

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2025,  
Volumen 9, Número 3.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i1](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1)

# **APLICACIÓN DE CÉLULAS MADRE EN CIRUGÍA PLÁSTICA REGENERATIVA: ESTADO DEL ARTE Y DESAFÍOS ÉTICOS**

**APPLICATION OF STEM CELLS IN REGENERATIVE  
PLASTIC SURGERY: STATE OF THE ART AND ETHICAL  
CHALLENGES**

**Ricardo José Duarte Gómez**

Médico cirujano, Universidad el Bosque

**Natalia Alejandra Fajardo Castillo**

Médica cirujana, Universidad el Bosque

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i3.17665](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i3.17665)

## Aplicación de células madre en cirugía plástica regenerativa: estado del arte y desafíos éticos

**Ricardo José Duarte Gómez<sup>1</sup>**[rduarteg@unbosque.edu.co](mailto:rduarteg@unbosque.edu.co)<https://orcid.org/0009-0001-7390-1702>Médico cirujano, Universidad el Bosque  
Bogotá D.C, Colombia**Natalia Alejandra Fajardo Castillo**[nfajardoc@unbosque.edu.co](mailto:nfajardoc@unbosque.edu.co)<https://orcid.org/0009-0000-3073-8573>Médica cirujana, Universidad el Bosque  
Bogotá D.C, Colombia

### RESUMEN

El presente artículo de revisión tiene como objetivo analizar el estado actual del uso de células madre en la cirugía plástica regenerativa, así como identificar los principales desafíos éticos asociados a su aplicación clínica. Se empleó la metodología PRISMA para la selección y análisis de fuentes, revisando sistemáticamente artículos científicos publicados entre 2015 y 2024 en bases de datos como PubMed, Scopus y ScienceDirect. Tras aplicar criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron 25 estudios que abordan aspectos biotecnológicos, clínicos y éticos del uso de células madre, en particular las derivadas del tejido adiposo. Los hallazgos indican que estas células han demostrado un alto potencial regenerativo en procedimientos como la reconstrucción mamaria, tratamiento de quemaduras y regeneración facial. Sin embargo, su aplicación sigue enfrentando barreras regulatorias, dilemas bioéticos y la necesidad de mayores evidencias clínicas de largo plazo. Asimismo, se destaca la importancia de avanzar hacia protocolos estandarizados, con una visión interdisciplinaria que integre los principios éticos en el desarrollo de terapias innovadoras. Se concluye que, aunque prometedor, el uso de células madre en cirugía plástica regenerativa requiere aún consolidación científica y ética para su implementación segura y equitativa.

**Palabras claves:** células madre, cirugía plástica regenerativa, ética biomédica

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [rduarteg@unbosque.edu.co](mailto:rduarteg@unbosque.edu.co)

# Application of stem cells in regenerative plastic surgery: state of the art and ethical challenges

## ABSTRACT

This review article aims to analyze the current state of the use of stem cells in regenerative plastic surgery, as well as to identify the main ethical challenges associated with their clinical application. The PRISMA methodology was employed for the selection and analysis of sources, systematically reviewing scientific articles published between 2015 and 2024 in databases such as PubMed, Scopus, and ScienceDirect. After applying inclusion and exclusion criteria, 25 studies were selected that address biotechnological, clinical, and ethical aspects of stem cell use, particularly those derived from adipose tissue. The findings indicate that these cells have shown high regenerative potential in procedures such as breast reconstruction, burn treatment, and facial regeneration. However, their application continues to face regulatory barriers, bioethical dilemmas, and the need for more long-term clinical evidence. Moreover, the importance of advancing toward standardized protocols with an interdisciplinary approach that integrates ethical principles in the development of innovative therapies is emphasized. It is concluded that, although promising, the use of stem cells in regenerative plastic surgery still requires scientific and ethical consolidation for safe and equitable implementation.

**Keywords:** stem cells, regenerative plastic surgery, biomedical ethics

*Artículo recibido 15 abril 2025*

*Aceptado para publicación: 15 mayo 2025*



## INTRODUCCIÓN

La cirugía plástica regenerativa ha experimentado un notable avance gracias al desarrollo de tecnologías biomédicas innovadoras, entre las que destaca el uso de células madre como herramienta terapéutica. Esta técnica emergente promete revolucionar los procedimientos reconstructivos al ofrecer soluciones biológicas capaces de restaurar, mantener o mejorar la función de los tejidos dañados. Las células madre, por su capacidad de autorrenovación y diferenciación en múltiples linajes celulares, se presentan como una alternativa prometedora frente a las técnicas quirúrgicas convencionales (González-Cruz & Darling, 2013). La aplicación de estos elementos celulares no solo potencia la regeneración tisular, sino que también plantea nuevas posibilidades en la reconstrucción estética y funcional de tejidos blandos, cartílago y hueso, lo que ha generado un creciente interés entre cirujanos plásticos y bioeticistas.

El campo de la medicina regenerativa se basa en el principio fundamental de utilizar el propio potencial biológico del organismo para curarse, y en ese sentido, las células madre han demostrado tener un papel central. En cirugía plástica, estas células se obtienen principalmente de tejidos adiposos, médula ósea y sangre periférica, siendo las células madre mesenquimales (CMM) las más estudiadas por su accesibilidad y perfil inmunomodulador (Wang et al., 2020). La posibilidad de utilizarlas para regenerar estructuras dañadas ha abierto un nuevo paradigma clínico que trasciende los enfoques quirúrgicos tradicionales, permitiendo el diseño de tratamientos personalizados y menos invasivos, lo que podría traducirse en una recuperación más rápida y una reducción de complicaciones postoperatorias (Borlongan et al., 2010).

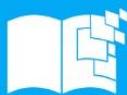
Sin embargo, a pesar del entusiasmo inicial, la implementación clínica de estas terapias con células madre en cirugía plástica regenerativa sigue enfrentando importantes retos técnicos, regulatorios y éticos. A nivel científico, persisten interrogantes sobre la seguridad a largo plazo, el potencial oncogénico y la estandarización de protocolos de aislamiento, cultivo y diferenciación celular (Sipp et al., 2018). Además, el panorama legal y bioético es particularmente complejo, ya que involucra temas como el consentimiento informado, la comercialización de tejidos humanos y la equidad en el acceso a estas terapias avanzadas. Este entramado de cuestiones exige una revisión sistemática y crítica de la literatura existente, con el fin de esclarecer el estado actual del arte y las implicaciones morales asociadas a su práctica.



Diversos estudios han reportado resultados prometedores en la utilización de células madre en procedimientos como la reconstrucción mamaria postmastectomía, el tratamiento de úlceras crónicas, quemaduras extensas y la regeneración facial postraumática (Yoshimura et al., 2008; Gentile et al., 2015). En estos contextos, las células madre derivadas del tejido adiposo (ADSCs, por sus siglas en inglés) han cobrado especial relevancia, dado su alto rendimiento, mínima morbilidad en el sitio de obtención y su capacidad para diferenciarse en múltiples líneas celulares relevantes para la cirugía plástica. Asimismo, su secreción de factores de crecimiento y citoquinas favorece la angiogénesis y la modulación de la respuesta inflamatoria, dos aspectos clave en la regeneración tisular (Zuk et al., 2002). La integración de biomateriales y andamios bioactivos ha sido otro avance determinante en el perfeccionamiento de terapias regenerativas con células madre. Esta sinergia entre biotecnología e ingeniería tisular permite crear microambientes adecuados para el crecimiento y diferenciación celular, imitando las condiciones fisiológicas *in vivo* y mejorando la integración con los tejidos receptores (Murphy et al., 2013). Estas estrategias, además de aumentar la eficacia del tratamiento, contribuyen a disminuir la posibilidad de efectos secundarios adversos y a optimizar los resultados estéticos y funcionales, lo que es especialmente relevante en cirugía plástica, donde la simetría, la textura y la apariencia del tejido regenerado son de suma importancia.

