

# CAPÍTULO 7

## IMPRESIÓN O BIOIMPRESIÓN 3D EN EL ÁREA DE LA SALUD REVISIÓN DE LA LITERATURA

### 3D PRINTING OR BIOPRINTING IN HEALTHCARE LITERATURE REVIEW

#### Autores:

##### **Silvia Ximena Vinueza Morales**

Universidad Católica de Cuenca  
[svinueza@ucacue.edu.ec](mailto:svinueza@ucacue.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-5945-6115>  
Cuenca, Ecuador

##### **Daisy Catalina Plaza Saquinula**

Universidad Católica de Cuenca  
[daisy.plaza.79@est.ucacue.edu.ec](mailto:daisy.plaza.79@est.ucacue.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-6238-9731>  
Cuenca, Ecuador

##### **Valeria Carolina Ponce Bacuilima**

Universidad Católica de Cuenca  
[valeria.ponce.72@est.ucacue.edu.ec](mailto:valeria.ponce.72@est.ucacue.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0001-3254-1077>  
Cuenca, Ecuador

##### **Juan Pablo Sinche Gordillo**

Universidad Católica de Cuenca  
[jpsincheg46@est.ucacue.edu.ec](mailto:jpsincheg46@est.ucacue.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-7274-6026>  
Cuenca, Ecuador

##### **Karla Cristina Villa Ayala**

Universidad Católica de Cuenca  
[karla.villa@est.ucacue.edu.ec](mailto:karla.villa@est.ucacue.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-9070-8421>  
Cuenca, Ecuador

#### Correspondencia:

**[svinueza@ucacue.edu.ec](mailto:svinueza@ucacue.edu.ec)**

#### DOI:

**<https://doi.org/10.58995/lb.redlic.20.183>**



## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la bioimpresión 3D ha logrado avances significativos en varios campos, particularmente en el ámbito de la salud, ya que se considera el futuro de la medicina. Sin embargo, aún existen numerosas incógnitas asociadas a su desarrollo, como lo demuestran las investigaciones actuales (1,2). El objetivo final de esta innovadora tecnología es crear órganos funcionales, ya que la demanda de trasplantes de órganos en todo el mundo es extremadamente alta. Por ejemplo, solo en Bogotá, había 2.126 personas esperando un trasplante a finales de 2022, lo que refleja un aumento del 6,7% con respecto al año anterior (3). Por lo tanto, no se puede exagerar la importancia de esta innovación, ya que tiene el potencial de beneficiar en gran medida a la salud humana.

Hoy en día, la impresión 3D, también conocida como “tecnologías de fabricación aditiva”, se ha extendido prácticamente a todos los campos científicos, incluida la medicina. Sin embargo, al ser un campo nuevo e innovador, está sujeto a varias limitaciones, como la precisión de la impresión y el tiempo de preparación, las limitadas opciones de materiales y la posibilidad de que los objetos impresos en 3D no sean tan duraderos como las piezas fabricadas tradicionalmente, especialmente en el caso de las piezas funcionales que deben resistir los impactos físicos y ambientales. Además, se requieren conocimientos y equipos especializados para imprimir modelos 3D, cuya adquisición y mantenimiento pueden resultar costosos. Asimismo, dependiendo de si el material utilizado es tóxico o alergénico, puede suponer un riesgo para la salud de los operadores.

Como las enfermedades causadas por diversos factores, incluidas las enfermedades catastróficas o los accidentes, no siempre responden a los tratamientos convencionales, es crucial desarrollar estrategias y tecnologías nuevas e innovadoras para abordar estos problemas. La biotecnología, con su capacidad de crear tratamientos más eficaces, diagnósticos precisos y vacunas más seguras, es un componente fundamental en este sentido. Al

utilizar técnicas como la ingeniería de tejidos y la bioimpresión 3D, se pueden abordar las enfermedades de una manera más personalizada y precisa, lo que puede mejorar los resultados clínicos y mejorar la calidad de vida de los pacientes. Además, la bioimpresión 3D contribuye a la investigación médica, al descubrimiento de nuevas aplicaciones y al avance científico y económico, lo que la convierte en una herramienta inestimable en el campo de la medicina y la salud humana.

