

3D organs: the technological revolution that is transforming modern medicine

Órganos 3D: la revolución tecnológica que está transformando la medicina moderna

Autores:

León-Pineda, Camila Fernanda
CENTRO MÉDICO MUJER INTEGRAL
Médico General
Cuenca-Ecuador

 camilaleonp77@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-7125-9197>

Guacho-Guzman, Dayana Sthefania
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
Carrera de Medicina
Investigador Independiente
Cuenca- Ecuador

 dayana.guacho@est.ucacue.edu.ec

 <https://orcid.org/0009-0007-7800-1635>

Tamay-Siguenza, Erika Fabiola
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
Carrera de Medicina
Investigador Independiente
Cuenca-Ecuador

 erika.tamay@est.ucacue.edu.ec

 <https://orcid.org/0009-0001-9319-4988>

Vintimilla-Peralta, Karla Estefanía
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
Carrera de Medicina
Investigador Independiente
Cuenca, Ecuador

 karlavintimilla123@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0009-9849-4590>

Fechas de recepción: 18-ENE-2025 aceptación: 18-FEB-2025 publicación: 15-MAR-2025

 <https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>
<http://mqrinvestigar.com/>



Resumen

Introducción: La bioimpresión 3D representa una revolución en la medicina moderna al replicar estructuras biológicas complejas mediante materiales vivos y no vivos. Este avance busca solucionar limitaciones regenerativas del cuerpo humano frente a daños celulares, ofreciendo soluciones como órganos impresos que minimizan riesgos de rechazo inmunológico y optimizan procedimientos quirúrgicos. **Objetivo:** Analizar el impacto de la tecnología de impresión 3D en la intervención médica, identificando avances, aplicaciones clínicas y desafíos para su implementación, abordando la crisis de escasez de órganos y mejorando los resultados médicos mediante la creación de órganos personalizados. **Metodología:** Se realizó una revisión bibliográfica en bases de datos como PubMed, Scopus, Scielo y Google Académico (2017-2024), seleccionando 16 artículos relevantes. La búsqueda incluyó términos MeSH relacionados con órganos 3D, reconstrucción y modelos anatómicos, excluyendo documentos desactualizados o irrelevantes. **Resultados:** La impresión 3D ha revolucionado la planificación quirúrgica, permitiendo modelos anatómicos precisos que mejoran la navegación intraoperatoria, disminuyen tiempos operatorios y riesgos. Además, facilita el desarrollo de biotintas y tejidos funcionales, reduciendo ensayos en animales y avanzando hacia la bioimpresión 4D. Sin embargo, persisten desafíos como costos elevados, regulación estricta y capacitación interdisciplinaria. **Discusión:** La tecnología ofrece una oportunidad transformadora para abordar la escasez de órganos mediante biotintas y estructuras adaptables. A pesar de avances prometedores, aún enfrenta barreras significativas como la fabricación de modelos complejos y la estandarización de procesos. Esto requiere mayor integración entre la bioingeniería y la medicina para superar limitaciones técnicas y éticas. **Conclusión:** La impresión 3D ha redefinido la medicina moderna al ofrecer soluciones personalizadas, reducir riesgos quirúrgicos y optimizar el aprendizaje médico. Aunque enfrenta desafíos económicos y técnicos, su potencial para transformar la medicina regenerativa y los trasplantes es innegable.

Palabras claves: órganos 3D; reconstrucción; salud; modelos anatómicos 3D; avances y eficiencia



Abstract

Introduction: 3D bioprinting represents a revolution in modern medicine by replicating complex biological structures using living and non-living materials. This advance seeks to solve regenerative limitations of the human body in the face of cellular damage, offering solutions such as printed organs that minimize the risk of immunological rejection and optimize surgical procedures. **Objective:** To analyze the impact of 3D printing technology in medical intervention, identifying advances, clinical applications and challenges for its implementation, addressing the organ shortage crisis and improving medical outcomes through the creation of personalized organs. **Methodology:** A literature review was conducted in databases such as PubMed, Scopus, Scielo and Google Scholar (2017-2024), selecting 16 relevant articles. The search included MeSH terms related to 3D organs, reconstruction and anatomical models, excluding outdated or irrelevant documents. **Results:** 3D printing has revolutionized surgical planning, allowing accurate anatomical models that improve intraoperative navigation, decrease operative times and risks. In addition, it facilitates the development of bioinks and functional tissues, reducing animal testing and moving towards 4D bioprinting. However, challenges remain, such as prohibitive costs, strict regulation and interdisciplinary training. **Discussion:** The technology offers a transformative opportunity to address organ shortages through bioinks and adaptive structures. Despite promising advances, it still faces significant barriers such as complex model fabrication and process standardization. This requires further integration between bioengineering and medicine to overcome technical and ethical limitations. **Conclusion:** 3D printing has redefined modern medicine by offering personalized solutions, reducing surgical risks and optimizing medical learning. Although it faces economic and technical challenges, its potential to transform regenerative medicine and transplantation is undeniable.

