

## EL POTENCIAL DE LAS CÉLULAS MADRE EN LA REPARACIÓN CUTÁNEA THE POTENTIAL OF STEM CELLS IN SKIN REPAIR

Autores: <sup>1</sup>Héctor Enrique Lana Saavedra, <sup>2</sup>Andrea Alejandra Valle Lozada, <sup>3</sup>Juan Carlos Villamarín Peña y <sup>4</sup>Katherine Elizabeth Garcés Jeréz.

<sup>1</sup>ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-9957-2768>

<sup>2</sup>ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-7727-5843>

<sup>3</sup>ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-0371-3858>

<sup>4</sup>ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4728-5045>

<sup>1</sup>E-mail de contacto: [he.lana@uta.edu.ec](mailto:he.lana@uta.edu.ec)

<sup>2</sup>E-mail de contacto: [andrealejandravalle@gmail.com](mailto:andrealejandravalle@gmail.com)

<sup>3</sup>E-mail de contacto: [juankavp@yahoo.es](mailto:juankavp@yahoo.es)

<sup>4</sup>E-mail de contacto: [drgarceskatty@gmail.com](mailto:drgarceskatty@gmail.com)

Afiliación:<sup>1</sup>\*Universidad Técnica de Ambato, (Ecuador) <sup>2</sup>\*<sup>3</sup>\*Investigador independiente, (Ecuador) <sup>4</sup>\*Ministerio de Salud Pública, (Ecuador).

Artículo recibido: 6 de Junio del 2025

Artículo revisado: 7 de Junio del 2025

Artículo aprobado: 7 de Junio del 2025

<sup>1</sup>Doctor en Medicina y Cirugía, egresado de la Universidad Central del Ecuador, (Ecuador) con 19 años de experiencia laboral. Especialista en Neurología egresado de la Universidad de Valparaíso, (Chile).

<sup>2</sup>Médica General, egresada de la Universidad Nacional de Chimborazo, (Ecuador) con 1 año de experiencia laboral.

<sup>3</sup>Médico General, egresado de la Universidad Técnica de Ambato, (Ecuador) con 9 años de experiencia laboral.

<sup>4</sup>Médica, egresada de la Universidad Central del Ecuador, (Ecuador) con 18 años de experiencia laboral. Especialista en Medicina Familiar y Comunitaria egresada de la Universidad Técnica de Ambato, (Ecuador). Especialista en Gestión de Proyectos en Salud, adquirido en la Universidad Regional Autónoma de los Andes, (Ecuador). Diploma superior en promoción y prevención de la salud egresada de la Universidad Regional Autónoma de los Andes, (Ecuador).

### Resumen

El objetivo del presente estudio fue analizar el potencial terapéutico de las células madre en la regeneración cutánea, especialmente en el tratamiento de quemaduras, úlceras crónicas y heridas de difícil cicatrización. Se realizó una revisión bibliográfica de literatura científica publicada entre los años 2020 y 2025, utilizando bases de datos médicas con términos relacionados con la regeneración cutánea y la cicatrización. Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión para seleccionar 17 estudios relevantes, priorizando ensayos clínicos, metaanálisis y revisiones sistemáticas, con el fin de evaluar la efectividad y seguridad de las terapias basadas en células madre. Los resultados evidencian que las células madre mesenquimatosas desempeñan un papel crucial en la regeneración de la piel, favoreciendo la formación de nuevos vasos sanguíneos, reduciendo la inflamación y acelerando la cicatrización de tejidos, sin embargo, su aplicación clínica ha mostrado beneficios significativos y desafíos, como su regulación, el riesgo de proliferación descontrolada y su integración segura en los tejidos. Se concluye

que las células madre poseen un alto potencial en medicina regenerativa dermatológica, pero su implementación clínica requiere de protocolos estandarizados y normativas claras, mientras la investigación continúa y el desarrollo de ensayos clínicos rigurosos son fundamentales para garantizar el uso seguro, efectivo y accesible a largo plazo.

**Palabras clave:** Curación de heridas, Medicina regenerativa, Células madre, Cultivos celulares, Terapia celular.

### Abstract

The aim of this study was to analyse the therapeutic potential of stem cells in skin regeneration, especially in the treatment of burns, chronic ulcers and wounds that are difficult to heal. A literature review of scientific literature published between 2020 and 2025 was conducted using medical databases with terms related to skin regeneration and healing. Inclusion and exclusion criteria were applied to select 17 relevant studies, prioritising clinical trials, meta-analyses and systematic reviews, in order to assess the effectiveness and safety of stem

cell-based therapies. The results show that mesenchymal stem cells play a crucial role in skin regeneration, promoting the formation of new blood vessels, reducing inflammation and accelerating tissue healing; however, their clinical application has shown significant benefits and challenges, such as their regulation, the risk of uncontrolled proliferation and their safe integration into tissues. It is concluded that stem cells have high potential in dermatological regenerative medicine, but their clinical implementation requires standardised protocols and clear regulations, while continued research and the development of rigorous clinical trials are essential to ensure their safe, effective and accessible long-term use.