Es por ello, que esta investigación se centra en la importancia de la bioimpresión 3D en la medicina actual, así como en sus limitaciones, ya que sigue siendo una tecnología en evolución que seguirá revolucionando en el futuro. Por consiguiente, el objetivo del manuscrito pretende exponer las aplicaciones y limitaciones al acceso a las herramientas creadas por impresión y bioimpresión 3D, para el entendimiento del progreso tecnológico.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

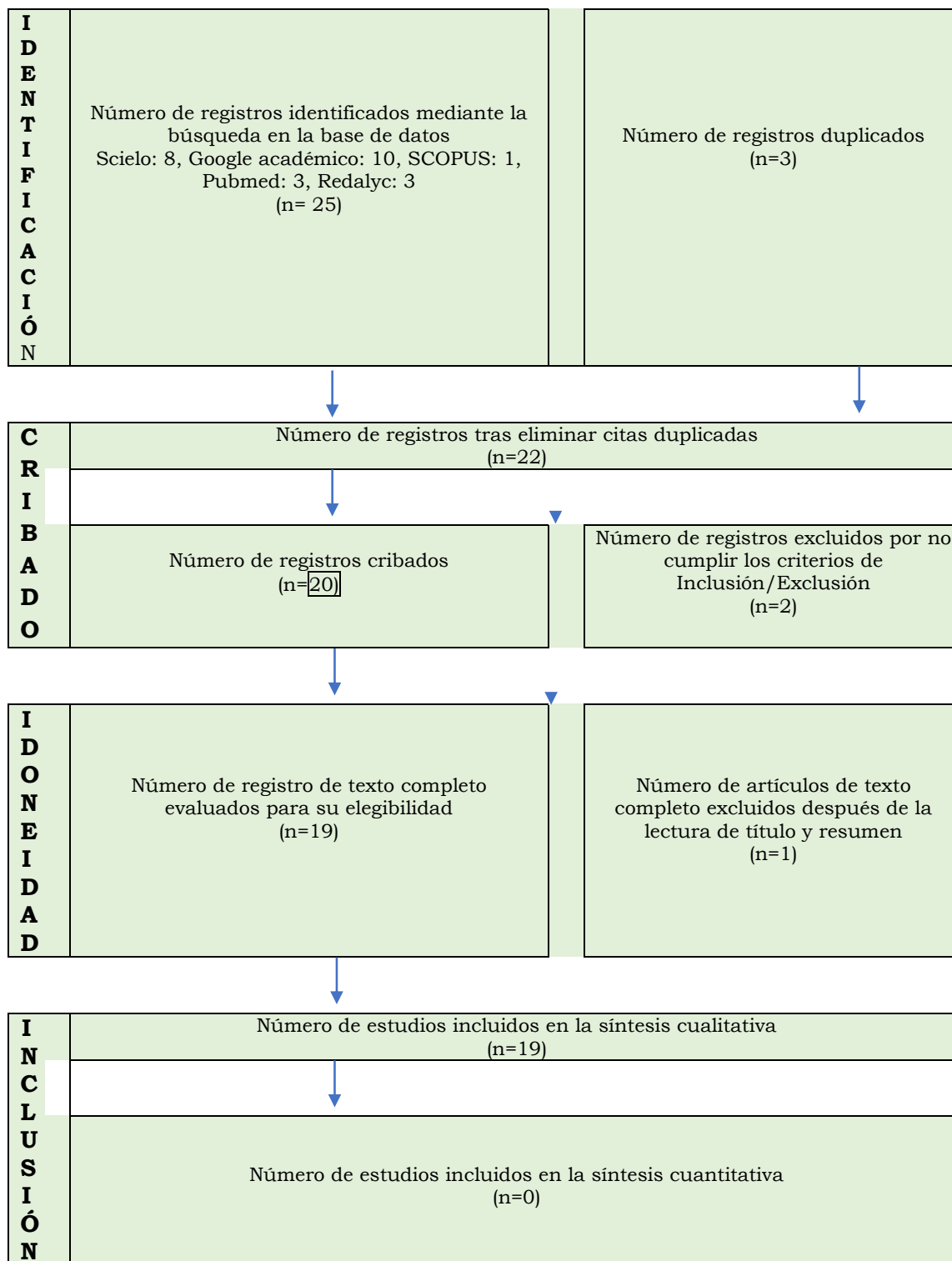
La metodología responde a una revisión bibliográfica exhaustiva para construir un análisis crítico reflexivo del contenido del documento, que abarcara los artículos originales y de revisión. La estrategia de búsqueda implementada estaba compuesta por descriptores unidos mediante los operadores booleanos AND, OR y NOT. Las palabras clave empleadas fueron “bioimpresión 3D”, “Aplicaciones”, “Limitaciones”, determinadas mediante DeCS o MeSH. La búsqueda se realizó en las bases de datos SciELO, Google Académico, Redalyc, Pubmed, Scopus. La búsqueda se realizó en mayo de 2023.

