diferenciarse en células específicas y son incapaces de generar un embrión. <sup>(3)</sup>

Además, las células multipotentes o progenitoras tienen más capacidad de diferenciación celular que las anteriores, estas células se encuentran a nivel de la médula ósea, tejido muscular y adiposo. Con relación a las células oligopotentes, éstas originan un conjunto de células, pero más reducido y finalmente las células unipotentes, se pueden diferenciar en un tipo celular. <sup>(3)</sup>

Existen múltiples clasificaciones como las células madre según su origen embrionario y adulto. Según el origen embrionario puede diferenciarse en cualquier tipo de célula, demostrando así un enorme potencial para la regeneración tisular. El segundo, el de origen adulto o postnatales, son multipotentes y su capacidad está limitada a la capa embrionaria de la que proceden. <sup>(4)</sup>

El objetivo del estudio fue analizar, mediante la metodología PRISMA 2020, la importancia del aprovechamiento de las ventajas de las células madre en los procesos endodónticos como una técnica efectiva para la mejora de la salud bucodental de los pacientes.

## Métodos

La investigación realizada tuvo una naturaleza exploratoria, observacional, descriptivo y transversal, en la que se empleó el enfoque hermenéutico para interpretar una revisión sistemática llevada a cabo utilizando la metodología PRISMA 2020.

Para recopilar la información, se consultaron las bases de datos de Scielo, Elsevier, Google Académico y Pubmed. Se aplicó la metodología PRISMA 2020 para agrupar la información y establecer criterios de inclusión y exclusión. Se identificaron palabras clave y títulos técnicos para realizar una selección inicial.

Se incluyeron artículos relacionados con células madre en la práctica endodóntica; estudios sobre el impacto de células madre en enfermedades dentales; reportes de caso de revascularización apical y cameral; investigaciones sobre protocolos de cultivos de células madre de la pulpa dental; artículos sobre la obtención de células madre de dientes; publicados en los últimos 7 años, en inglés o español.

Se excluyeron los estudios duplicados en varias bases de datos; los estudios irrelevantes para los objetivos del estudio y los estudios piloto.

### Procedimiento de estudio

El proceso desarrollado se orientó por las siguientes etapas:

1. **Identificación de términos clave mediante el uso de operadores booleanos:** se identificaron los términos clave relacionados con el tema, como se detalla en la Tabla 1.
2. **Selección de las bases de datos:** Scielo, Elsevier, Google Académico y Pubmed fueron elegidas como bases de datos pertinentes debido a su amplia cobertura y reputación en el ámbito académico y científico. Estas plataformas ofrecen

acceso a una variedad de revistas y publicaciones científicas de alta calidad, que abarcan diversas disciplinas, incluida la odontología. La utilización de estas bases de datos garantizó la inclusión de estudios relevantes y actualizados en el área de interés, facilitando así la recopilación exhaustiva de información para el estudio.

3. **Ejecución de la búsqueda:** la estrategia de búsqueda se implementó en las bases de datos seleccionadas.
4. **Filtrado de resultados:** los resultados se filtraron de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos.
5. **Revisión de estudios:** se llevó a cabo una revisión detallada de los estudios incluidos, extrayendo la información pertinente y evaluando la calidad metodológica de cada uno.
6. **Síntesis de resultados:** se resumieron los hallazgos de los estudios incluidos para abordar la pregunta de investigación planteada en la revisión sistemática: ¿Cuál es la importancia del aprovechamiento de las ventajas de las células madre en los procesos endodónticos como una técnica efectiva para mejorar la salud bucodental de los pacientes?

Es oportuno indicar que, en el contexto de esta pregunta de investigación, se evaluaron las interrogantes siguientes:

- **Efectividad clínica:** ¿Qué evidencia existe sobre la eficacia de las células madre en la mejora de los resultados de los tratamientos endodónticos en comparación con las técnicas convencionales?
- **Seguridad y tolerabilidad:** ¿Qué información hay sobre la seguridad y la tolerabilidad del uso de células madre en pacientes sometidos a tratamientos endodónticos? ¿Existen efectos adversos significativos?
- **Mecanismos de acción:** ¿Se comprenden completamente los mecanismos biológicos mediante los cuales las células madre pueden influir en la reparación y regeneración de tejidos en el contexto endodóntico?
- **Aplicabilidad clínica:** ¿Cómo se pueden aplicar los hallazgos de los estudios preclínicos y clínicos sobre células madre en la práctica endodóntica diaria?