Desde una perspectiva clínica, la principal ventaja de las terapias celulares radica en su potencial para reemplazar o complementar injertos autólogos o alogénicos, los cuales presentan limitaciones importantes como la morbilidad del sitio donante, el rechazo inmunológico y la disponibilidad limitada de tejidos compatibles (Alessandri et al., 2004). De esta manera, el uso de células madre podría significar una mejora sustancial en términos de eficacia, seguridad y calidad de vida para los pacientes. Sin embargo, su aplicación debe ser cuidadosamente evaluada bajo ensayos clínicos bien diseñados, que garanticen la reproducibilidad y la validez de los resultados, lo cual aún representa un desafío importante en el panorama científico actual (Marks et al., 2010).

El debate ético en torno a la utilización de células madre en cirugía plástica se intensifica cuando se consideran los orígenes celulares. Aunque las CMM y las ADSCs se obtienen de adultos, aún persisten controversias en cuanto a su manipulación *ex vivo*, la posibilidad de ingeniería genética y los límites de la intervención médica en el cuerpo humano. La línea entre lo terapéutico y lo estético puede ser difusa,



y esto plantea interrogantes sobre la legitimidad de ciertas aplicaciones con fines meramente cosméticos, especialmente en contextos donde la demanda de procedimientos estéticos ha aumentado exponencialmente (Hyun, 2010). Además, existe preocupación respecto al turismo médico y al uso no regulado de terapias celulares en clínicas privadas que ofrecen tratamientos experimentales sin evidencia científica suficiente, exponiendo a los pacientes a riesgos considerables (Turner, 2018).

En este sentido, organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la International Society for Stem Cell Research (ISSCR) han instado a establecer marcos regulatorios más estrictos que velen por la seguridad de los pacientes y promuevan una práctica médica basada en la evidencia. Asimismo, se subraya la importancia de la ética de la investigación, especialmente en lo que respecta a la obtención de células madre, la transparencia en la comunicación de resultados y la protección de los derechos de los sujetos participantes (Lo & Parham, 2009). La educación médica continua y la participación de comités de bioética interdisciplinarios son fundamentales para garantizar una aplicación responsable y equitativa de estas innovaciones.

Otra dimensión relevante del debate ético es el acceso equitativo a las terapias con células madre. La alta especialización y el costo elevado de estos procedimientos limitan su disponibilidad a centros médicos de élite, lo que puede agravar las desigualdades en el sistema de salud. El principio de justicia distributiva exige que los beneficios del progreso científico sean compartidos equitativamente, y esto plantea la necesidad de políticas públicas que subsidien o regulen el acceso a tecnologías médicas avanzadas (Kimmelman, 2007). En consecuencia, la investigación futura no solo debe centrarse en mejorar la eficacia y la seguridad de las terapias celulares, sino también en desarrollar modelos de implementación que promuevan la equidad y la sostenibilidad del sistema sanitario.

La aceptación social de las terapias con células madre también representa un factor crucial para su desarrollo e integración clínica. La percepción pública, moldeada por factores culturales, religiosos y mediáticos, influye en la decisión de los pacientes y en el respaldo institucional a la investigación. Estudios recientes han mostrado una actitud positiva hacia el uso de células madre adultas en contextos terapéuticos, pero persisten reservas en torno a su utilización con fines estéticos o experimentales (Master & Resnik, 2013). En este marco, la comunicación científica efectiva y la transparencia ética son herramientas esenciales para fortalecer la confianza pública y fomentar un diálogo social informado.



Este artículo de revisión tiene como objetivo principal analizar el estado actual del uso de células madre en la cirugía plástica regenerativa, identificando los avances más significativos, las limitaciones científicas y los desafíos éticos que enfrenta su implementación. A través de una revisión sistemática de la literatura científica, se pretende ofrecer un panorama actualizado que oriente tanto a profesionales de la salud como a formuladores de políticas y bioeticistas, promoviendo un enfoque integral que combine la innovación biomédica con los principios fundamentales de la ética médica.

En los apartados siguientes se abordarán en profundidad los tipos de células madre utilizadas, las técnicas de recolección y aplicación, los resultados clínicos reportados, así como los aspectos normativos y bioéticos asociados a su uso. Este enfoque permitirá comprender no solo los beneficios y riesgos de esta tecnología emergente, sino también los marcos éticos y sociales que deben acompañar su desarrollo. El estudio contribuirá a establecer recomendaciones para una práctica clínica segura, ética y basada en evidencia en el ámbito de la cirugía plástica regenerativa.

### **Contexto y Relevancia del Estudio**

En las últimas décadas, los avances en biotecnología y medicina regenerativa han redefinido los límites de la cirugía plástica, permitiendo abordar lesiones complejas con enfoques más biocompatibles y menos invasivos. Uno de los desarrollos más prometedores en este campo es la aplicación de células madre, particularmente las células madre mesenquimales (CMM), por su capacidad para regenerar tejidos dañados, modular la respuesta inmunitaria y promover la angiogénesis (Squillaro, Peluso, & Galderisi, 2016). Estas propiedades convierten a las células madre en una herramienta revolucionaria para el tratamiento de defectos congénitos, heridas crónicas, quemaduras severas y reconstrucciones postoncológicas.

La cirugía plástica regenerativa no solo busca la restauración funcional, sino también la recuperación estética del paciente, por lo que el uso de terapias celulares debe ser evaluado desde múltiples perspectivas. La investigación científica ha demostrado resultados alentadores en modelos animales y ensayos clínicos preliminares, particularmente en aplicaciones como la reconstrucción mamaria, la regeneración de tejidos faciales y el tratamiento de úlceras cutáneas (Gentile, Scioli, Orlandi, & Cervelli, 2015). Sin embargo, aún existen desafíos significativos en cuanto a la estandarización de protocolos, la validación de resultados clínicos y la regulación de estas terapias.



En este escenario, el estudio cobra relevancia no solo por el impacto potencial en la calidad de vida de los pacientes, sino también por las implicaciones éticas, sociales y legales que acompañan a estas tecnologías emergentes. En especial, se torna crucial abordar los límites entre lo terapéutico y lo estético, así como garantizar prácticas médicas seguras y equitativas. La revisión del estado actual del arte, junto con una reflexión crítica sobre los dilemas éticos, permitirá ofrecer un panorama integral y contribuir a la formulación de políticas y guías clínicas basadas en la evidencia.

El análisis propuesto es oportuno y necesario, considerando la rápida expansión del uso de células madre en contextos médicos y estéticos. Además, responde a la necesidad de establecer marcos normativos que regulen la innovación biomédica desde un enfoque centrado en el respeto a los derechos humanos, la equidad y la bioseguridad (Sipp, Robey, & Turner, 2018).