Los criterios de inclusión establecidos para la selección de los artículos fueron los siguientes: artículos y reseñas publicados en español e inglés, disponibles a través de los portales de datos designados, que demuestren su alineación con el tema, publicados entre 2018 y 2023, y que presenten

claramente la metodología o el marco teórico elegidos y pertenezcan al “área de investigación de la Medicina”. Se excluyeron las investigaciones no pertinentes al sector de la salud y el trabajo para la formación investigadora, que incluía tesis, monografías, ensayos y trabajos de fin de grado o máster.

Tras la identificación de los estudios preseleccionados (25), se examinaron los títulos de las publicaciones, los resúmenes y las palabras clave para comprobar su relevancia para el estudio y su conformidad con el tema abordado. Posteriormente, se eligieron 19 estudios.

El diagrama de flujo que se muestra en la Figura 1 se utiliza para describir el enfoque metodológico de los resultados.

**Figura 1****Diagrama de flujo de la búsqueda.**

**Nota. Fuente:** Elaborado a partir de la búsqueda sistemática de la literatura

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 ¿Qué es la Bioimpresión 3D?

La bioimpresión 3D representa un proceso de fabricación que emplea técnicas similares a la impresión 3D para combinar células, factores de crecimiento y/o biomateriales para crear piezas biomédicas, a menudo con el objetivo de replicar las características de los tejidos naturales. Es un método que utiliza un software de diseño asistido por ordenador (CAD) para fabricar modelos físicos en 3D. Implica el uso de biotintas que contienen células madre para generar estructuras celulares capa por capa. Siendo su objetivo final utilizar esta técnica para producir estructuras humanas tridimensionales complejas que posean propiedades biológicas y mecánicas capaces de restablecer la función de un tejido u órgano que no se puede fabricar con otros métodos de fabricación (4–13).

Por otro lado, la bioimpresión 3D tiene dos principios sustanciales: la biocinética, que consiste en la imitación de los procesos biológicos para la replicación de tejidos anatomofuncionales, el autoensamblaje autónomo, que radica en replicar los tejidos de interés utilizando el patrón de desarrollo de órganos embrionarios, donde las células se organizan para originar un tejido funcional, varios tejidos se han producido por esta técnica: tejidos cardíacos, queratinocitos epidérmicos, células epiteliales del riñón y los ligamentos periodontales; y los minitejidos que combina los dos anteriores (4). Para la impresión se utilizando tecnologías como: inyección de tinta, asistida por láser y microextrusión (véase Tabla 1).