**Keywords: Wound healing, Regenerative medicine, Stem cells, Cell culture, Cell therapy.**

### **Sumário**

O objetivo deste estudo foi analisar o potencial terapêutico das células-tronco na regeneração da pele, especialmente no tratamento de queimaduras, úlceras crônicas e feridas de difícil cicatrização. Foi realizada uma revisão da literatura científica publicada entre 2020 e 2025 usando bancos de dados médicos com termos relacionados à regeneração e cicatrização da pele. Foram aplicados critérios de inclusão e exclusão para selecionar 17 estudos relevantes, priorizando ensaios clínicos, meta-análises e revisões sistemáticas, a fim de avaliar a eficácia e a segurança das terapias baseadas em células-tronco. Os resultados demonstram que as células-tronco mesenquimais desempenham um papel crucial na regeneração da pele, promovendo a formação de novos vasos sanguíneos, reduzindo a inflamação e acelerando a cicatrização dos tecidos; no entanto, sua aplicação clínica tem demonstrado benefícios e desafios significativos, como sua regulamentação, o risco de proliferação descontrolada e sua integração segura aos tecidos. Conclui-se que as células-tronco têm grande potencial na medicina regenerativa dermatológica, mas sua implementação clínica exige protocolos

padronizados e regulamentações claras, enquanto a pesquisa contínua e o desenvolvimento de ensaios clínicos rigorosos são essenciais para garantir seu uso seguro, eficaz e acessível a longo prazo.

**Palavras-chave: Cicatrização de feridas, Medicina regenerativa, Células-tronco, Cultura de células, Terapia celular.**

### **Introducción**

Las células madre se han vuelto esenciales en la medicina regenerativa gracias a su habilidad para autorrenovarse y diferenciarse en diferentes tipos de células, además el ámbito de la dermatología, su uso en la reparación cutánea ha demostrado resultados alentadores en el tratamiento de heridas complejas, quemaduras y úlceras crónicas, dado que pueden regular la inflamación, fomentar la regeneración celular y la angiogénesis. Las células madre mesenquimales y las células pluripotentes inducidas han sido objeto de múltiples estudios para valorar su seguridad y efectividad, no obstante, el incremento de clínicas que proporcionan tratamientos no regulados ha suscitado inquietudes, con casos registrados de efectos secundarios, lo que resalta la importancia de una regulación rigurosa y ensayos clínicos estrictos (Hoang, M., et al. 2022; Wu, S., et al. 2024).

La terapia celular en la medicina regenerativa representa una de las áreas más alentadoras de la ciencia contemporánea, proporcionando opciones novedosas frente a los tratamientos tradicionales, debido a que su influencia a nivel mundial ha facilitado progresos importantes en la restauración de tejidos y órganos, enfatizando principalmente en las enfermedades neurodegenerativas y la diabetes. Las células madre se han utilizado en varias disciplinas médicas, como la dermatología, donde los cultivos de queratinocitos han probado su efectividad en la restauración cutánea en

diferentes situaciones (Wang, K. 2021). Se distinguen debido a que les facilita la participación en la reparación y regeneración de tejidos, su aplicación en terapias celulares teniendo como objetivo modular estimular la regeneración endógena o sustituir células deterioradas para recuperar la función normal de los tejidos. Hasta ahora, los trasplantes de médula ósea continúan siendo el método con células madre más establecido, sin embargo, los progresos en el área continúan progresando, mismos que brindan un futuro alentador para la medicina regenerativa (Aly, M. 2020).

El propósito de este estudio es analizar el papel de las células madre en la reparación cutánea, destacando su potencial terapéutico en la regeneración de la piel tras lesiones graves como quemaduras, heridas crónicas y úlceras. Se explora los mecanismos celulares y moleculares que facilitan este proceso, incluyendo la diferenciación celular, la modulación del microambiente inflamatorio y la estimulación de la angiogénesis, así como las principales fuentes de obtención de células madre, como la médula ósea, el tejido adiposo y el cordón umbilical, a pesar del avance significativo en este campo, siguen existiendo retos importantes como la integración adecuada de las células en el tejido huésped, el riesgo de proliferación celular descontrolada y las posibles respuestas inmunológicas adversas, en este contexto, surge la necesidad de preguntarse: ¿cuál es el verdadero potencial terapéutico de las células madre en la regeneración cutánea de lesiones severas, y cuáles son los principales beneficios, mecanismos de acción y desafíos asociados a su aplicación clínica en dermatología? Para responder a esta interrogante, el presente estudio realiza una revisión crítica de la literatura científica publicada entre 2020 y 2025, enfocándose en los mecanismos celulares

y moleculares implicados, las fuentes más utilizadas, el papel de los biomateriales como andamios, así como las barreras clínicas y regulatorias, esta revisión busca contribuir a la comprensión integral del tema y facilitar el desarrollo de terapias más seguras y eficaces para mejorar la calidad de vida de los pacientes con lesiones dérmicas severas.