¿Existen limitaciones o barreras para la implementación de estas técnicas en entornos clínicos?

- **Costo-efectividad:** ¿Qué impacto económico tendría la adopción generalizada del uso de células madre en tratamientos endodónticos en comparación con las técnicas convencionales? ¿Existen beneficios económicos a largo plazo que justifiquen cualquier costo adicional inicial?
- **Consideraciones éticas y regulatorias:** ¿Cuáles son los problemas éticos y regulatorios asociados con la utilización de células madre en el contexto endodóntico? ¿Se han abordado adecuadamente estas preocupaciones en la investigación y la práctica clínica?

La aplicación de la metodología PRISMA 2020 para la selección de artículos en este estudio se presenta de manera esquemática en el diagrama de flujo (fig. 1).

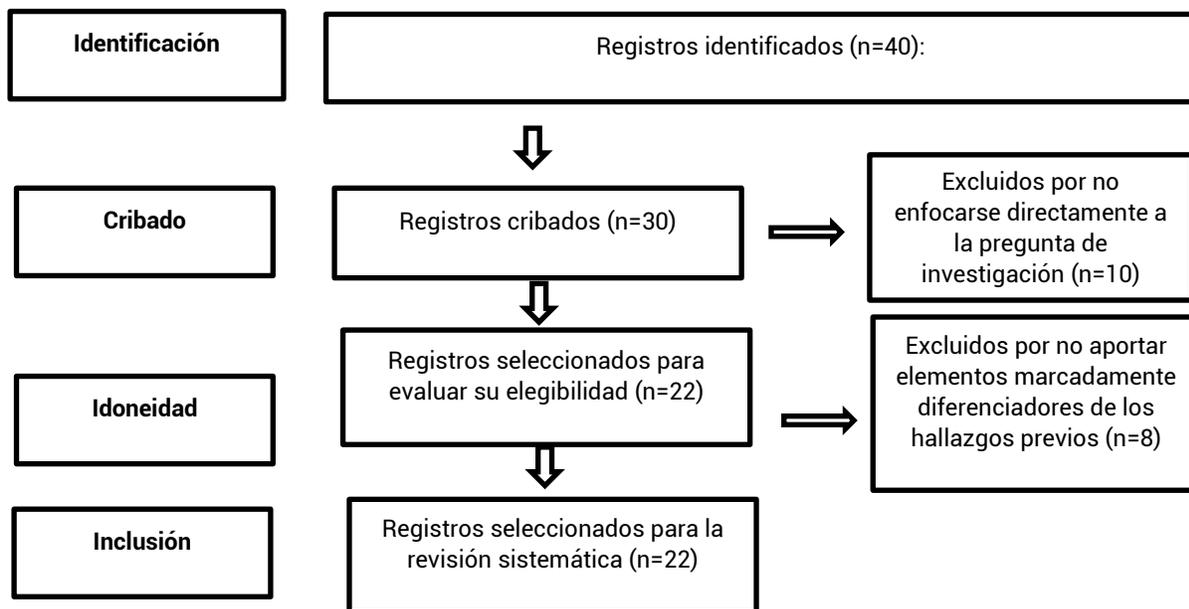


Fig.1. Diagrama de flujo de la metodología PRISMA 2020 para la selección de artículos.