**Tabla 1**

**Características de los distintos tipos de impresoras 3D comúnmente utilizadas en el área de la salud.**

Tecnología	Otros nombres	Materiales utilizados	Precisión	Ventajas	Desventajas
Térmicas de inyección	Deposición fundida (fused deposition modeling (FDM))	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polímeros epóxicos basados en acrílicos</li> <li>• ABS</li> <li>• PLA</li> <li>• Biomateriales (policaprolactona)</li> </ul>	++	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidad de materiales biocompatibles</li> <li>• Buena precisión a costo razonable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constructos frágiles, fuerza moderada</li> <li>• Los modelos son de un solo material</li> <li>• Opciones de color limitadas</li> </ul>
Microextrusión	Inyección modelada por depósito del material	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ABS</li> <li>• PLA</li> <li>• Metales</li> </ul>	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales de bajo costo</li> <li>• Resistentes</li> <li>• Larga duración</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor precisión</li> <li>• Superficies del modelo con prominentes escalones</li> </ul>
Asistidas por láser	Selective laser sintering (SLS)  Selective laser melting (SLM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plásticos</li> <li>• Polímeros sintéticos</li> <li>• Metales</li> </ul>	+++	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades mecánicas diversas</li> <li>• Variedad de materiales</li> <li>• Alta resistencia para piezas funcionales</li> <li>• Materiales biocompatibles</li> <li>• No requiere soportes adjuntos (no metálicos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acabados de alta precisión</li> <li>• Modelos son de un solo material</li> <li>• Costo de producción muy elevado.</li> </ul>

**Nota. Fuente:** Elaborado a partir de César-Juarez (5).

### 3.2. Implicaciones prácticas de la impresión 3D

A continuación, en la Tabla 15 se expondrán las implicaciones prácticas que reportan los autores en los últimos 5 años:

**Tabla 2**

#### *Implicaciones prácticas de la Bioimpresión 3D*

Título	Año	Implicaciones prácticas reportadas
3D Bioprinting: Introduction and Recent Advancement	2022	La creación de estructuras sintéticas que emulan los tejidos humanos naturales presenta numerosas aplicaciones médicas, incluida la ingeniería de tejidos y las pruebas de fármacos (6).
Fundamentals of 3D Bioprinting Technology	2021	Es necesario seguir desarrollando la tecnología de bioimpresión 3D en hidrogeles, y la gelatina metacrilóilo (gelMa) a una concentración del 5% puede generar eficazmente estructuras biomiméticas (7).
Comparison of the potential for bioprinting of different 3D printing technologies	2023	La bioimpresión tiene el potencial de revolucionar la medicina regenerativa y la ingeniería de tejidos al crear modelos de enfermedades que se parecen mucho a las que se encuentran en los seres humanos (8).
3D Bioprinting of Human Hollow Organs	2022	La mejora de la ingeniería de tejidos y los modelos de enfermedades presenta una posible solución a la crisis mundial de escasez de órganos (9).
3D Bioprinting with Live Cells	2022	La utilización de la tecnología de bioimpresión 3D para producir órganos y tejidos artificiales para aplicaciones de detección de drogas y reemplazo de órganos presenta posibilidades interesantes. Además, el futuro de la impresión 4D en la industria de los órganos es prometedor (10).
A fluid-supported hydrogel bioprinting method	2021	Las capacidades de impresión 3D rápidas y continuas de esta tecnología permiten imprimir múltiples materiales con hidrogeles cargados con células (11).



3D micromesh-based hybrid bioprinting: multidimensional liquid patterning for 3D microtissue engineering	2022	La tecnología permite el cocultivo rápido de células a través de una variedad de métodos, lo que proporciona una alternativa viable para fabricar construcciones de ingeniería de tejidos y aplicaciones de órganos en un chip (12).
Nanocomposite bioinks for 3D bioprinting	2022	La mejora de las propiedades y funcionalidades de los hidrogeles tiene posibles aplicaciones en la ingeniería de tejidos óseos y cartilagosos (13).
3D extrusion bioprinting	2021	La bioimpresión por extrusión 3D es capaz de producir estructuras tisulares estructuralmente sofisticadas y, como tal, la tecnología tiene el potencial de realizar esfuerzos de traducción en este campo (14).
Complex 3D bioprinting methods	2021	Los avances logrados en la bioimpresión 3D para la fabricación de tejidos y órganos han presentado soluciones prometedoras para abordar la escasez de órganos y desarrollar modelos de enfermedades específicos para cada paciente (15).
Extrusion and Microfluidic-Based Bioprinting to Fabricate Biomimetic Tissues and Organs	2020	La utilización de técnicas de bioimpresión 3D mejoradas ha demostrado ser prometedora en el desarrollo de construcciones tisulares personalizadas de calidad clínica para la ingeniería de tejidos (16).
3D Tissue and Organ Printing-Hope and Reality.	2021	Las tecnologías avanzadas de bioimpresión tienen el potencial de abordar eficazmente los desafíos asociados con la ingeniería de tejidos. La utilización de la bioimpresión 3D puede tener un impacto significativo en el campo de la medicina regenerativa en el futuro (17).
Multimaterial bioprinting and combination of processing techniques towards the fabrication of biomimetic tissues and organs	2021	El desarrollo de técnicas de bioimpresión 3D multimaterial ha llevado a la ingeniería de construcciones de tejidos complejos y biomiméticos con fines de ingeniería de tejidos (18).