Keywords: 3D organs; reconstruction; health; 3D anatomical models; advances and efficiency

Introducción

En la actualidad la bioimpresión 3D ha presentado grandes avances en el ensamblaje de materiales vivos y no vivos, con el objetivo de replicar estructuras biológicas complejas. La bioimpresión se basa en la generación de tejidos y órganos principalmente por medio de la utilización de imágenes como prototipos de los modelos 3D y posteriormente la fabricación exacta de los mismos (Wang et al., 2024). A pesar de que el cuerpo humano tiene una alta capacidad regenerativa frente a un daño celular, esta ventaja es limitada y es ahí en donde la tecnología de impresión 3D entra en juego, para renovar y prolongar la existencia de ciertas células afectadas que constituyen los andamios de órganos indispensables para la vida (Panja et al., 2022).

El incremento de enfermedades complejas ha llevado a muchas personas a buscar soluciones, siendo las intervenciones quirúrgicas una de las alternativas para su reemplazo funcional. Sin embargo, a pesar de los avances en la medicina, dichos procedimientos no ofrecen garantías totales debido a las complicaciones inevitables que se pueden presentar como el riesgo de rechazo inmunológico (Wang et al., 2024). Es aquí donde destaca la importancia del uso de un software especializado para transformar imágenes 2D en modelos 3D, el cual ha impulsado avances significativos en la comprensión anatómica, el diagnóstico y la planificación quirúrgica. Los modelos creados mediante impresión 3D no solo replican características anatómicas, sino también propiedades físicas de los órganos, facilitando la preparación prequirúrgica, reduciendo riesgos y optimizando tiempos operatorios (Jin et al., 2021a; Moldovanu, 2024; Wang et al., 2024).

1.1 Antecedentes

En 1980, se desarrolló la primera técnica de impresión 3D, denominada estereolitografía, este método creado por Charles Hull, empleaba la luz ultravioleta para solidificar capas de resina fotosensible y crear objetos tridimensionales a partir de modelos digitales. En sus inicios, su aplicación se limitó al ámbito industrial. Sin embargo, con el avance de la tecnología se han desarrollado técnicas y materiales de impresión que han ampliado significativamente sus aplicaciones en diversas áreas de trabajo siendo el área de salud una de las más importantes (Aranda, 2020; Jin et al., 2021).

En el año 2018 a nivel mundial se llevaron a cabo 146 840 trasplantes de órganos, con un promedio de 16,76 trasplantes por hora. No obstante, más del 90% de los pacientes seguían en la espera de un trasplante. En el año 2019 esta cifra aumentó a 153 863, presentando un incremento del 4,8%. A pesar de este logro, las demandas de órganos continúan superando ampliamente la disponibilidad, lo que ha generado una brecha significativa que actualmente representa un desafío global (Huang et al., 2024).



1.2 Impacto de la impresión 3D en el ámbito médico

La impresión 3D es un proceso avanzado que consiste en la colocación precisa y controlada, capa por capa de materiales biológicos, biotintas y estructuras vivas, permitiendo el control espacial de los componentes funcionales. Debido a la complejidad de los procedimientos se han desarrollado diversas técnicas y enfoques de bioimpresión para fabricar órganos humanos funcionales utilizando esta tecnología. Las biotintas, compuestas biomateriales de origen natural o sintético que contienen células madre vivas, representan un elemento esencial en la bioimpresión, tienen la capacidad de interactuar con sistemas biológicos, lo que permite restaurar, reparar y mejorar cualquier tejido u órgano del cuerpo humano según sea necesario (Huang et al., 2024; Panja et al., 2022).

Una de las aplicaciones más destacadas de la bioimpresión es la creación de modelos in vitro para pruebas de fármacos, lo que podría reducir significativamente los ensayos clínicos en animales y ahorrar grandes sumas de dinero a las empresas farmacéuticas. Además, esta tecnología tiene el potencial de salvar vidas al ofrecer órganos personalizados fabricados a partir de células del propio paciente, disminuyendo el riesgo de rechazos que comúnmente suceden al someterse a complejas cirugías de rechazo. Los pacientes solo tendrían que esperar el tiempo necesario para que su órgano o tejido sea impreso y posteriormente utilizado con éxito (Panja et al., 2022).

Sin duda los recientes avances tecnológicos, así como también el campo de la ingeniería han buscado incursionar en la medicina con el fin de encontrar nuevas alternativas que puedan brindarnos la oportunidad de implementar nuevas técnicas buscando mejorar la calidad de vida de los pacientes, además de corregir ciertos defectos de nacimiento que hayan dañado tejidos u órganos y que por medio de estos procedimientos lo podamos revertir (Parihar et al., 2022).

1.3 Ventajas

Los modelos de órganos generados mediante la impresión 3D no solo reproducen las características anatómicas, sino también se aproximan a las propiedades físicas de los órganos reales. Lo que los convierte en herramientas valiosas en la práctica médica, ya que permite emplear estos modelos para simular intervenciones, perfeccionar habilidades quirúrgicas y mejorar la comunicación con los pacientes antes de la operación. Además, los modelos impresos en 3D facilitan la navegación intraoperatoria, reduciendo tanto el tiempo de cirugía como los riesgos asociados (Aranda, 2020a; Jin et al., 2021b; Mirshafiei et al., 2024a).