## Resultados

Los principales resultados de la revisión se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Resultados significativos de la revisión bibliográfica

Términos clave	Base de datos
Adult stem cells, engineering tissue, oral regeneration, ingeniería de tejido, regeneración de dentina y pulpa, células madre adultas; pulpa dental; separación celular; citometría de flujo; células madre mesenquimatosas	SCIELO
Células madre mesenquimales; regeneración ósea; elevación; médula ósea; cirugía; células estromales.	PUBMED
Medicina regenerativa, células madre mesenquimales orales, criopreservación. técnicas endodónticas, odontología, procesos invasivos pulpares, necrosis pulpar	GOOGLE SCHOLAR
Células madre pulpares, terapia celular, odontología regenerativa, ensayos clínicos. regeneración endodóntica, revascularización, células madre, medicina regenerativa, ingeniería de tejidos; diferenciación celular; regeneración, proliferación celular, odontología, extracción pulpar, endodoncia	ELSEVIER

Según analizado y en base en criterios relevantes, se destaca en la revisión efectuada la aplicación de células madre en técnicas endodónticas, incluidos estudios experimentales en modelos animales. Por ejemplo, se ha investigado el uso de células estromales de la médula ósea combinadas con hueso bovino, con el propósito de preservar la estructura tisular ósea en áreas de interés para la mejora de los procedimientos endodónticos. Sin embargo, los resultados en estudios con animales no han sido plenamente reproducibles en ensayos clínicos en humanos. Además, las investigaciones sobre células madre en combinación con aspirado de médula ósea para el tratamiento de implantes dentales no han demostrado un efecto significativo.

Es de destacar que, según los autores, no se han observado diferencias sustanciales en términos de eficacia entre el uso de células madre en la práctica odontológica y los procedimientos convencionales realizados por profesionales. Estos hallazgos ponen de relieve la importancia de continuar la investigación y la evaluación de la efectividad y la idoneidad de las células madre en contextos clínicos específicos, así como la necesidad de abordar posibles limitaciones y desafíos en su implementación práctica. Esta revisión enfatiza la importancia de

una evaluación rigurosa y crítica de la evidencia disponible para informar y mejorar las prácticas clínicas en odontología. <sup>(4)</sup>

De acuerdo con Cifuentes, Stange, Muñoz y Cartes, <sup>(5)</sup> el notable potencial de migración celular que poseen las células madre, les permite dirigirse hacia el sitio de lesión en la cavidad oral. Estos autores indican que las células madre pueden ser aisladas en diversas zonas dentro de la cavidad oral, como el hueso alveolar, el ligamento periodontal, la pulpa dental, el folículo dentario, la papila apical, los dientes deciduos exfoliados, la mucosa oral y la encía. Sin embargo, es esencial destacar que los pacientes diabéticos representan un riesgo significativo para el fracaso en los tratamientos regenerativos y otras manifestaciones orales, como la xerostomía, la caries y la enfermedad periodontal. Se ha observado una estrecha correlación entre la diabetes y las afecciones bucales, lo que ha impulsado una amplia investigación sobre las propiedades de las células madre en este contexto. Los estudios destacan que los niveles elevados de glucosa en sangre en pacientes diabéticos pueden afectar negativamente la capacidad de diferenciación y proliferación de las células madre del ligamento periodontal. Esto sugiere que la diabetes puede incidir directamente en la cavidad oral y sus células, comprometiendo su capacidad de autorrenovación y migración celular. <sup>(5)</sup>

Gracias al avance de la medicina regenerativa, se vislumbra la posibilidad de reducir la necesidad de utilizar materiales restauradores y rehabilitadores en la cavidad oral, con el objetivo de alcanzar una armonía tanto estética como funcional. Este avance se lograría mediante la utilización de células madre del propio paciente, lo que permitiría restaurar la anatomía en áreas afectadas.

En situaciones donde los órganos dentales presentan ápices incompletos debido a traumas, se vuelven frágiles y requieren inducción del cierre apical y tratamiento endodóntico. Sin embargo, la bioingeniería ofrece la posibilidad de crear un nuevo tejido pulpar, lo que facilitaría el desarrollo radicular y evitaría la necesidad de procedimientos endodónticos.

Además, se destaca el potencial terapéutico de las células madre, que permite la aplicación de medidas preventivas para evitar tratamientos endodónticos en

adultos. Esto se lograría mediante la obtención de células madre de dientes que no sean terceros molares, lo que sugiere una perspectiva prometedora para la odontología regenerativa. <sup>(6)</sup>

En su estudio, Guerra y García,<sup>(7)</sup> exploran la localización de las células madre de la pulpa, señalando que se encuentran tanto en la pulpa propiamente dicha como en la zona rica en células, aunque otros autores han sugerido su presencia en la zona pobre en células o capa basal de Weil. Destacan el uso de células madre de pulpa adulta o de dientes deciduos en la medicina regenerativa para la creación de pulpa dental. Además, mencionan la posibilidad de implantar células estromales para tratar trastornos de la articulación temporomandibular, una técnica que ha sido llevada a cabo con éxito por pioneros en el mundo. Estos hallazgos sugieren un potencial prometedor en el campo de la regeneración de tejidos orales.