3D Bioprinting of Human Tissues: Biofabrication, Bioinks, and Bioreactors.	2021	La ubicación precisa de las células y los biomateriales, que ha sido posible gracias a la bioimpresión 3D, junto con la utilización de biorreactores, ha contribuido al desarrollo de tejidos humanos modificados genéticamente (19).
3D micromesh-based hybrid bioprinting: multidimensional liquid patterning for 3D microtissue engineering	2022	La bioimpresión 3D permite un cocultivo rápido de células mediante una variedad de métodos y ofrece un método alternativo para fabricar en un chip estructuras de ingeniería de tejidos y aplicaciones en órganos (12).
3D Bioprinting in Tissue Engineering and Regenerative Medicine: Current Landscape and Future Prospects	2020	La biofabricación de tejidos y órganos a escala clínica ha sido posible gracias a la utilización de la bioimpresión 3D. Esta tecnología ofrece un enfoque de ingeniería de tejidos de abajo hacia arriba para construir tejidos a gran escala (20).

**Nota. Fuente:** Los autores.

### 3.3. Limitaciones que afronta la aplicación de la Bioimpresión 3D

La bioimpresión 3D es una innovación pionera que ha llamado la atención de las comunidades médica y sanitaria debido a su potencial para revolucionar el tratamiento de determinadas enfermedades y lesiones. Sin embargo, a pesar del progreso y el potencial de la tecnología, también se enfrenta a varias limitaciones importantes que deben abordarse para que su aplicación clínica tenga éxito. La complejidad de los tejidos y órganos humanos es uno de los principales obstáculos a los que se enfrenta la bioimpresión 3D, ya que los órganos humanos son estructuras tridimensionales muy intrincadas y heterogéneas que poseen una intrincada microarquitectura y una red de vasos sanguíneos que les proporcionan nutrición y oxígeno. La bioimpresión precisa de estas intrincadas estructuras es una tarea extremadamente difícil y, si bien se ha avanzado en la bioimpresión de tejidos más simples, la creación de órganos funcionales y complejos sigue siendo un objetivo difícil (21).

Además, la selección y disponibilidad de los biomateriales adecuados representan un obstáculo importante. Es fundamental tener en cuenta que los biomateriales utilizados en la bioimpresión deben ser biocompatibles, biodegradables y poseer propiedades mecánicas similares a las de los tejidos nativos. La disponibilidad limitada de biomateriales con estas características específicas restringe las posibilidades de bioimprimir tejidos y órganos específicos. La vascularización y la nutrición del tejido impreso también representan desafíos críticos, ya que los tejidos y órganos impresos a gran escala requieren el desarrollo de una red de vasos sanguíneos que permita una nutrición y oxigenación adecuadas del tejido impreso (21).

En consecuencia, una vascularización insuficiente puede provocar necrosis tisular y pérdida de funcionalidad, lo que limita la viabilidad a largo plazo de los órganos bioimpresos. La respuesta inmunitaria y el rechazo también son motivo de gran preocupación, ya que cuando se implantan tejidos u órganos bioimpresos en el cuerpo, existe el riesgo de que el sistema inmunitario los reconozca como cuerpos extraños y los rechace (22).