### **Materiales y Métodos**

Se realizó una revisión bibliográfica de tipo descriptivo y no experimental con el objetivo de sustentar teórica y científicamente el uso de células madre como estrategia terapéutica en la regeneración cutánea frente a lesiones complejas como quemaduras, heridas crónicas y úlceras, esta investigación se justificó por la necesidad de analizar alternativas innovadoras que mejoren los resultados clínicos en la reparación tisular, promoviendo enfoques regenerativos eficaces y seguros dentro del campo de la dermatología y la medicina regenerativa en bases de datos especializadas en ciencias de la salud y biomedicina, tales como: PubMed, Elsevier, SciELO, Ciencia Latina, Metro Ciencia, Google Académico y Descriptores en Ciencias de la Salud (DeCS). Se emplearon descriptores controlados y términos libres combinados con operadores booleanos para optimizar los resultados, las combinaciones más efectivas fueron:

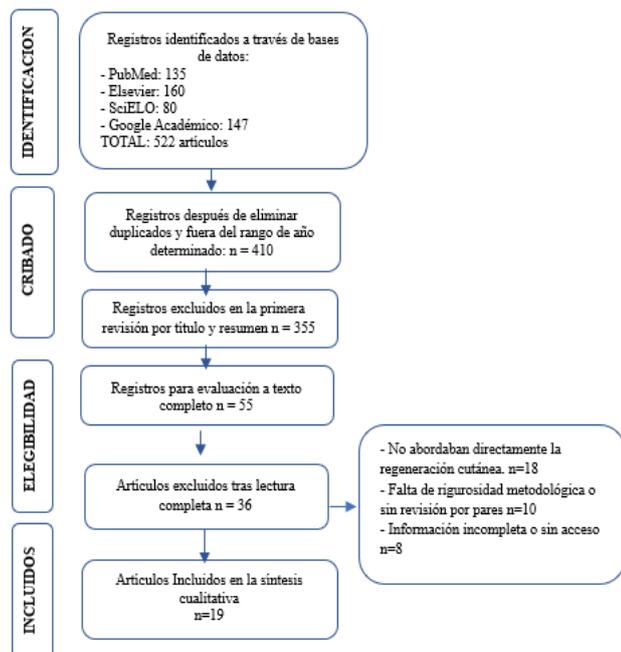
- “Stem cells AND skin regeneration”
- “Wound healing AND tissue engineering”
- “Mesenchymal stem cells AND chronic wounds”
- “Stem cell therapy AND burn injuries”

Se incluyeron artículos científicos publicados entre los años 2020 y 2025, en idiomas español o inglés, que abordaran específicamente el uso de células madre en la regeneración cutánea, incluyendo aplicaciones en heridas crónicas,

quemaduras y úlceras, fueron priorizados estudios con diseños metodológicos rigurosos, tales como ensayos clínicos, estudios observacionales, metaanálisis y revisiones sistemáticas, disponibles en bases de datos científicas especializadas y se excluyeron artículos de opinión, editoriales, cartas al lector, actas de congresos, libros y publicaciones sin revisión por pares, así como aquellos estudios con deficiencias metodológicas, información incompleta o que no trataran directamente la temática de investigación.

La búsqueda inicial arrojó aproximadamente 522 resultados, de los cuales se seleccionaron 19 artículos de mayor relevancia tras la aplicación de filtros, asegurando la inclusión de estudios con información completa y rigurosa sobre el impacto de las células madre en la regeneración cutánea.

**Diagrama 1. Diagrama PRISMA**



**Fuente:** Elaboración propia.

### Desarrollo

La piel es la envoltura externa del cuerpo humano y no presenta interrupciones, ya que en los orificios naturales se convierte

gradualmente en mucosa, es el órgano de mayor extensión, con una superficie aproximada de 2 m<sup>2</sup> y un peso de entre 4 y 5 kg en adultos, lo que equivale cerca del 6% del peso corporal total, cuya función es proteger al cuerpo de factores ambientales, patógenos y mantener el equilibrio hídrico y térmico, además de aislar al organismo del entorno y permite su interacción con este, no obstante, está expuesta constantemente a factores de daño como heridas, quemaduras y el proceso natural de envejecimiento. La capacidad de regeneración de la piel es limitada, y cuando los daños son profundos o crónicos, la reparación puede ser inadecuada o insuficiente, lo que lleva a complicaciones significativas como cicatrices, infecciones o pérdida de funcionalidad (Dorado, G., & Fraile, A. 2021).