Por otro lado, Aquino <sup>(8)</sup> aborda la relación entre la ausencia dental y la periodontitis, una enfermedad irreversible que, si no se trata a tiempo en la población adulta, puede causar la pérdida de dientes. Destaca los avances de la medicina regenerativa en la regeneración de tejidos periodontales afectados, gracias al uso de células troncales. También menciona estudios exitosos en cerdos que han demostrado resultados alentadores en la reparación de daños periodontales quirúrgicos mediante esta técnica. Estos hallazgos resaltan el potencial de la medicina regenerativa para abordar los desafíos asociados con la pérdida dental y las enfermedades periodontales.

En algunos estudios, se ha utilizado la extracción de tejido pulpar seguida de su cultivo para obtener fragmentos de tejido menores de 1 mm. Esta estrategia ha resultado exitosa para los investigadores, ya que el protocolo empleado permitió mantener la viabilidad y morfología celular. Se cree que este éxito se debe al estricto seguimiento de los protocolos de bioseguridad, que ayudaron a prevenir posibles contaminaciones. <sup>(9, 10)</sup>

Se enfatiza la importancia de encontrar la célula madre ideal para el cultivo, la cual debe ser abundante, obtenida con mínima morbilidad, y capaz de diferenciarse de manera confiable y de ser trasplantada de forma segura. En este sentido, se logró

aislar y cultivar células estromales del cordón umbilical, lo que abrió nuevas posibilidades en el campo molecular para el Centro de Investigaciones Odontológicas en cuanto al uso de células madre en terapias regenerativas.<sup>(11)</sup> Estos avances son fundamentales para el desarrollo de tratamientos regenerativos en odontología y resaltan el potencial de las células madre en este campo.

Centeno<sup>(12)</sup> profundizó en la importancia de la preservación y regeneración de una pulpa dental vital y funcional como parte fundamental del tratamiento de enfermedades que afectan estos tejidos. Se destaca la existencia de "señales moleculares", que son mensajeros químicos capaces de inducir la diferenciación celular y promover la regeneración de la pulpa dental.

Por otro lado, Guadarrama y Robles<sup>(13)</sup> observaron resultados óptimos en la regeneración dentinal al utilizar andamios con hidroxiapatita. También destacaron que el uso de células madre del cordón umbilical (HUVECs) promovió una mayor regeneración endotelial, lo que favoreció el tratamiento de obturación y regeneración del complejo dentino-pulpar.

En el ámbito de la medicina regenerativa, se reconoce que las células estromales adultas pueden clasificarse en dos tipos según su capacidad para generar el complejo dentino-pulpar o no.<sup>(14)</sup> Por su parte, Bernini<sup>(15)</sup> y otros autores resaltaron que el concepto de células madre se refiere a aquellas capaces de autorrenovarse y diferenciarse, exhibiendo un potencial multifactorial.

En la práctica odontológica actual, las principales fuentes de células madre se encuentran en la médula ósea y el tejido adiposo del cuerpo humano. Sin embargo, para aplicaciones específicas en odontología, como la endodoncia, se obtienen células madre de las piezas dentales, particularmente de la cámara pulpar, para su uso en terapia autóloga.<sup>(16,17)</sup>

El empleo de células madre también ha demostrado ser beneficioso en tratamientos temporomandibulares, ya que promueve la regeneración del tejido afectado.<sup>(18)</sup> Por lo tanto, se sugiere la utilización de esta técnica regenerativa en la cámara pulpar como parte integral de un tratamiento endodóntico exitoso,

especialmente considerando que biomateriales como el hidróxido de calcio pueden generar necrosis superficial debido a su pH alcalino. <sup>(19)</sup>

Dager et al. <sup>(20)</sup> resaltaron la importancia de comprender en detalle los mecanismos de señalización y las interacciones celulares, dado que el tejido dental sirve como base fundamental para la regeneración. Según Herrera, <sup>(21)</sup> las células madre dentales han despertado un considerable interés en la investigación, gracias a su destacado potencial de proliferación, autorrenovación y diferenciación en diversos tipos celulares.