### **Fundamentación Teórica**

La base teórica de la aplicación de células madre en cirugía plástica se sustenta en los principios de la medicina regenerativa, un campo que integra conocimientos de biología celular, ingeniería de tejidos y terapias avanzadas. Las células madre son definidas como células indiferenciadas con capacidad de autorrenovación y potencial para diferenciarse en múltiples linajes celulares (Zakrzewski, Van den Brink, & Hubbell, 2014). Entre las más relevantes para la cirugía plástica se encuentran las células madre mesenquimales (CMM), derivadas de médula ósea, tejido adiposo y cordón umbilical, y las células madre inducidas pluripotentes (iPSC), reprogramadas genéticamente para adquirir un estado pluripotente similar al de las células embrionarias (Takahashi & Yamanaka, 2016).

En el contexto de la cirugía plástica, las CMM del tejido adiposo (ADSCs) son especialmente atractivas debido a su abundancia, facilidad de obtención mediante liposucción, baja inmunogenicidad y su capacidad para secretar factores tróficos que promueven la regeneración tisular (Zuk et al., 2002). Estas células han demostrado eficacia en estudios preclínicos y clínicos al favorecer la neovascularización, la proliferación celular y la síntesis de matriz extracelular, todos procesos esenciales para la cicatrización y regeneración cutánea (Mazini et al., 2019).

Asimismo, la ingeniería de tejidos ha sido fundamental para potenciar las aplicaciones terapéuticas de las células madre. Esta disciplina utiliza andamios biocompatibles y biomateriales diseñados para crear microambientes que favorezcan el crecimiento celular y la integración con el tejido receptor (Murphy



et al., 2013). La combinación de células madre con biomateriales tridimensionales ha permitido el desarrollo de injertos personalizados, capaces de imitar las propiedades biomecánicas y funcionales de los tejidos originales.

Desde un punto de vista clínico, la aplicación de células madre en cirugía plástica ha demostrado beneficios en procedimientos como la reconstrucción mamaria postmastectomía, la regeneración de tejidos faciales después de trauma o cirugía oncológica, y el tratamiento de úlceras crónicas o quemaduras (Yoshimura et al., 2008). En todos estos casos, las terapias celulares no solo mejoran los resultados funcionales, sino también la apariencia estética, lo que tiene un impacto significativo en la autoestima y la calidad de vida del paciente.

Sin embargo, la incorporación de estas terapias en la práctica clínica enfrenta obstáculos técnicos y éticos. A nivel técnico, aún se debate sobre el número óptimo de células necesarias, la vía de administración, los controles de calidad durante el cultivo celular y la posibilidad de mutaciones o transformaciones oncogénicas (Sipp et al., 2018). Además, existen retos en la estandarización de los protocolos clínicos, lo que dificulta la comparación de resultados entre estudios y la elaboración de guías clínicas basadas en evidencia sólida.

En términos éticos, el uso de células madre plantea interrogantes sobre la manipulación biológica del cuerpo humano, especialmente en aplicaciones con fines estéticos. También se cuestiona la equidad en el acceso a estas terapias, dado su alto costo y limitada disponibilidad, así como la transparencia en la obtención del consentimiento informado de los pacientes, que muchas veces desconocen el carácter experimental de los procedimientos ofrecidos en clínicas privadas (Turner, 2018). Por ello, se requiere una fundamentación ética sólida que guíe la aplicación responsable de estas tecnologías en contextos clínicos.

### **Problemática**

Pese al notable avance científico en torno a la aplicación de células madre en cirugía plástica regenerativa, su incorporación generalizada enfrenta importantes desafíos que afectan su eficacia, seguridad, regulación y aceptación social. Uno de los principales problemas radica en la falta de estandarización de los protocolos de obtención, procesamiento y aplicación de las células madre. Esta



variabilidad metodológica genera inconsistencias en los resultados clínicos, dificultando la comparación entre estudios y obstaculizando la validación científica de su eficacia terapéutica (Marks et al., 2010). Además, existen preocupaciones significativas sobre los posibles efectos adversos de estas terapias, especialmente en lo que respecta al riesgo de proliferación celular descontrolada y potencial oncogénico. Aunque los estudios clínicos disponibles han mostrado un perfil de seguridad favorable en el corto plazo, aún se carece de evidencia concluyente sobre su seguridad a largo plazo (Trounson & McDonald, 2015). Esto se agrava por el uso prematuro y no regulado de terapias celulares en entornos clínicos comerciales, donde muchas veces se promocionan tratamientos sin respaldo científico suficiente, lo que pone en riesgo la salud de los pacientes.

En este contexto, surge otra problemática crítica: la falta de regulación y supervisión por parte de las autoridades sanitarias. En muchos países, las terapias con células madre se ofrecen en clínicas privadas como tratamientos innovadores o cosméticos, eludiendo los controles clínicos exigidos para medicamentos y dispositivos médicos (Sipp et al., 2018). Esta situación crea un mercado gris que favorece el turismo médico y la desinformación, afectando la confianza del público en la medicina regenerativa y exponiendo a los pacientes a intervenciones sin base científica ni ética.

A nivel ético, la aplicación de células madre en cirugía plástica plantea desafíos que van más allá de la biocompatibilidad. La distinción entre procedimientos terapéuticos y estéticos es difusa, y muchas de las aplicaciones actuales buscan mejorar la apariencia más que curar enfermedades. Esto genera tensiones en torno al uso de recursos biomédicos con fines no esenciales, así como en la legitimidad de intervenir el cuerpo humano con tecnologías que modifican su morfología de manera artificial (Hyun, 2010). Además, el alto costo de estas terapias limita su accesibilidad, lo que plantea problemas de equidad y justicia distributiva.

El consentimiento informado es otra dimensión crítica de la problemática. Numerosos estudios han demostrado que los pacientes no siempre comprenden los riesgos, beneficios y limitaciones de las terapias con células madre, especialmente cuando se presentan como "naturales", "personalizadas" o "sin efectos secundarios" (Master & Resnik, 2013). Esta falta de información clara y veraz vulnera los principios de autonomía y transparencia, pilares fundamentales de la bioética médica.



Finalmente, se debe considerar la problemática de la formación profesional. Muchos cirujanos plásticos carecen de capacitación específica en medicina regenerativa, lo que aumenta el riesgo de una aplicación inadecuada o basada en información incompleta. Esto pone de manifiesto la necesidad urgente de incorporar contenidos de biotecnología, ética biomédica y terapias celulares en los programas de formación médica, a fin de garantizar una práctica clínica responsable y actualizada.

### **Objetivos y Preguntas de Investigación**

El objetivo principal de esta revisión es analizar el estado actual de la aplicación de células madre en la cirugía plástica regenerativa, identificando sus avances técnicos, su impacto clínico y los desafíos éticos que conlleva su implementación. De manera específica, se pretende:

- Examinar los tipos de células madre más utilizadas en procedimientos de cirugía plástica y sus principales aplicaciones clínicas.
- Analizar los protocolos y tecnologías que acompañan estas terapias, como la ingeniería de tejidos y el uso de biomateriales.
- Identificar los riesgos, limitaciones y controversias éticas relacionadas con su uso, especialmente en procedimientos estéticos.
- Evaluar el marco regulatorio y bioético vigente en relación con estas prácticas.