Las células madre, especialmente las células mesenquimatosas, se han consolidado como una opción terapéutica esencial en la restauración de la piel gracias a su destacada habilidad para autorrenovarse y diferenciarse en múltiples potencias, estas principalmente se derivan de la médula ósea, sangre periférica y otros tejidos, que poseen la capacidad de agruparse en diversos tipos celulares, lo que les facilita la participación activa en la regeneración de tejidos lesionados, así como su habilidad para diferenciarse. Las células madre tienen importantes efectos paracrinos, como el fomento de la angiogénesis, la prevención de la apoptosis, la regulación de la matriz extracelular y la reducción de la inflamación, lo que simplifica la cicatrización de la piel en casos de heridas complejas, quemaduras y úlceras crónicas. Estas características posibilitan que las células madre no solo participen directamente en la regeneración celular, sino que también incidan en la regulación de la respuesta inmunológica, contribuyendo a reducir los perjuicios y agilizar

el proceso de sanación (Martínez, M., et al. 2021; Villavicencio, A., et al. 2024).

El enfoque de la medicina regenerativa es la restauración de tejidos y órganos lesionados, en este ámbito, las células madre son objeto de investigación por su habilidad para autorrenovarse y transformarse en células especializadas, ya que su capacidad terapéutica se manifiesta en funciones biológicas que realizan en zonas inflamadas o dañadas, como la regulación de células inmunes para disminuir la supervisión inmunológica y prevenir respuestas autoinmunes. Además, liberan moléculas bioactivas que frenan la apoptosis, evitan las cicatrices, restauran la matriz extracelular y promueven la angiogénesis a través de la liberación del factor de crecimiento endotelial vascular (Lombardi, A. 2023).

### **Características de las células madre y su capacidad regenerativa**

Estas son células especializadas por su habilidad única para autorrenovarse y diferenciarse en diversas líneas celulares en la que se encuentran dos grandes grupos: las células madre embrionarias (pluripotentes) y las células madre adultas (multipotentes). En el contexto de la reparación cutánea, las células madre adultas, especialmente las mesenquimatosas y dérmicas, juegan un papel crucial debido a su capacidad de diferenciarse en las células que componen la piel, como los queratinocitos, fibroblastos y melanocitos (Zhang, W., & Huang, X. 2023).

Las células madre mesenquimatosas (MSC), se obtienen de tejidos como la médula ósea, el tejido adiposo, o incluso el cordón umbilical, tienen la capacidad de secretar factores de crecimiento y moléculas bioactivas que regulan la regeneración celular y la inflamación, esta habilidad de modular el microambiente cutáneo

favorece la curación de heridas y mejora la función de la piel lesionada. A su vez, las células madre dérmicas tienen la capacidad de regenerar la dermis y colaborar con las células madre epidérmicas en la restauración de la epidermis, siendo cruciales en la restauración de la estructura cutánea perdida o dañada (Vizoso J., et al. 2023).

### **Aplicaciones de las células madre en la reparación cutánea**

La correcta elección de células madre es esencial para la regeneración integral de la piel, lo que conlleva el reconocimiento, aislamiento y mejora de los protocolos para su plantación en matrices. Las células madre mesenquimatosas (MSC) han demostrado un enorme potencial en la cura de lesiones, potenciando la angiogénesis, disminuyendo la inflamación y promoviendo la regeneración cutánea, mientras que las pluripotentes inducidas y sus exosomas están surgiendo como opciones con gran potencial en el tratamiento de lesiones. En modelos experimentales, se ha comprobado que la aplicación de andamios de seda con MSC es eficaz para fomentar la neoangiogénesis, disminuir la inflamación y potenciar la regeneración epidérmica, a igual que métodos alternativos como la aplicación de apósitos de PVA con células madre procedentes de tejido adiposo han demostrado resultados favorables en la cicatrización de heridas, sobresaliendo por su habilidad para potenciar la adhesión celular y la proliferación en los lugares de la lesión (Rojas, M., et al. 2020).

La terapia de células madre ha sido extensamente estudiada y utilizada para curar varias lesiones cutáneas, tales como quemaduras graves, úlceras por diabetes, heridas crónicas y desórdenes asociados al envejecimiento cutáneo, este tratamiento tiene como objetivo acelerar la regeneración cutánea,

potenciar la calidad de la cicatrización y disminuir la aparición de cicatrices extensas y queloides. Uno de los progresos más destacados en esta área es la aplicación de injertos de piel derivados de células madre, particularmente en pacientes con quemaduras extensas o úlceras que no responden a terapias tradicionales. La fabricación de tejidos mediante ingeniería de células madre posibilita la generación de láminas dérmicas y epidérmicas que pueden ser implantadas en el lugar de la lesión, fomentando de esta manera la regeneración del tejido de la piel, adicionalmente, las mesenquimatosas derivadas de recursos como el tejido adiposo poseen un gran potencial para regenerar la dermis y potenciar la integridad estructural de la piel (Wang, K. 2021).