La tecnología de regeneración de la pulpa dental se basa en la formación de un andamio biológico que proporciona un entorno tridimensional propicio para el crecimiento del tejido, así como diversos factores de crecimiento que estimulan la diferenciación, crecimiento y maduración de las células madre. Esta innovadora alternativa se perfila como un avance significativo en la odontología moderna, ya que permite la preservación de segmentos dentales intraorales y abre nuevas perspectivas en el campo de la endodoncia. <sup>(22)</sup>

Estos hallazgos destacan el papel fundamental de las células madre y las señales moleculares en la regeneración de tejidos dentales, así como el potencial terapéutico de diferentes enfoques en el tratamiento de enfermedades dentales y pulpar.

Como resultado final, se evidenció que la bioingeniería es una vía alternativa para los tratamientos con células madre, que aplicados al campo de la endodoncia favorece la restructuración de los tejidos; estas células son obtenidas del tejido adiposo, médula ósea, ligamento periodontal y pulpar. Además, esta técnica odontológica permite ser aplicada mediante el control y mejora la salud bucodental de los pacientes.

## Discusión

El uso de la metodología PRISMA 2020 en este estudio demuestra ser crucial por varias razones:

- **Evidencia basada en datos:** la metodología PRISMA 2020 garantiza que el estudio esté basado en una revisión sistemática y exhaustiva de la literatura

científica disponible sobre el tema. Esto proporciona una sólida base de evidencia para respaldar las conclusiones del estudio.

- **Claridad y transparencia:** al seguir las pautas de PRISMA, el estudio es claro y transparente en términos de sus métodos de búsqueda, selección y análisis de datos. Esto permite que otros investigadores evalúen la calidad del estudio y reproduzcan los resultados si es necesario.
- **Síntesis de evidencia:** con el uso de PRISMA, el estudio sintetiza y resume la evidencia disponible sobre el uso de células madre en procesos endodónticos. Esto ayuda a identificar patrones, tendencias y brechas en el conocimiento que podrían orientar futuras investigaciones o prácticas clínicas.
- **Validación de la efectividad:** al examinar la evidencia disponible, el estudio evalúa de manera crítica la efectividad del uso de células madre en procesos endodónticos para mejorar la salud bucodental de los pacientes. Esto es crucial para determinar si esta técnica es realmente beneficiosa y puede influir en las decisiones clínicas y políticas relacionadas con la atención dental.
- **Aplicabilidad clínica:** al resaltar las ventajas y beneficios potenciales del uso de células madre en la endodoncia, el estudio puede ayudar a los profesionales de la salud dental a comprender mejor cómo integrar esta técnica en la práctica clínica para mejorar el tratamiento de los pacientes.

Se evidencia una creciente atención hacia el potencial de las células madre en mejorar los resultados de los tratamientos endodónticos en comparación con las técnicas convencionales. Varios estudios destacan el futuro prometedor de las células madre en la regeneración de tejidos dentales, en particular en la preservación y regeneración de la pulpa dental, así como en la regeneración dentinal y la reparación de daños periodontales. Estos hallazgos sugieren una eficacia clínica significativa de las células madre en la mejora de los resultados de los tratamientos endodónticos, ofreciendo una alternativa potencialmente superior a los enfoques convencionales.

En cuanto a la seguridad y tolerabilidad del uso de células madre en pacientes sometidos a tratamientos endodónticos, la literatura revisada sugiere que, si bien se han logrado avances prometedores, aún existen algunas preocupaciones y limitaciones. Se observa que la comprensión detallada de los mecanismos de señalización y las interacciones celulares es esencial para garantizar la seguridad y eficacia de estos tratamientos. Además, se necesitan más investigaciones para evaluar adecuadamente los posibles efectos adversos y riesgos asociados con el uso de células madre en el contexto endodóntico.