La ingeniería de tejidos inmunocompatibles es necesaria para garantizar la aceptación y la viabilidad de los implantes bioimpresos en el cuerpo humano. Del mismo modo, la normativa y los aspectos éticos relacionados con la bioimpresión 3D son esenciales para su aplicación clínica. Al mismo tiempo, garantizar la seguridad y la eficacia de los productos bioimpresos, así como abordar las cuestiones relacionadas con la propiedad intelectual y la distribución equitativa de la tecnología, son cuestiones fundamentales que deben tenerse en cuenta para garantizar que la bioimpresión 3D beneficie a todos los pacientes de manera justa y segura (23).

#### **4. DISCUSIÓN**

La bioimpresión 3D es un concepto pionero que aprovecha las impresoras y técnicas 3D para generar estructuras tridimensionales compuestas de

materiales biológicos, con la capacidad de combinar células y biomateriales capa por capa. La bioimpresión 3D es una tecnología de vanguardia que permite la producción de estructuras tridimensionales utilizando células vivas y biomateriales (6,24,25). Esta metodología innovadora emplea tintas biológicas y técnicas de impresión para fabricar réplicas de órganos funcionales para pacientes que requieren un trasplante de órganos (26). En esencia, la bioimpresión 3D es una técnica que implica la creación de construcciones tisulares mediante la combinación de células, biotintas y métodos de impresión para imitar la configuración y la funcionalidad de los tejidos humanos (27,28) y, por lo tanto, cerrar la brecha entre las estructuras tisulares sintéticas y naturales (29). Las construcciones tisulares 3D comprenden células e hidrogeles para la ingeniería de tejidos y la medicina regenerativa, lo que constituye un avance fundamental en este campo (9,13,30).

No obstante, a pesar de ser la bioimpresión 3D un avance innovador que ha servido enormemente a las comunidades médica y sanitaria al revolucionar el tratamiento de enfermedades y lesiones (4-8). A pesar de su inmenso potencial, la aplicación clínica de la bioimpresión 3D se ve obstaculizada por varias limitaciones importantes. Uno de los principales desafíos es la complejidad de los tejidos y órganos humanos, mientras que la disponibilidad y la selección de los biomateriales adecuados plantean obstáculos adicionales (9-13). La vascularización y la nutrición del tejido bioimpreso también plantean desafíos críticos, además de los problemas relacionados con la respuesta y el rechazo inmunitarios, es por ello, que para garantizar la aceptación y la viabilidad de los implantes bioimpresos, es imprescindible desarrollar una ingeniería tisular inmunocompatible. Además, deben abordarse los aspectos normativos y éticos de la bioimpresión 3D para facilitar su aplicación clínica. Abordar las cuestiones relacionadas con la propiedad intelectual y la distribución equitativa de la

tecnología garantizará la seguridad y la eficacia de los productos bioimpresos y promoverá la distribución justa de la tecnología (21-23).

## **5. CONCLUSIONES**

Se concluye que la bioimpresión 3D es una innovación pionera que emplea tecnología y técnicas de impresión 3D para construir estructuras tridimensionales compuestas de materiales biológicos. Mediante la combinación capa por capa de células y biomateriales, este enfoque utiliza tintas biológicas e impresión para producir réplicas de órganos funcionales para las personas que requieren trasplantes. La integración de células e hidrogeles para la ingeniería de tejidos y la medicina regenerativa es un avance fundamental en esta área de estudio. Sin embargo, esta tecnología presenta ciertas limitaciones que impiden su progreso, ya que el organismo puede rechazar o provocar una respuesta inmunitaria, lo que, en última instancia, tiene consecuencias negativas que superan sus beneficios, por ello, para garantizar la aprobación y la viabilidad de los implantes bioimpresos, es imperativo cultivar la ingeniería de tejidos inmunocompatibles.

## **6. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES**

SXVM: Recolección de datos, análisis de resultados, discusión, revisión final del artículo.

DCPS: Recolección de datos, análisis de resultados, discusión, revisión final del artículo.

VCPB: Recolección de datos, análisis de resultados, discusión, revisión final del artículo.

JPSG: Recolección de datos, análisis de resultados, discusión, revisión final del artículo.

KCVA: Recolección de datos, análisis de resultados, discusión, revisión final del artículo.

#### **7. FUENTES DE FINANCIAMIENTO**

La investigación fue realizada con recursos propios.