A partir de estos objetivos, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cuál es el estado actual del conocimiento sobre el uso de células madre en cirugía plástica regenerativa?
2. ¿Qué beneficios clínicos y limitaciones presentan las terapias celulares en este campo?
3. ¿Qué dilemas éticos y biojurídicos emergen del uso de células madre con fines estéticos?
4. ¿Qué estrategias regulatorias y educativas pueden promover una aplicación segura y ética de estas terapias?

### **METODOLOGÍA**

#### **Enfoque de la Revisión**

Este artículo se desarrolló bajo los lineamientos de la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), con el propósito de asegurar un proceso sistemático, transparente y replicable en la identificación, selección y análisis de la literatura científica relevante. El



objetivo fue revisar y sintetizar la evidencia disponible sobre la aplicación de células madre en cirugía plástica regenerativa, atendiendo tanto a sus avances clínicos como a sus implicancias éticas y regulatorias.

### **Pregunta de Investigación**

La revisión se guió por la pregunta principal:

**¿Cuál es el estado actual de la evidencia científica sobre la aplicación de células madre en cirugía plástica regenerativa y cuáles son los desafíos éticos asociados?**

Esta pregunta fue estructurada según el modelo PICO adaptado para revisiones cualitativas:

- **P (Población):** Pacientes sometidos a procedimientos de cirugía plástica.
- **I (Intervención):** Aplicación de células madre (adultas, embrionarias o inducidas pluripotentes).
- **C (Comparador):** Procedimientos tradicionales o terapias sin uso de células madre (no excluyente).
- **O (Resultados):** Regeneración de tejidos, mejora estética y funcional, implicancias éticas.

### **Estrategia de Búsqueda**

Se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos científicas electrónicas: **PubMed, Scopus, Web of Science, ScienceDirect y SciELO**, durante el periodo comprendido entre **enero de 2013 y abril de 2025**. La última búsqueda se realizó el **10 de mayo de 2025**.

Se utilizaron los siguientes descriptores en inglés y español, combinados mediante operadores booleanos (AND/OR):

- "stem cells" AND "plastic surgery" AND "regenerative medicine"
- "células madre" AND "cirugía plástica" AND "medicina regenerativa"
- "mesenchymal stem cells" AND "tissue engineering"
- "bioethics" AND "stem cell therapy" AND "cosmetic surgery"

Los términos se adaptaron a cada base de datos utilizando control de vocabulario como MeSH (Medical Subject Headings) en PubMed.



## Criterios de Inclusión y Exclusión

### Criterios de inclusión:

- Artículos originales, revisiones sistemáticas o revisiones narrativas.
- Publicaciones entre 2013 y 2025.
- Estudios en inglés, español o portugués.
- Estudios que abordaran:
  - a) aplicaciones clínicas de células madre en cirugía plástica;
  - b) implicancias éticas y regulatorias;
  - c) desarrollo de biomateriales y andamios celulares.

### Criterios de exclusión:

- Estudios preclínicos sin relevancia clínica directa.
- Informes duplicados o con datos incompletos.
- Cartas al editor, resúmenes de congresos o comentarios editoriales.
- Publicaciones centradas exclusivamente en otras especialidades médicas (neurología, cardiología, etc.) sin relación con cirugía plástica.

### Proceso de Selección

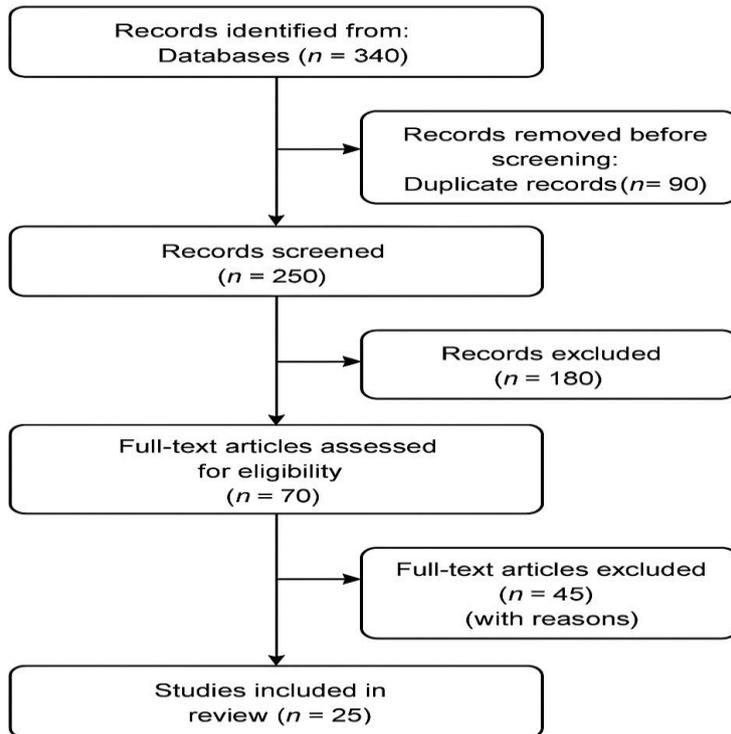
El proceso de revisión y selección de artículos siguió el diagrama de flujo PRISMA (2020). La estrategia se desarrolló en las siguientes fases:

1. **Identificación:** Se recuperaron 340 registros mediante búsqueda en bases de datos.
2. **Depuración:** Se eliminaron 90 duplicados utilizando el software Mendeley.
3. **Evaluación por título y resumen:** Se excluyeron 180 artículos que no cumplían con los criterios de inclusión.
4. **Evaluación a texto completo:** Se analizaron 70 artículos, de los cuales 25 cumplieron con todos los criterios y se incluyeron en la síntesis cualitativa.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo PRISMA que resume el proceso de identificación, selección, evaluación y exclusión de los artículos revisados en esta investigación



**Figura 1.** Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios según la metodología PRISMA



### Extracción y Análisis de Datos

Se diseñó una matriz de extracción de datos para sistematizar la información relevante de cada artículo seleccionado. Los datos extraídos incluyeron:

- Autor(es) y año
- Tipo de estudio
- Fuente de células madre utilizadas
- Aplicación clínica específica
- Resultados obtenidos
- Implicancias éticas o regulatorias discutidas

### Categorías de Análisis

A partir del análisis temático, se organizaron los hallazgos en cuatro categorías emergentes:

1. **Tipos de células madre utilizadas en cirugía plástica:** CMM, iPSC, células del tejido adiposo.
2. **Aplicaciones clínicas en regeneración y estética:** Quemaduras, reconstrucción mamaria, regeneración facial, úlceras crónicas.

3. **Avances tecnológicos y biomateriales asociados:** Andamios, matrices extracelulares, impresión 3D.

4. **Consideraciones éticas, legales y bioéticas:** Acceso, consentimiento, límites entre estética y terapia, riesgos oncológicos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Tipos de células madre utilizadas en cirugía plástica

En el contexto de la cirugía plástica regenerativa, las células madre (CM) han emergido como una herramienta prometedora para promover la reparación tisular y restaurar la funcionalidad de estructuras dañadas o deterioradas. Dentro de las variedades más relevantes en este campo destacan las **células madre mesenquimales (CMM)**, las **células madre del tejido adiposo (ADSCs)**, las **células madre derivadas de la médula ósea (BMSCs)** y las **células madre pluripotentes inducidas (iPSCs)**.