En relación con los mecanismos de acción de las células madre en la regeneración de tejidos endodónticos, aunque se realizan avances significativos en la comprensión de estos procesos biológicos, aún existen preguntas sin respuesta. La literatura que se revisa resalta la importancia de seguir investigando para comprender completamente los mecanismos biológicos involucrados en la reparación y regeneración de tejidos dentales, lo que permitirá optimizar el desarrollo de terapias regenerativas basadas en células madre.

En cuanto a la aplicabilidad clínica de los hallazgos de los estudios preclínicos y clínicos sobre células madre en la práctica endodóntica diaria, se sugiere que estos avances podrían tener un impacto significativo en la mejora de los resultados de los tratamientos endodónticos. Sin embargo, es importante reconocer que aún existen limitaciones y barreras para la implementación de estas técnicas en entornos clínicos, como la necesidad de mejorar la estandarización de los procedimientos y abordar preocupaciones éticas y regulatorias.

En términos de costo-efectividad, si bien la adopción generalizada del uso de células madre en tratamientos endodónticos puede implicar costos iniciales adicionales, existen posibles beneficios económicos a largo plazo que podrían justificar estos costos adicionales. Sin embargo, se necesitan más estudios económicos para evaluar adecuadamente el impacto económico de estas terapias regenerativas en comparación con las técnicas convencionales.

En relación con las consideraciones éticas y regulatorias, es importante abordar adecuadamente los problemas éticos y regulatorios asociados con la utilización de

células madre en el contexto endodóntico. Si bien se han realizado avances en este sentido, aún existen preocupaciones pendientes que deben ser consideradas y abordadas de manera integral en la investigación y la práctica clínica.

Finalmente, se sugiere la realización de estudios futuros que profundicen en la aplicación de células madre en los procesos endodónticos como una técnica prometedora para mejorar la salud bucodental de los pacientes. Estos estudios podrían abordar la optimización de protocolos de cultivo celular, explorar la influencia de factores ambientales y genéticos en la diferenciación celular, y evaluar la efectividad a largo plazo de los tratamientos regenerativos basados en células madre. Estas herramientas enfocadas en atenuar la incertidumbre ya se utilizan con éxito en otros contextos. <sup>(23,24,25)</sup>

Además, se insta a investigar las posibles interacciones entre las células madre y otros biomateriales utilizados en endodoncia, así como su potencial para mitigar la inflamación y promover la regeneración tisular en condiciones patológicas específicas. Asimismo, se sugiere la realización de ensayos clínicos controlados y estudios longitudinales que permitan evaluar la seguridad, la eficacia y la reproducibilidad de estos enfoques terapéuticos en una amplia gama de pacientes y contextos clínicos. Estos estudios futuros podrían contribuir significativamente al desarrollo de estrategias terapéuticas más efectivas y personalizadas en el campo de la endodoncia, mejorando así la calidad de vida de los pacientes y promoviendo avances significativos en la odontología regenerativa.

El presente estudio ofrece una visión integral del impacto del avance científico-tecnológico en el campo de la odontología, destacando el papel crucial de las células madre y la bioingeniería en la búsqueda de tratamientos innovadores y exitosos. Se ha evidenciado que las células madre poseen un potencial terapéutico significativo debido a su capacidad única de auto renovación y regeneración, lo que las convierte en candidatas prometedoras para una variedad de aplicaciones clínicas, incluyendo los tratamientos endodónticos.

Se ha observado que las células madre pueden derivarse de diversos tejidos, siendo el tejido adiposo un nicho particularmente rico en células madre diferenciadas, que pueden ser utilizadas en tratamientos regenerativos pulpares. Además, se ha demostrado que el uso de hidróxido de calcio previo al tratamiento con células madre puede generar una necrosis superficial, preparando así el terreno para una regeneración efectiva del tejido pulpar y asegurando un entorno libre de infecciones bacterianas.

Aunque se han logrado avances significativos en la investigación sobre células madre en odontología, aún persisten desafíos y áreas de incertidumbre. En ciertos países, la investigación en este campo se encuentra en etapas primarias debido a conflictos éticos que han obstaculizado la realización de estudios más extensos. Sin embargo, los resultados obtenidos hasta la fecha son alentadores y proporcionan una base sólida para futuras investigaciones, que seguramente ampliarán las áreas de aplicación y contribuirán a un avance continuo en los tratamientos regenerativos en odontología.