El uso de factores de crecimiento secretados por las células madre también ha demostrado ser clave en la reparación cutánea, mismas que actúan estimulando la proliferación celular, la angiogénesis (formación de nuevos vasos sanguíneos) y la reducción de la inflamación en el área afectada, de hecho, en estudios recientes se ha observado que las derivadas del cordón umbilical y el tejido adiposo pueden acelerar la cicatrización de heridas crónicas y mejorar el aspecto estético de las cicatrices (Vargas, E. 2022).

### **Tipos de células madre**

#### ➤ ***Células madre embrionarias (CME)***

Se derivan del cigoto en las etapas más tempranas del desarrollo, específicamente entre los días uno y tres posts fertilización, hasta la formación del blastómero (12–16 células), estas células son totipotentes, es decir, poseen la capacidad intrínseca de originar la totalidad de los linajes celulares del organismo, incluyendo tejidos somáticos y extraembrionarios. Su obtención suele realizarse a partir de embriones excedentes de técnicas de fertilización in vitro

(FIV) o mediante transferencia nuclear a ovocitos anucleados y para su mantenimiento in vitro, requieren condiciones altamente especializadas, incluyendo el uso de capas alimentadoras de fibroblastos embrionarios, medios enriquecidos con factores inhibidores de diferenciación, nutrientes esenciales y ambientes controlados con antibióticos, representando así una herramienta prometedora en medicina regenerativa, terapia celular avanzada y modelado de enfermedades humanas, si bien su uso está limitado por implicaciones éticas y regulatorias asociadas al empleo de embriones humanos (Peñañiel, V., et al. 2025).

### ***Ventajas***

Las células madre embrionarias poseen una capacidad de diferenciación excepcional, derivada de su totipotencia, que les permite originar cualquier tipo celular del organismo, lo que las convierte en una herramienta altamente versátil en el campo regenerativo en medicina y la ingeniería tisular. Su potencial terapéutico es amplio, con aplicaciones que abarcan desde la regeneración de tejidos hasta el tratamiento de enfermedades degenerativas, lo que las sitúa como una de las fuentes celulares más prometedoras para el desarrollo de terapias avanzadas (Peñañiel, V., et al. 2025).

### ***Limitaciones***

A pesar de sus propiedades biológicas superiores, el uso de CME implica importantes dilemas éticos, dado que su obtención requiere la destrucción de embriones humanos, esta controversia ha limitado su aceptación y utilización en múltiples contextos clínicos y regulatorios. De la misma manera, su aplicación clínica se ve obstaculizada por el riesgo de rechazo inmunológico, particularmente en trasplantes alogénicos, a ello se suma el elevado costo de su obtención, cultivo y mantenimiento,

lo que restringe su disponibilidad a contextos altamente especializados y con recursos avanzados (Peñañiel, V., et al. 2025; Wang, K. 2021).

➤ ***Células madre mesenquimales (CMM)***

Son pluripotentes restringidas, con capacidad para diferenciarse en múltiples tipos celulares del linaje mesodérmico, tales como osteoblastos, condrocitos y adipocitos, pueden obtenerse tanto en etapas embrionarias o a partir de tejidos adultos como la médula ósea, el tejido adiposo, el cartílago o el cordón umbilical. La obtención de CMM es relativamente accesible y poco invasiva, lo que ha favorecido su uso en investigación y aplicaciones clínicas. Su cultivo se realiza en condiciones similares a las CME, aunque con menores requerimientos técnicos, utilizando medios suplementados con factores de crecimiento y fibroblastos, lo que ha demostrado que son útiles en la medicina regenerativa, con aplicaciones en reparación tisular, enfermedades autoinmunes y procedimientos estéticos, debido a sus propiedades inmunomoduladoras y de regeneración dirigida (Vargas, E. 2022).

***Ventajas***

Las células madre mesenquimales presentan una baja inmunogenicidad, lo que disminuye significativamente el riesgo de rechazo por parte del receptor permitiendo su uso en terapias celulares alogénicas con menor necesidad de inmunosupresión, son fácilmente obtenibles a partir de múltiples fuentes, incluyendo médula ósea, tejido adiposo y sangre del cordón umbilical, lo que facilita su disponibilidad. También presentan una capacidad adecuada de expansión in vitro, lo que permite obtener poblaciones celulares suficientes para su aplicación clínica sin comprometer sus propiedades funcionales (Peñañiel, V., et al. 2025).