#### **8. CONFLICTOS DE INTERÉS**

Los autores no presentan conflicto de intereses.

#### **9. APROBACIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA Y CONSENTIMIENTO PARA PARTICIPAR EN EL ESTUDIO**

No se requiere aprobación de los comités de bioética.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aranda M. Un cambio en los paradigmas de los sistemas de salud, la tecnología 3D. *Rev Peru Investig en Salud*. 2020 Jun 19;4(3):121–6. <https://doi.org/10.35839/repis.4.3.685>
2. Loo Gil C. Bio impresión 3D: importancia en la actualidad. *tecnoHumanismo*. 2021;1(1):87–128. <https://doi.org/10.53673/th.v1i1.2>
3. Solar E Del. *Medicina e impresión 3D*. *RPP Not*. 2020;1–3.
4. Tripathi S, Mandal SS, Bauri S, Maiti P. 3D bioprinting and its innovative approach for biomedical applications. *MedComm*. 2023;4(1). <https://doi.org/10.1002/mco2.194>
5. César Á, Olivos A, Landa C, Cárdenas V, Silva P, Suárez C, et al. Uso y aplicación de la tecnología de impresión y bioimpresión 3D en medicina. *Rev la Fac Med [Internet]*. 2018;61(6):43–51. <https://doi.org/10.22201.fm.24484865e.2018.61.6.07>
6. Khalida Fakhruddin, Belal Yahya Hussein Al-Tam, Abdallah Nasser Sayed, Zarin Mesbah, Angelique Maryann Pereira Anthony Jerald Pereira, Al Ameerah Elza Toto Syaputri, et al. 3D Bioprinting: Introduction and Recent Advancement. *J Med Device Technol*. 2022;1(1):25–9. <https://doi.org/10.11113/jmeditec.v1n1.13>
7. Jaqueline L. Vieira, Diego C. Carneiro, Milena B. P. Soares, Josiane D. V. Barbosa. Fundamentals of 3D Bioprinting Technology. *J Bioeng Technol Appl TO Heal*. 2021;4(2):63–70. <https://doi.org/10.34178/jbth.v4i2.162>
8. M. Rodríguez-Rego J, Mendoza-Cerezo L, Macías-García A, C. Marcos-Romero A, P. Carrasco-Amador J. Comparison of the potential for bioprinting of different 3D printing technologies. *Int J Bioprinting*. 2023;9(3):680. <https://doi.org/10.18063/ijb.680>
9. Panja N, Maji S, Choudhuri S, Ali KA, Hossain CM. 3D Bioprinting of Human Hollow Organs. *AAPS PharmSciTech*. 2022;23(5):139. <https://doi.org/10.1208/s12249-022-02279-9>

10. Persaud A, Maus A, Strait L, Zhu D. 3D Bioprinting with Live Cells. *Eng Regen.* 2022;3(3):292–309. <https://doi.org/10.1016/j.engreg.2022.07.002>
11. Beh CW, Yew DS, Chai RJ, Chin SY, Seow Y, Hoon SS. A fluid-supported 3D hydrogel bioprinting method. *Biomaterials.* 2021;276:121034. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2021.121034>
12. Lee B, Kim S, Ko J, Lee SR, Kim Y, Park S, et al. 3D micromesh-based hybrid bioprinting: multidimensional liquid patterning for 3D microtissue engineering. *NPG Asia Mater.* 2022;14(1):6. <https://doi.org/10.1038/s41427-022-00355-x>
13. Cai Y, Chang SY, Gan SW, Ma S, Lu WF, Yen CC. Nanocomposite bioinks for 3D bioprinting. *Acta Biomater.* 2022;151:45–69. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2022.08.014>
14. Zhang YS, Haghighashtiani G, Hübscher T, Kelly DJ, Lee JM, Lutolf M, et al. 3D extrusion bioprinting. *Nat Rev Methods Prim.* 2021;1(1):75. <https://doi.org/10.1038/s43586-021-00073-8>
15. Ji S, Guvendiren M. Complex 3D bioprinting methods. *APL Bioeng.* 2021;5(1). <https://doi.org/10.1063/5.0034901>
16. Davoodi E, Sarikhani E, Montazerian H, Ahadian S, Costantini M, Swieszkowski W, et al. Extrusion and Microfluidic-Based Bioprinting to Fabricate Biomimetic Tissues and Organs. *Adv Mater Technol.* 2020;5(8):1901044. <https://doi.org/10.1002/admt.201901044>
17. Shapira A, Dvir T. 3D Tissue and Organ Printing—Hope and Reality. *Adv Sci.* 2021;8(10). <https://doi.org/10.1002/advs.202003751>
18. Tavafoghi M, Darabi MA, Mahmoodi M, Tutar R, Xu C, Mirjafari A, et al. Multimaterial bioprinting and combination of processing techniques towards the fabrication of biomimetic tissues and organs. *Biofabrication.* 2021;13(4):042002. <https://doi.org/10.1088/1758-5090/ac0b9a>