En conclusión, este estudio apoyado en la metodología PRISMA 2020, destaca la importancia de continuar explorando el potencial terapéutico de las células madre en el contexto endodóntico, con el objetivo de ofrecer opciones de tratamiento más efectivas y menos invasivas para los pacientes. Los hallazgos y las pautas delineadas en este estudio ofrecen un valioso punto de partida para futuras investigaciones y representan un paso adelante en el camino hacia una odontología regenerativa más avanzada y centrada en el paciente.

## Referencias bibliográficas

1. Kalyan KSDR, Vinay C, Arunbhupathi, Uloopi KS, Chandrasekhar R, RojaRamya KS. Preclinical evaluation and clinical trial of chlorhexidine polymer scaffold for vital pulp therapy. J Clin Pediatr Dent. 2019;43(2):109-115. doi: <https://doi.org/10.17796/1053-4625-43.2.7>
2. Chai J, Jin R, Yuan G, Kanter V, Miron RJ, Zhang Y. Effect of Liquid Platelet-rich Fibrin and Platelet-rich Plasma on the Regenerative Potential of Dental Pulp Cells Cultured

- under Inflammatory Conditions: A Comparative Analysis. J Endod. 2019;45(8):1000-8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.04.002>.
3. Beraza A E. Células madre de origen dental: revisión sistemática y protocolo de almacenamiento a largo plazo para uso terapéutico futuro. Ehu.es. [citado el 01/08/23]. Disponible en: [https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/55862/TFG\\_Ainhoa\\_Beraza\\_Cuesta.pdf?sequence=1](https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/55862/TFG_Ainhoa_Beraza_Cuesta.pdf?sequence=1)
  4. Kewalramani Kewalramani N, Peña Cardelles JF, Ortega Concepción D, López Carpintero A, Arnau Vidal A, Perrone G. Efectividad de las células madre mesenquimales en las elevaciones de seno maxilar. Revisión de la literatura. Cient Dent. 2021 [citado el 17/07/23]; 18; 3;159-164. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8185648>
  5. Cifuentes-Suazo G, Stange-Dempster F, Muñoz-Díaz L, Cartes-Velásquez R, Fundación Kimntrum, Concepción, Chile. Effect of diabetes on stem cells of the oral cavity. A brief review. Rev Fac Odont (UNC). 2022; 32(2):11-5. doi: <https://doi.org/10.25014/revfacodont271.2020.32.2.11>
  6. Valle MCC, Martínez LIL, Vázquez IP. Células madre y su aplicación en Estomatología. Progaleno. 2019 [citado el 17/07/23];2(2):137–52. Disponible en: <https://revprogaleno.sld.cu/index.php/progaleno/article/view/91>
  7. Guerra K, García, Del Carmen M, Cubillas G. Células madre como tratamiento de los trastornos de la articulación temporomandibular. 16 de abril. 2018 [citado el 17/07/23]; 57(269):211-20. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/abril/abr-2018/abr18269l.pdf>
  8. Aquino Canchari CR. Aplicación de las células madre en odontología regenerativa. 16 de Abril. 2019 [citado el 17/07/23]; 58(274): 94-95. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/abril/abr-2019/abr19274a.pdf>
  9. Francia A, Gazioli G, Echarte L, Maglia A, Touriño C, Alvarez I. Establecimiento e implementación de un protocolo simplificado de expansión y cultivo de Células Madre de Pulpa Dental Humana (DPSC<sub>h</sub>). Odontoestomatología. 2021;23(38). Disponible en: <https://odon.edu.uy/ojs/index.php/ode/article/view/353>
  10. Rocha Augusto C, De Oliveira Rodrigues NN, Rezende KM, Gonçalves M da S. Células madre obtenidas de dientes con retención prolongada. Rev Odontopediatria Latinoam. 2021[citado el 17/07/23];11(1). Disponible en: <https://www.revistaodontopediatria.org/index.php/alop/article/view/213>