***Limitaciones***

El potencial de diferenciación de las CMM es más limitado en comparación con las CME, ya que su pluripotencialidad se restringe principalmente a linajes mesodérmicos, otro aspecto limitante es la disminución de su frecuencia y funcionalidad con el envejecimiento del donante, lo cual podría afectar la eficacia terapéutica en determinadas poblaciones, su uso puede no ser adecuado para regenerar tejidos derivados de capas germinativas distintas al mesodermo (Peñañiel, V., et al. 2025).

➤ ***Células somáticas diferenciadas***

Son células unipotentes y no presentan capacidad de diferenciación, lo que restringe su plasticidad biológica, provienen de tejidos ya formados en organismos adultos y se caracterizan por poseer un fenotipo especializado y funcionalmente definido. Su obtención es directa a partir de tejidos maduros, sin necesidad de manipulación genética ni procesos de inducción celular, y no requieren condiciones de cultivo complejas, ya que no se autorrenuevan ni presentan actividad proliferativa sostenida, sin embargo, su especificidad funcional las convierte en herramientas útiles para estrategias de injerto celular, terapias localizadas y reemplazo tisular puntual, siendo de particular interés en campos como la ingeniería tisular dirigida o la medicina personalizada (Peñañiel, V., et al. 2025).

***Ventajas***

Las células somáticas diferenciadas son relativamente accesibles, ya que pueden ser obtenidas mediante procedimientos sencillos y con bajo riesgo para el paciente, presentando así una función biológica especializada, convirtiéndolas en candidatas útiles para estudios funcionales específicos o para aplicaciones clínicas orientadas a funciones

celulares concretas (Cases, O., et al. 2022; Wang, K. 2021).

### ***Limitaciones***

Carecen de capacidad de autorrenovación y no poseen pluripotencialidad, lo que limita severamente su utilidad en terapias regenerativas y su capacidad para generar distintos tipos celulares. Además, su uso en contextos de trasplante conlleva un riesgo elevado de rechazo inmunológico, especialmente cuando provienen de un donante distinto al receptor, lo que requiere la implementación de estrategias inmunomoduladoras para evitar complicaciones (Peñañiel, V., et al. 2025).

### **Desafíos y riesgos en la terapia con células madre para la reparación cutánea**

Su uso en el tratamiento de quemaduras graves, úlceras crónicas y lesiones en la piel ha demostrado ser una alternativa alentadora, gracias a su habilidad para regenerar la dermis y epidermis. Sin embargo, persisten retos importantes, tales como la adquisición controlada y su incorporación funcional en el tejido receptor, junto con un peligro de proliferación descontrolada y la creación de tumores, en particular con células pluripotentes inducidas y embrionarias (Wang, K. 2021). Además, la inmunogenicidad de las células madre presenta desafíos de rechazo, incluso con células autólogas, debido a mutaciones obtenidas durante la reprogramación, estos retos demandan la aplicación de inmunosupresores, lo que aumenta la probabilidad de infecciones y efectos secundarios, pese a estos desafíos, la terapia sigue siendo una alternativa con gran potencial, con progresos en la mejora de su seguridad y efectividad (Salazar, B. 2024; Mazini, L., et al. 2020).

### ***Obtención y expansión controlada***

Uno de los principales retos en la aplicación clínica de las células madre es la capacidad de cultivarlas en grandes cantidades sin comprometer su viabilidad ni su potencial de diferenciación, este proceso requiere condiciones estrictamente controladas que mantengan el microambiente celular, incluyendo factores de crecimiento, condiciones fisicoquímicas y características del sustrato. La pérdida de pluripotencialidad o de capacidad de autorrenovación durante la expansión in vitro compromete su eficacia terapéutica, además de aumentar el riesgo de diferenciación espontánea y heterogénea, por ende, es fundamental el desarrollo de protocolos estandarizados que garanticen la expansión clonal eficiente y segura (Li, J., et al. 2024).

### ***Integración en el tejido receptor***

La integración funcional de las células madre en el tejido receptor constituye otro desafío crítico en medicina regenerativa, y para lograr un efecto terapéutico efectivo, las células deben ser capaces de migrar, sobrevivir, diferenciarse de manera dirigida y establecer conexiones funcionales con el microambiente del tejido dañado. Esta integración requiere no solo una compatibilidad estructural y bioquímica, sino también una sincronización con las señales moleculares del entorno receptor, donde la falta de integración adecuada puede resultar en una escasa eficacia regenerativa e incluso en la formación de estructuras aberrantes o disfuncionales (Roberto, L., et al. 2021).

### ***Proliferación descontrolada***

El riesgo de proliferación celular desregulada es una de las preocupaciones más importantes en el uso de células madre, especialmente con células madre embrionarias y células madre pluripotentes inducidas (iPSCs), ya que poseen un alto potencial proliferativo que, en

condiciones inadecuadas, pueden dar lugar a la formación de teratomas o tumores malignos. Este fenómeno representa un obstáculo significativo para su implementación clínica, ya que implica riesgos oncológicos potenciales, por lo tanto, es esencial incorporar mecanismos de control genético y monitoreo riguroso durante y después de la administración celular, así como validar exhaustivamente la pureza y estabilidad de los cultivos celulares utilizados (Li, J., et al. 2024).