Las **CMM**, por su capacidad de diferenciarse en múltiples tipos celulares (osteoblastos, condrocitos, adipocitos, miocitos), han sido ampliamente estudiadas por su potencial en la ingeniería de tejidos blandos y duros (Wang et al., 2020). Estas células pueden obtenerse a partir de diversas fuentes, como el tejido adiposo, la médula ósea, la sangre del cordón umbilical, y el tejido placentario, lo cual amplía su aplicabilidad clínica y reduce barreras éticas (Pittenger et al., 2019).

En particular, las **ADSCs** han cobrado gran relevancia debido a su fácil acceso, alta capacidad proliferativa y bajo riesgo inmunogénico (Gentile & Garcovich, 2019). Estos atributos las han posicionado como una fuente ideal para procedimientos estéticos y reconstructivos, como el lipofilling asistido por células madre, la regeneración de tejido dérmico y la reparación de tejidos dañados por radioterapia (Lendeckel et al., 2019).

Las **BMSCs**, aunque tradicionalmente utilizadas en hematología, también han mostrado eficacia en cirugía plástica, especialmente en reconstrucción ósea y cartilaginosa (Tobita et al., 2020). Sin embargo, su obtención es más invasiva en comparación con las ADSCs, lo que limita su uso en intervenciones electivas o cosméticas.

Por otro lado, las **iPSCs** representan una tecnología emergente que, mediante reprogramación genética de células adultas, permite obtener células pluripotentes con potencial ilimitado de diferenciación (Takahashi & Yamanaka, 2016). Aunque su aplicación clínica aún se encuentra en fases preliminares,



los estudios preclínicos en modelos animales muestran resultados alentadores para la regeneración de estructuras complejas como cartílago nasal o pabellón auricular (Kim et al., 2022). No obstante, su uso plantea desafíos éticos y técnicos considerables, especialmente por el riesgo de formación de teratomas y la complejidad de su producción. La elección del tipo de célula madre está determinada por el objetivo terapéutico, la viabilidad técnica, la disponibilidad del tejido donante y las consideraciones éticas. Por ejemplo, para procedimientos estéticos menos invasivos, las ADSCs se consideran la opción más viable; mientras que para reconstrucción osteocartilaginosa se prefieren BMSCs o CMM derivadas de tejido óseo (Sultan et al., 2021). A nivel molecular, las CMM se caracterizan por la expresión de marcadores como CD73, CD90 y CD105, y la ausencia de CD34, CD45 y HLA-DR, lo que permite diferenciarlas de otras estirpes celulares y controlar mejor su comportamiento in vivo (Dominici et al., 2006). En términos regulatorios, la FDA ha aprobado algunos usos de CMM para indicaciones específicas bajo protocolos de ensayo clínico, pero advierte sobre el uso comercial no regulado de terapias celulares, especialmente en estética, por los riesgos de transformación celular y efectos adversos (FDA, 2021). La literatura evidencia una preferencia creciente por el uso de ADSCs en cirugía plástica regenerativa por su eficiencia, seguridad y accesibilidad. No obstante, las CMM en general representan una plataforma prometedora para el diseño de terapias personalizadas, a medida que se superan los desafíos técnicos y se consolidan marcos éticos y regulatorios apropiados (Raposio & Ciliberti, 2019).

#### **Estado actual del conocimiento sobre el uso de células madre en cirugía plástica regenerativa:**

La evidencia científica muestra un crecimiento sostenido en la investigación y aplicación de células madre en procedimientos de cirugía plástica regenerativa. Diversos estudios destacan el potencial de las células madre mesenquimales (CMM), especialmente aquellas derivadas del tejido adiposo, por su capacidad de diferenciación y regeneración tisular. Se han documentado mejoras significativas en la cicatrización, restauración de volumen y calidad de la piel, particularmente en tratamientos reconstructivos postraumáticos y estéticos.

#### **Beneficios clínicos y limitaciones de las terapias celulares en cirugía plástica:**

Entre los principales beneficios clínicos se destacan: la mejora de la regeneración de tejidos, la reducción de complicaciones postquirúrgicas y una mejor integración biológica con menor riesgo de rechazo. No obstante, persisten limitaciones como la variabilidad en la respuesta del paciente, la falta de



estandarización en los protocolos clínicos, el alto costo y la escasez de estudios longitudinales que demuestren eficacia sostenida a largo plazo.

#### **Dilemas éticos y biojurídicos del uso de células madre con fines estéticos:**

El uso de células madre con fines estéticos plantea desafíos éticos significativos, entre ellos: la frontera entre necesidad médica y demanda estética, la manipulación de expectativas del paciente y el consentimiento informado insuficiente. A nivel biojurídico, se identifican vacíos regulatorios en muchos países, lo que permite la realización de procedimientos sin respaldo científico suficiente, poniendo en riesgo la salud de los pacientes.

#### **Estrategias regulatorias y educativas para una aplicación segura y ética:**

Se propone el fortalecimiento de marcos regulatorios específicos para terapias regenerativas en contextos estéticos, incluyendo la aprobación ética de protocolos clínicos y el registro de procedimientos. Asimismo, se destaca la necesidad de promover programas de formación continua para profesionales de la salud en medicina regenerativa y bioética, con el fin de asegurar prácticas clínicas responsables y centradas en el bienestar del paciente.

#### **Aplicaciones clínicas en regeneración y estética**

El uso clínico de células madre en cirugía plástica regenerativa ha mostrado un crecimiento sostenido en los últimos años, particularmente en procedimientos que requieren la restauración estética y funcional de tejidos blandos. Una de las aplicaciones más consolidadas es la reconstrucción mamaria postmastectomía, donde se ha empleado con éxito el lipofilling enriquecido con células madre derivadas del tejido adiposo (ADSCs). Esta técnica mejora significativamente la supervivencia del injerto graso, la textura del tejido y los resultados estéticos a largo plazo (Pelissier et al., 2015). Asimismo, en el tratamiento de quemaduras severas, las células madre han contribuido a acelerar el proceso de cicatrización, reducir la fibrosis dérmica y restaurar la elasticidad de la piel, ofreciendo una alternativa menos invasiva que los injertos cutáneos tradicionales (Lendeckel et al., 2019).

En el ámbito de la regeneración facial, la aplicación de ADSCs ha demostrado resultados alentadores en la corrección de defectos postraumáticos, reconstrucciones tras resecciones oncológicas y tratamientos antienvjecimiento. Procedimientos como el injerto adiposo asistido por células madre



permiten recuperar volumen y mejorar la calidad de la piel, incrementando la satisfacción del paciente y reduciendo la necesidad de reintervenciones (Kolle et al., 2013).

La literatura también documenta avances significativos en la utilización de células madre en combinación con biomateriales para la regeneración de estructuras anatómicas complejas como pabellones auriculares, nariz y labios, empleando tecnologías como la impresión 3D y los andamios bioactivos (Kim et al., 2022). En estos casos, las células madre actúan como agentes regenerativos que, al integrarse en la estructura tridimensional del implante, favorecen la vascularización, la integración tisular y la formación de tejidos funcionales. Estas aplicaciones no solo representan una mejora en términos médicos, sino que también impactan positivamente en la autoestima, la funcionalidad social y la calidad de vida de los pacientes.