19. Zhang J, Wehrle E, Rubert M, Müller R. 3D Bioprinting of Human Tissues: Biofabrication, Bioinks, and Bioreactors. *Int J Mol Sci.* 2021 Apr 12;22(8):3971. <https://doi.org/10.3390/ijms22083971>
20. Anupama Sekar J, Athira RK, Lakshmi TS, Velayudhan S, Bhatt A, Anil Kumar PR, et al. 3D Bioprinting in Tissue Engineering and Regenerative Medicine: Current Landscape and Future Prospects. In: *Biomaterials in Tissue Engineering and Regenerative Medicine.* Singapore: Springer Singapore; 2021. p. 561–80. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-0002-9\\_17](https://doi.org/10.1007/978-981-16-0002-9_17)
21. Yang-Lee I, Salas-Sánchez F, Pomares-Wauters G, Ramos-Gamboa MF, Godfrey-Lewis M, Mora-Román JJ. Bioimpresión de órganos y tejidos en tercera dimensión: técnicas, aplicaciones y limitaciones. *Rev Tecnol en Marcha.* 2018;31(3). <https://doi.org/10.18845/tm.v31i3.3900>
22. Munguia J. Digitalización en la medicina: implicaciones para el diseño, innovación y la ingeniería. *Rev Colomb Mater.* 2021 Sep 15;(17):46–52. <https://doi.org/10.17533/udea.rcm.n17a05>
23. Valenzuela-Villela KS, García-Casillas PE, Chapa-González C. Progress of the 3D Printing of Medical Devices. *Rev Mex Ing Biomed.* 2020;41(1):151–166. <https://doi.org/10.17488/RMIB.41.1.12>
24. Wang X, Wang Y, Teng Y, Shi J, Yang X, Ding Z, et al. 3D bioprinting: opportunities for wound dressing development. *Biomed Mater.* 2023;18(5):052001. <https://doi.org/10.1088/1748-605X/ace228>
25. Xu Y, Song D, Wang X. 3D Bioprinting for Pancreas Engineering/Manufacturing. *Polymers (Basel).* 2022;14(23):5143. <https://doi.org/10.3390/polym14235143>
26. Park S, Talbot J. 3D Bioprinting: Manufacturing the Human Heart. *J Student Res.* 2023;12(1). <https://doi.org/10.47611/jsrhs.v12i1.4062>
27. Mir A, Lee E, Shih W, Koljaka S, Wang A, Jorgensen C, et al. 3D Bioprinting for Vascularization. *Bioengineering.* 2023;10(5):606. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10050606>

28. Bartolo P, Malshe A, Ferraris E, Koc B. 3D bioprinting: Materials, processes, and applications. *CIRP Ann.* 2022;71(2):577–97. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2022.06.001>
29. Zhao Y, Liu Y, Dai Y, Yang L, Chen G. Application of 3D Bioprinting in Urology. *Micromachines.* 2022;13(7):1073. <https://doi.org/10.3390/mi13071073>
30. McMillan A, McMillan N, Gupta N, Kanotra SP, Salem AK. 3D Bioprinting in Otolaryngology: A Review. *Adv Healthc Mater.* 2023;12(19). <https://doi.org/10.1002/adhm.202203268>