### ***Inmunogenicidad y rechazo***

La respuesta inmunológica del huésped frente a células madre representa un desafío complejo y multifactorial, las células madre alogénicas pueden ser reconocidas como extrañas por el sistema inmunitario del receptor, lo que provoca su rechazo y reduce la eficacia del tratamiento. Por otro lado, incluso las iPSCs autólogas pueden desencadenar respuestas inmunitarias indeseadas, debido a alteraciones genéticas adquiridas durante la reprogramación o el cultivo prolongado, esto pone de manifiesto la necesidad de avanzar en estrategias de edición genética, encapsulación celular o modificación inmunológica para reducir la inmunogenicidad sin comprometer la funcionalidad terapéutica de las células administradas (Salazar, B. 2024).

### ***Riesgo de infecciones y efectos adversos***

El empleo de inmunosupresores para evitar el rechazo celular conlleva un aumento del riesgo de infecciones oportunistas, así como de otros efectos adversos en los pacientes. La inmunosupresión prolongada puede alterar profundamente el equilibrio inmunológico, favoreciendo la aparición de infecciones fúngicas, virales y bacterianas, además de incrementar la susceptibilidad a procesos neoplásicos, en este sentido, es imprescindible desarrollar enfoques terapéuticos que minimicen la necesidad de inmunosupresión,

tales como el uso de células autólogas modificadas, biomateriales inmunomoduladores o sistemas de administración local controlada (Salazar, B. 2024).

La seguridad a largo plazo es también una preocupación relevante, ya que existe el riesgo de que las células madre puedan dar lugar a formaciones tumorales si no se controlan adecuadamente. Aunque los estudios en humanos han mostrado resultados prometedores, la eficacia y seguridad de estas terapias deben ser evaluadas en ensayos clínicos más amplios y con seguimiento a largo plazo (Li, J., et al. 2024).

### **Conclusiones**

La regeneración cutánea mediante la terapia con células madre se presenta como uno de los retos más alentadoras de la medicina regenerativa, particularmente en el tratamiento de afecciones cutáneas complejas como quemaduras, úlceras crónicas y desórdenes asociados al envejecimiento. Las células madre mesenquimatosas, por su habilidad para autorrenovarse y diferenciarse en diferentes tipos celulares, se destacan como un instrumento esencial para recuperar la integridad estructural y funcional de la piel, su capacidad para alterar la inflamación, impulsar la angiogénesis y potenciar la regeneración epidérmica y dérmica, presenta nuevas oportunidades para pacientes que no responden a los tratamientos tradicionales. No obstante, el camino hacia su implementación clínica amplia no está libre de obstáculos, donde la adquisición controlada de células madre, para su efectiva incorporación en los tejidos afectados y minimizar los riesgos de proliferación descontrolada, necesita un enfoque estricto en términos de seguridad y regulación. Pese a estos desafíos, los progresos en la optimización de

protocolos de cultivo, la manipulación genética y el entendimiento de sus interacciones en el microambiente de la piel son etapas cruciales para consolidar estas terapias como una alternativa factible y eficiente.

Además, las células madre brindan un futuro prometedor para la regeneración de la piel, sin embargo, su uso clínico exitoso dependerá de superar los desafíos técnicos y éticos que todavía subsisten, por lo que es esencial la investigación constante para asegurar que sus ventajas excedan los riesgos y para garantizar tratamientos seguros eficaces y asequibles a largo plazo.

### **Referencias Bibliográficas**

Aly, M. (2020). Current state of stem cell-based therapies: an overview. *Stem cell investigation*, 7, 8.  
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7367472/>

Cases, O., Blanco, C., Martín, Á., Alaminos, M., Garzón, I., Cases, O., Blanco, C., Martín, Á., Alaminos, M., & Garzón, I. (2022). Efecto del uso de secretoma de células madre mesenquimales sobre heridas cutáneas. Análisis comparativo in vitro e in vivo de tres tipos de secretoma. *SciELO.isciii.es*.  
<https://doi.org/10.4321/s0376-78922022000400003>

Dorado, G., & Fraile, A. (2021). Anatomía y fisiología de la piel. *Pediatr. Integral*, 24(156), e1-156.  
[https://pediatriaintegral.es/wp-content/uploads/2021/xxv03/07/n3-156e1-13\\_RB\\_JesusGarcia.pdf](https://pediatriaintegral.es/wp-content/uploads/2021/xxv03/07/n3-156e1-13_RB_JesusGarcia.pdf)

Hoang, M., Pham, T., Bach, Q., Ngo, L., Nguyen, T., Phan, K., Nguyen, H., Le, T., Hoang, T., Forsyth, R., Heke, M., & Nguyen, T. (2022). Stem cell-based therapy for human diseases. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 7(1).