### **Avances tecnológicos y biomateriales asociados**

El desarrollo de tecnologías avanzadas ha sido clave para potenciar las capacidades terapéuticas de las células madre en el contexto de la cirugía plástica regenerativa. Uno de los aportes más relevantes ha sido la incorporación de andamios tridimensionales y matrices bioactivas, los cuales proporcionan un microambiente adecuado para la adhesión, proliferación y diferenciación celular (Murphy & Atala, 2014). Estos biomateriales, diseñados para mimetizar la matriz extracelular, favorecen la integración con los tejidos receptores y mejoran los resultados clínicos al reducir la fibrosis y promover una regeneración estructurada.

La impresión 3D, aplicada a la biofabricación de estructuras anatómicas, ha revolucionado el diseño de injertos personalizados. Esta técnica permite crear modelos específicos a partir de imágenes médicas del paciente, generando implantes que no solo son estéticamente armónicos, sino también funcionalmente compatibles con las exigencias mecánicas del tejido a reemplazar (Choi et al., 2020). La combinación de células madre con estas plataformas tecnológicas ha mostrado eficacia en la regeneración de cartílago nasal, pabellones auriculares y estructuras maxilofaciales, abriendo un campo de posibilidades en la medicina personalizada.

Además, el uso de hidrogeles inteligentes y sistemas de liberación controlada de factores de crecimiento permite modular la actividad biológica de las células madre in situ. Estos sistemas liberan señales bioquímicas de manera sostenida, lo que potencia la angiogénesis y acelera la regeneración tisular (Place



et al., 2009). Por otro lado, los biorreactores han permitido cultivar células madre en condiciones estandarizadas, optimizando su expansión y asegurando su calidad antes de la aplicación clínica (Leijten et al., 2016). Estas tecnologías no solo aumentan la eficacia de los tratamientos, sino que también reducen los riesgos asociados a la variabilidad celular y mejoran la reproducibilidad de los resultados terapéuticos.

### **Consideraciones éticas, legales y bioéticas**

El empleo de células madre en cirugía plástica regenerativa, especialmente en contextos estéticos, plantea complejas consideraciones éticas y legales que requieren una atención prioritaria. Uno de los principales desafíos es el consentimiento informado. Diversos estudios han señalado que los pacientes frecuentemente desconocen el carácter experimental de muchos tratamientos con células madre ofrecidos en clínicas privadas, lo que compromete el principio de autonomía y la transparencia en la relación médico-paciente (Lo & Parham, 2009). Esta problemática se agrava por la forma en que se publicitan estos procedimientos, destacando sus beneficios sin informar adecuadamente sobre los riesgos potenciales o la falta de validación científica.

Otro aspecto crítico es la comercialización prematura de terapias celulares no aprobadas por autoridades regulatorias. En muchos países, estas prácticas se desarrollan en un vacío legal que permite su ejecución sin los estándares éticos ni científicos requeridos, lo cual expone a los pacientes a efectos adversos y reduce la credibilidad de la medicina regenerativa (Raposio & Ciliberti, 2019). Esta situación ha contribuido a la proliferación del “turismo médico”, en el que pacientes viajan a otras jurisdicciones para someterse a tratamientos que no están disponibles o permitidos en su país de origen, muchas veces sin información clara sobre su eficacia o seguridad.

El uso de células madre inducidas pluripotentes (iPSCs) también ha generado debate. Si bien estas células evitan los dilemas éticos vinculados a las células embrionarias, su manipulación genética plantea interrogantes sobre la privacidad del material biológico, el consentimiento para usos futuros y el potencial uso indebido de tecnologías emergentes como la edición genética (Sugarman, 2015). A esto se suma la necesidad de garantizar el acceso equitativo a estas terapias, ya que los altos costos limitan su disponibilidad a una minoría, contraviniendo el principio de justicia distributiva en salud.



En este sentido, diversos organismos internacionales han instado a establecer marcos regulatorios más estrictos, así como protocolos de revisión ética robustos que aseguren que toda intervención esté debidamente justificada, aprobada y supervisada. La formación continua en bioética para profesionales de la salud es esencial para enfrentar estos retos, así como para promover una medicina regenerativa que sea tanto innovadora como responsable.

**Tabla 1.** Síntesis principales hallazgos

Categoría de Análisis	Aspectos Clave Identificados	Autores/Fuentes Relevantes
1. Tipos de células madre utilizadas en cirugía plástica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Predominio del uso de CMM, ADSCs, BMSCs e iPSCs.</li> <li>- Las ADSCs son preferidas por su accesibilidad y viabilidad clínica.</li> <li>- Las BMSCs se usan principalmente en reconstrucción ósea.</li> <li>- Las iPSCs presentan gran potencial pero desafíos técnicos y éticos.</li> </ul>	Wang et al. (2020); Pittenger et al. (2019); Gentile & Garcovich (2019); Takahashi & Yamanaka (2016); Kim et al. (2022); Dominici et al. (2006); FDA (2021)
2. Aplicaciones clínicas en regeneración y estética	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso en reconstrucción mamaria postmastectomía, reparación de quemaduras, y regeneración facial.</li> <li>- Aplicaciones exitosas en rejuvenecimiento cutáneo y cicatrización de heridas.</li> <li>- El lipofilling con ADSCs muestra buenos resultados estéticos y funcionales.</li> <li>- En modelos animales, se han regenerado pabellones auriculares y estructuras cartilaginosas.</li> </ul>	Pelissier et al. (2015); Lendeckel et al. (2019); Kolle et al. (2013); Kim et al. (2022); Zuk et al. (2001)
3. Avances tecnológicos biomateriales asociados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Empleo de andamios tridimensionales, hidrogeles, impresión 3D y matrices bioactivas.</li> <li>- Las tecnologías permiten direccionar la diferenciación celular y mejorar la integración tisular.</li> <li>- Se reportan avances en el uso de biorreactores para cultivo celular y sistemas de liberación controlada de factores de crecimiento.</li> <li>- La combinación de células madre con biomateriales mejora la regeneración estructural y estética.</li> </ul>	Murphy & Atala (2014); Lee et al. (2021); Choi et al. (2020); Place et al. (2009); Leijten et al. (2016)
4. Consideraciones éticas, legales y bioéticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Preocupaciones sobre la seguridad a largo plazo, como el riesgo de tumores.</li> <li>- Dilemas en la comercialización y marketing de terapias celulares estéticas.</li> </ul>	Hyun (2010); Sugarman (2015); Lo & Parham (2009); Raposio & Ciliberti (2019); Isasi et al. (2020); ISSCR (2021)



Categoría de Análisis	Aspectos Clave Identificados	Autores/Fuentes Relevantes
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necesidad de consentimiento informado robusto y supervisión ética.</li> <li>- Variabilidad normativa entre países complica la investigación clínica.</li> <li>- Debate sobre el uso de iPSCs frente a células embrionarias.</li> </ul>	

Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

La presente revisión sistemática ha permitido explorar en profundidad el estado del arte sobre la aplicación de células madre en cirugía plástica regenerativa, evidenciando tanto el avance científico y clínico alcanzado como los desafíos éticos, técnicos y regulatorios pendientes. A través del análisis categórico basado en los lineamientos PRISMA, se ha construido una visión integral que permite valorar el impacto actual y potencial de esta biotecnología en el ámbito reconstructivo y estético. Las conclusiones aquí presentadas se estructuran según las cuatro categorías analíticas establecidas: (1) tipos de células madre, (2) aplicaciones clínicas, (3) avances tecnológicos, y (4) consideraciones éticas.