11. García Sanmartino C, Carminati SA, Aguilera MO, Moras M, Ostuni MA, Fader Kaiser C. Método de obtención de células madre de cordón umbilical y su potencial uso en la odontología y hematología. Rev Fac Odontol. 2019 [citado el 27/07/23]; 13(2). Disponible en: <https://itp.bdigital.uncu.edu.ar/15481>
12. Centeno V. Regeneración pulpar: de células madre a exosomas. Rev Fac Odontol. 2019 [citado el 27/07/23]; 29(3). Disponible en: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/RevFacOdonto/article/view/26879>
13. Guadarrama Plata O, Guadarrama Quiroz LJ, Robles Bermeo NL. Aplicaciones odontológicas de las células madre pulpares de dientes temporales y permanentes. Revisión de estudios in vivo. Rev ADM. 2018;75(3):127-34. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2018/od183c.pdf>
14. Cea-Sanhueza M., Sánchez-Sanhueza G. Células madre mesenquimales orales: estado del arte en Odontología. Av Odontostomatol. 2023[citado el 27/07/23]; 32(2):97-105. Disponible en: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0213-12852016000200004&lng=e](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852016000200004&lng=e).
15. Bernini II, Amaral RC, Imparato JC, Rezende KM. Papila Apical Dentaria como fuente de Células Madre: Relato del Caso. Rev Odontoped Latinoam. 2021. [citado el 27/07/23]; 22(1). Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/alop/rol-2021/rol211m.pdf>
16. Durán J. Síntesis de nanopartículas de litio y evaluación de su citocompatibilidad y capacidad para estimular la diferenciación osteogénica in vitro de células madre de la pulpa dental. (TESIS). Santiago, Chile: Universidad de Chile; 2018 [citado: 20/07/23]. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/187416>.
17. Villa García-Torres LS, Flores-Hernández FY, Santibáñez-Escobar LP. Células madre de la pulpa dental (DPSC): perspectivas terapéuticas en enfermedades crónico degenerativas. Rev Sal Jal. 2017 [citado: 20/07/23];4(3):168-77. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=76852>
18. Llivisaca Aucapiña AG. Efectividad de las células madre aplicado a trastornos de la articulación temporomandibular. Revisión de la literatura. (TESIS). Ecuador: Universidad Católica de Cuenca; 2022. [citado: 20/07/23]. Disponible en: <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/13102>

19. Haro H. Eficacia del empleo del hidróxido de calcio y de las células madres en la regeneración dentaria. (TESIS). Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo; 2019 [citado: 20/07/23]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5901>
20. Santiago DE, La O SNO, Castellanos CI, et al. Algunos fundamentos de la endodoncia regenerativa con células madre en el diente permanente inmaduro no vital. MediSan. 2021[citado el 31/07/23];25(02):470-88. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1250353>
21. Herrera González MG. Células madre de origen dental. Ecuador: Universidad Católica de Cuenca; 2022. [citado: 20/07/23]. Disponible en: <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/11742>
22. Gualli López AE. Células madre y factores de crecimiento aplicados en la endodoncia regenerativa. (TESIS). Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo; 2021. [citado: 20/07/23]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/8475>
23. Viteri Villa M, Wong Vázquez L, Zúñiga Viteri R. Neutrosophic Health Analysis in Times of COVID-19. Int J Neutrosophic Sci. 2022;18(3):218-26. DOI: <https://doi.org/10.54216/IJNS.1803019>
24. Prado Quilambaqui J, Reyes Salgado L, Valencia Herrera A, Rodríguez Reyes E. Estudio del cuidado materno y conocimientos ancestrales en el Ecuador con ayuda de mapas cognitivos neutrosóficos. Rev Invest Operacional. 2022 [citado el 27/07/23];43(3):340-8. Disponible en: <https://rev-inv-ope.pantheonsorbonne.fr/sites/default/files/inline-files/43322-06.pdf>
25. Ramos Argilagos M, Valencia Herrera Á, Vayas Valdiviezo W. Evaluación de estrategias de educación nutricional en escuelas del Ecuador utilizando TOPSIS neutrosófico. Rev Int Cienc Neutrosóficas. 2022;18(3):208-17. DOI: <https://doi.org/10.54216/IJNS.1803018>