<https://doi.org/10.1038/s41392-022-01134-4>

Li, J., Liu, Y., Zhang, R., Yang, Q., Xiong, W., He, Y., & Ye, Q. (2024). Insights into the role of mesenchymal stem cells in cutaneous medical aesthetics: from basics to clinics. *Stem Cell Research & Therapy*, 15(1).  
<https://doi.org/10.1186/s13287-024-03774-5>

Lombardi, A. (2023). Efecto de la expresión de SPARC en células madre mesenquimales y análisis de su potencial para la generación de heridas (Registro nro. 101982).  
<https://repositorio.fleni.org.ar/handle/123456789/1061>

Martínez, M., Vergara, D., & Herrera, L. (2021). Células Madre Mesenquimatosas y sus diferentes usos. *Ciencia y Salud*, 5(2), 45-55.  
<https://revistas.intec.edu.do/index.php/cisa/article/view/2211>

Mazini, L., Rochette, L., Admou, B., Amal, S., & Malka, G. (2020). Hopes and Limits of Adipose-Derived Stem Cells (ADSCs) and Mesenchymal stem cells (MSCs) in wound healing. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(4), 1306.  
<https://doi.org/10.3390/ijms21041306>

Roberto, L., Mercês, D., Azevedo, V., & Lopes, J. (2021). Carga de los cuidadores familiares de niños y adolescentes tras un trasplante inmediato de células madre hematopoyéticas. *Enfermería Global*, 20(1), 234-266.  
<https://doi.org/10.6018/eglobal.426751>

Rojas, M., Solera, D., Herrera, C., & Vega-Baudrit, R. (2020). Regeneración del órgano cutáneo mediante ingeniería de tejidos. *Momento*, 60, 67-95.  
<https://doi.org/10.15446/mo.n60.82752>

Ruiz, F. (2021). Orígenes de la medicina regenerativa. *El Especialista*.  
<https://www.regmedaustria.org/images/Allg>

[.Infos Literatur/Literature-4-  
ParaHispanoparlantes-  
OrgenesDeLaMedicinaRegenerativa.pdf](#)

- Salazar, B. (2024). Avances de la medicina regenerativa, revisión de las investigaciones recientes en células madre. *Horizon Nexus Journal*, 2(1), 46-61. <https://doi.org/10.70881/hnj/v2/n1/33>
- Vargas, E. (2022). Evaluación del potencial angiogénico de medios condicionados obtenidos de células madre mesenquimales derivadas de tejido adiposo cultivadas en un sistema dinámico en la curación de heridas cutáneas. Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/82294>
- Peñafiel, V., Castillo, E., Ortiz, F., Vivanco-Arias, C., & Vinuesa, A. (2025). Cultivo y terapia celular: tecnología aplicable en la biomedicina actual y futura. *Metro Ciencia*, 33(1), 60-70.. <https://www.revistametrociencia.com.ec/index.php/revista/article/view/717>
- Villavicencio, A., Cervantes, A., Villavicencio, J., Velasco, G., Santafe, C., & Chérrez, N. (2024). Curación de Heridas con Utilización de Células Madre Mesenquimales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 2912-2924. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i5.13750](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13750)
- Vizoso, J., Costa, A., & Eiro, N. (2023). Nueva era de la medicina basada en las células madre mesenquimales: bases, retos y perspectivas. *Revista Clínica Española*, 223(10), 619-628. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0014256523001881>
- Wang, K., Yang, Z., Zhang, B., Gong, S., & Wu, Y. (2024). Adipose-Derived Stem Cell Exosomes Facilitate Diabetic Wound Healing: Mechanisms and Potential Applications. *International journal of*

*nanomedicine*, 19, 6015–6033.

<https://doi.org/10.2147/IJN.S466034>

Wu, S., Sun, S., Fu, W., Yang, Z., Yao, H., & Zhang, Z. (2024). The role and prospects of mesenchymal stem cells in skin repair and regeneration. *Biomedicine*, 12(4), 743.

<https://www.mdpi.com/2227-9059/12/4/743>

Zhang, W., & Huang, X. (2023). Stem cell-based drug delivery strategy for skin regeneration and wound healing: potential clinical applications. *Inflammation and Regeneration*, 43(1).

[https://doi.org/10.1186/s41232-023-00287-](https://doi.org/10.1186/s41232-023-00287-1)

[1](#)



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Héctor Enrique Lana Saavedra, Andrea Alejandra Valle Lozada, Juan Carlos Villamarín Peña y Katherine Elizabeth Garcés Jeréz.