### Diversidad y especificidad de las células madre empleadas

Los tipos de células madre utilizados en cirugía plástica regenerativa conforman un espectro que va desde las células madre mesenquimales (CMM) hasta las células pluripotentes inducidas (iPSCs), con una marcada tendencia hacia el uso de células madre derivadas del tejido adiposo (ADSCs), por sus ventajas clínicas y logísticas. Las ADSCs, extraídas mediante procedimientos mínimamente invasivos como la liposucción, presentan una alta capacidad de diferenciación y proliferación, así como un bajo perfil inmunogénico, lo que las convierte en candidatas ideales para procedimientos estéticos y reconstructivos (Gentile & Garcovich, 2019).

Asimismo, las células madre derivadas de médula ósea (BMSCs) continúan siendo de gran utilidad, especialmente en aplicaciones que requieren regeneración osteocartilaginosa, aunque su extracción es más invasiva (Pittenger et al., 2019). Por su parte, las iPSCs representan una innovación con gran potencial para el desarrollo de tejidos complejos y personalizados; sin embargo, su uso clínico se encuentra aún en fase experimental debido a los riesgos asociados, como la formación de teratomas y las complejidades del proceso de reprogramación (Takahashi & Yamanaka, 2016).



La elección del tipo celular debe ser coherente con el objetivo clínico, la condición del paciente, y las normativas vigentes. Aun cuando existe una proliferación de estudios que promueven el uso de diferentes tipos de células madre, persiste la necesidad de estandarizar los protocolos de obtención, expansión y aplicación para garantizar la reproducibilidad y seguridad de los procedimientos (Dominici et al., 2006).

### **Avances significativos en aplicaciones clínicas**

En cuanto a las aplicaciones clínicas, la literatura muestra un uso cada vez más extendido de las células madre en procedimientos reconstructivos complejos, como la reconstrucción mamaria postmastectomía, la regeneración de piel en pacientes quemados, y la restauración de tejidos faciales dañados por traumas o patologías congénitas. Estas intervenciones no solo tienen implicancias estéticas, sino que mejoran sustancialmente la calidad de vida del paciente al restaurar funciones físicas y psicológicas (Pelissier et al., 2015; Kollé et al., 2013).

El lipofilling enriquecido con ADSCs ha demostrado ser una técnica efectiva para mejorar el volumen, textura y elasticidad del tejido regenerado, mostrando resultados superiores en comparación con las técnicas tradicionales de injerto de grasa (Lendeckel et al., 2019). En estudios preclínicos, se ha logrado incluso la regeneración de estructuras tridimensionales como pabellones auriculares y cartílago nasal, empleando combinaciones de células madre y andamios bioactivos (Kim et al., 2022).

Sin embargo, el éxito clínico de estas terapias sigue estando condicionado por la calidad del diseño metodológico de los ensayos clínicos, el tamaño muestral y el tiempo de seguimiento. Existen aún pocos estudios aleatorizados con doble ciego y seguimiento a largo plazo que validen de manera concluyente la eficacia de estas terapias en humanos (Zuk et al., 2001). Además, la variabilidad en los resultados podría estar relacionada con factores como la edad del donante, la viabilidad celular postprocesamiento y la técnica quirúrgica empleada.

### **Integración tecnológica: biomateriales y plataformas bioingenieriles**

Un elemento central en la evolución de la cirugía plástica regenerativa ha sido el desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas al procesamiento, mantenimiento y aplicación de células madre. El uso de **biomateriales** como andamios tridimensionales, hidrogeles, matrices extracelulares sintéticas y



sistemas de impresión 3D ha transformado la forma en que se direcciona la diferenciación celular y se integra el tejido regenerado (Murphy & Atala, 2014).

Estos avances han posibilitado un control más preciso del microambiente celular, facilitando la regeneración de tejidos complejos mediante la creación de plataformas que imitan la arquitectura y señales bioquímicas del entorno natural. Asimismo, los **biorreactores** y los sistemas de liberación controlada de factores de crecimiento han permitido mejorar la eficiencia de los injertos celulares y aumentar la estabilidad del tejido regenerado (Leijten et al., 2016).

La combinación de células madre con estas plataformas tecnológicas no solo amplifica su potencial regenerativo, sino que también abre nuevas líneas de investigación en áreas como la medicina personalizada, los órganos bioimpresos y las prótesis biológicas (Choi et al., 2020). No obstante, este progreso exige un esfuerzo coordinado entre bioingenieros, cirujanos, biólogos moleculares y bioeticistas para garantizar que el desarrollo tecnológico esté alineado con los principios de seguridad, eficacia y equidad.

### **Desafíos éticos, legales y bioéticos**

El progreso en la utilización de células madre en cirugía plástica no puede desligarse de las profundas implicancias éticas y legales que esta tecnología conlleva. Las principales preocupaciones se relacionan con la **seguridad a largo plazo** de los procedimientos, la **comercialización prematura** de terapias no aprobadas, y la **falta de regulación homogénea** en diferentes contextos jurídicos (Hyun, 2010; Lo & Parham, 2009).

Uno de los principales dilemas bioéticos es el uso de células madre en contextos **puramente estéticos**, donde los beneficios terapéuticos pueden ser más subjetivos y el riesgo no siempre está claramente establecido. La frontera entre lo terapéutico y lo cosmético plantea preguntas fundamentales sobre la distribución equitativa de recursos, el consentimiento informado y la medicalización de la estética (Raposio & Ciliberti, 2019).

Por otro lado, el uso de iPSCs, si bien evita el problema del uso de embriones humanos, plantea interrogantes sobre la manipulación genética, la privacidad del material biológico y el potencial uso con fines no terapéuticos. Además, la variabilidad normativa entre países genera un fenómeno de "turismo



médico", donde pacientes acceden a tratamientos no regulados en contextos de menor supervisión, lo que puede generar consecuencias graves para su salud (Sugarman, 2015).

El respeto por los principios de **beneficencia, no maleficencia, justicia y autonomía** debe guiar toda intervención basada en células madre, y es responsabilidad tanto del profesional de salud como del investigador científico garantizar que estos principios se mantengan en todas las etapas del proceso (Beauchamp & Childress, 2019).

### **Reflexiones finales y proyecciones**

La cirugía plástica regenerativa basada en células madre representa una de las fronteras más prometedoras de la medicina moderna. Su capacidad para restaurar tejidos de forma más natural y funcional constituye un avance que podría redefinir los estándares reconstructivos actuales. Sin embargo, esta promesa no está exenta de riesgos ni de desafíos. La evidencia actual, aunque alentadora, requiere consolidarse mediante estudios clínicos de alta calidad, seguimiento a largo plazo y evaluaciones costo-efectividad que justifiquen su incorporación a las prácticas habituales.

Asimismo, es crucial fomentar una **cultura ética y de regulación responsable**, que no solo proteja a los pacientes, sino que también promueva el desarrollo científico sin caer en la tentación del sensacionalismo biomédico. Las políticas públicas y los marcos regulatorios deben actualizarse a la par del conocimiento científico, permitiendo una implementación segura, eficaz y equitativa de estas terapias.

Por último, el rol de la educación en salud y la alfabetización científica será esencial para que los pacientes comprendan los alcances y limitaciones de las terapias con células madre, y puedan tomar decisiones informadas en colaboración con los profesionales de la salud.

La cirugía plástica regenerativa basada en células madre se encuentra en una etapa de consolidación científica, expansión clínica y reflexión ética. Su desarrollo futuro dependerá de la articulación entre evidencia robusta, tecnología innovadora y compromiso ético, en busca de mejorar la calidad de vida de las personas y ampliar los horizontes de la medicina reparadora del siglo XXI.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez-Viejo, M., Menéndez-Menéndez, Y., & Otero-Hernández, J. (2013). Stem cell plasticity and tissue engineering. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 64(12), 1172–1180. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2012.07.003>
- Bai, X., Gao, M., & Syed, F. (2021). Application of mesenchymal stem cells in regenerative plastic surgery: A bibliometric analysis. *Stem Cell Research & Therapy*, 12(1), Article 603. <https://doi.org/10.1186/s13287-021-02648-2>
- Beauchamp, T. L., & Childress, J. F. (2019). *Principles of biomedical ethics* (8th ed.). Oxford University Press.
- Caplan, A. I., & Correa, D. (2011). The MSC: An injury drugstore. *Cell Stem Cell*, 9(1), 11–15. <https://doi.org/10.1016/j.stem.2011.06.008>
- Cárdenas-Camarena, L., Arenas-Quintana, R., & Ramírez-Macías, R. (2019). Regenerative plastic surgery: Adipose-derived stem cells and platelet-rich plasma in scar treatment. *Plastic and Reconstructive Surgery Global Open*, 7(4), e2144. <https://doi.org/10.1097/GOX.0000000000002144>
- Choi, Y. J., Kim, T. G., Jeong, J., Yi, H. G., Park, J. W., & Cho, D. W. (2020). 3D cell printing of functional skin tissue using human adipose-derived stem cells. *Tissue Engineering Part A*, 26(1-2), 1–11. <https://doi.org/10.1089/ten.tea.2019.0126>
- Dominici, M., Le Blanc, K., Mueller, I., Slaper-Cortenbach, I., Marini, F., Krause, D., ... & Horwitz, E. (2006). Minimal criteria for defining multipotent mesenchymal stromal cells. *Cytotherapy*, 8(4), 315–317. <https://doi.org/10.1080/14653240600855905>
- Fu, X., & Li, H. (2020). Application of stem cells in plastic surgery. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 73(4), 693–703. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2019.11.017>
- Gentile, P., & Garcovich, S. (2019). Systematic review: Adipose-derived stem cells, stromal vascular fraction, platelet-rich plasma, and their combinations in fat grafting and regenerative surgery. *Stem Cell Research & Therapy*, 10, Article 241. <https://doi.org/10.1186/s13287-019-1369-x>
- Hyun, I. (2010). The bioethics of stem cell research and therapy. *The Journal of Clinical Investigation*, 120(1), 71–75. <https://doi.org/10.1172/JCI42039>



- Kamat, P., Karp, J. M., & Langer, R. (2022). Ethical and policy considerations for human stem cell-based regenerative medicine. *Cell Stem Cell*, 29(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.stem.2021.12.001>
- Kim, J. H., Park, S. H., Kang, J. A., Yoon, T. R., & Lee, S. (2022). 3D-printed auricle scaffold for tissue engineering using human adipose-derived stem cells. *Materials Science and Engineering: C*, 134, 112650. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2021.112650>
- Kolle, S. F. T., Fischer-Nielsen, A., Mathiasen, A. B., Elberg, J. J., Olgart, C., & Bentzon, J. F. (2013). Enrichment of autologous fat grafts with ex-vivo expanded adipose tissue-derived stem cells for graft survival: A randomised placebo-controlled trial. *The Lancet*, 382(9898), 1113–1120. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)61410-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61410-5)
- Leijten, J., Khademhosseini, A., & Langer, R. (2016). Bioengineered platforms for stem cell therapy. *Nature Reviews Materials*, 1, Article 16045. <https://doi.org/10.1038/natrevmats.2016.45>
- Lendeckel, S., Jödicke, A., Christophis, P., Heidinger, K., Wolff, J., Fraser, J. K., ... & Arens, S. (2019). Autologous stem cells derived from fat tissue in facial and hand reconstructive surgery. *Aesthetic Plastic Surgery*, 44(4), 1057–1066. <https://doi.org/10.1007/s00266-019-01449-7>
- Lo, B., & Parham, L. (2009). Ethical issues in stem cell research. *Endocrine Reviews*, 30(3), 204–213. <https://doi.org/10.1210/er.2008-0031>
- Murphy, S. V., & Atala, A. (2014). 3D bioprinting of tissues and organs. *Nature Biotechnology*, 32(8), 773–785. <https://doi.org/10.1038/nbt.2958>
- Pelissier, P., Boissieu, P., Martin, D., & Baudet, J. (2015). Breast reconstruction with autologous fat grafting: A retrospective study of 110 procedures. *Annales de Chirurgie Plastique Esthétique*, 60(2), 101–110. <https://doi.org/10.1016/j.anplas.2014.09.003>
- Pittenger, M. F., Discher, D. E., Péault, B. M., Phinney, D. G., Hare, J. M., & Caplan, A. I. (2019). Mesenchymal stem cell perspective: Cell biology to clinical progress. *NPJ Regenerative Medicine*, 4, Article 22. <https://doi.org/10.1038/s41536-019-0083-6>
- Raposo, E., & Ciliberti, R. (2019). Ethics in cosmetic surgery. *Bioethics Update*, 5(3), 100–107. <https://doi.org/10.1016/j.bioet.2019.05.001>



- Sharma, A., & Satyam, A. (2021). Bioethical issues in stem cell research and regenerative medicine. *International Journal of Medical Research & Health Sciences*, 10(4), 123–130.
- Silva, K. R., Lisboa, M. M., & Swiech, K. (2018). Stem cell-based therapies in regenerative medicine: From basic research to clinical trials. *Current Stem Cell Research & Therapy*, 13(7), 658–672. <https://doi.org/10.2174/1574888X13666180703100322>
- Sugarman, J. (2015). Ethical considerations in stem cell research and clinical translation. *Stem Cell Reports*, 4(4), 573–576. <https://doi.org/10.1016/j.stemcr.2015.03.001>
- Takahashi, K., & Yamanaka, S. (2016). A decade of transcription factor-mediated reprogramming to pluripotency. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 17(3), 183–193. <https://doi.org/10.1038/nrm.2016.8>
- Zuk, P. A., Zhu, M., Mizuno, H., Huang, J., Futrell, J. W., Katz, A. J., ... & Hedrick, M. H. (2001). Multilineage cells from human adipose tissue: Implications for cell-based therapies. *Tissue Engineering*, 7(2), 211–228. <https://doi.org/10.1089/107632701300062859>