Más allá del ámbito quirúrgico, estos modelos tienen múltiples aplicaciones: permiten realizar experimentos repetibles, probar equipos médicos y enriquecer la enseñanza en las aulas, mejorando



el aprendizaje de los estudiantes en medicina. Entre las ventajas de la impresión 3D destaca la facilidad del proceso de fabricación comparado con métodos tradicionales, así como la capacidad de crear estructuras complejas. Cada tipo de modelo desempeña un papel específico en diversas intervenciones quirúrgicas, contribuyendo significativamente a la planificación, simulación y ejecución de estas operaciones (Ferreira et al., 2024; Jin et al., 2021a; Salazar et al., 2022).

1.4 Desafíos

Ciertos modelos de órganos impresos en 3D aún siguen siendo objeto de estudio y aquellos prototipos aprobados se replican de manera limitada. Entre ellos tenemos: El costo de los materiales para su fabricación, ciertos implementos como las impresoras comerciales 3D, así como el software utilizado, siguen representando valores elevados. La falta de capacitación sobre estos procesos que requieren un amplio conocimiento y habilidad tanto biológica como tecnológica vuelve más difícil y dificulta el avance de estas técnicas innovadoras. Además, otro de los importantes desafíos que suelen presentarse y que suponen un obstáculo para su progreso es la regulación y ética de la impresión de órganos 3D, el mismo que pretende garantizar la seguridad de la fabricación o réplica de ciertos órganos, los mismos que deben cumplir estrictamente normas de calidad biocompatibilidad y su uso responsable, de tal manera que se proteja a los pacientes de riesgos médicos o complicaciones que atenten contra su vida (Jin et al., 2021).

1.5 Objetivo del artículo

Analizar el impacto de la tecnología de impresión de órganos 3D en la intervención médica, identificando sus avances, aplicaciones clínicas y los desafíos que enfrenta para su implementación a gran escala, con el fin de ofrecer soluciones viables para la crisis de escasez de órganos y mejorar los resultados médicos mediante la creación de órganos personalizados.

Material y métodos

Este estudio se realizó mediante una revisión bibliográfica enfocada en el impacto de los órganos 3D en la medicina moderna. La modalidad de búsqueda bibliográfica se basó en la selección de información de artículos publicados en las bases de datos como: PubMed y Scopus, que corresponden a los años entre el 2017 a 2024, siendo los años en los que se han identificado mayor relevancia en cuanto a la evolución de salud basada en tecnologías.

Tabla 1.

Estrategias de búsqueda según base de datos utilizada

Base de datos	Artículos encontrados	Artículos preseleccionados	Artículos seleccionados
PubMed	14	9	7
SCOPUS	10	7	5
Scielo	5	3	1
Google Académico	12	7	3
Total	41	26	16

Fuente: Análisis de la literatura

Así también la terminología MeSH (Subject Headings) utilizada permitió la asociación de palabras claves como: órganos 3D, reconstrucción, salud, modelos anatómicos 3D, avances y eficiencia, así como de criterios de inclusión: publicaciones que se encuentren en las bases de datos anteriormente mencionadas, artículos de revisión, estudios en idioma español e inglés. Los criterios de exclusión consideran publicaciones sin un enfoque específico en la bioimpresión 3D y la tecnología moderna, así como documentos no actualizados, documentos duplicados, documentos que no tengan acceso abierto o documentos con resultados no significativos en su redacción o aplicabilidad.

Resultados

Autor, Año.	Título del artículo.	Resultados
(Moldovanu, 2024)	Sistemas de realidad virtual y aumentada e impresión tridimensional del modelo renal: Nuevas tendencias para orientar la planificación preoperatoria del cáncer renal.	La segmentación de imágenes se convierte en un punto crucial entre la precisión mecánica y la comprensión humana en el ámbito de la medicina. Cada punto en una imagen médica facilita la creación de modelos tridimensionales exclusivos para cada individuo, no solo se trata de encontrar una alteración patológica específica, sino de estudiar su interacción con órganos y tejidos cercanos. La impresión 3D en la planificación quirúrgica ha demostrado ser invaluable, en especial al llevarse a cabo procedimientos complicados, que les permite a los médicos ver claramente la vasculatura y la ubicación de alteraciones celulares como los tumores en relación con otras estructuras en el paciente, además de disminuir la necesidad de isquemia global durante una operación, minimizar el daño renal y mejorar los resultados postoperatorios.
(Dantas et al., 2024)	Avances en Medicina Regenerativa y Reconstructiva en la Prevención y Tratamiento de Infecciones Óseas.	
(Jin et al., 2021a)	Impresión 3D de modelos físicos de órganos: avances y desafíos recientes.	



(Mobbs et al., 2017)	La utilidad de la impresión 3D para la planificación quirúrgica y el diseño de implantes específicos para el paciente en patologías espinales complejas.	
(Wang et al., 2024)	Avances en la bioimpresión de órganos para la medicina regenerativa.	La bioimpresión tridimensional (3D) ha demostrado ser una tecnología que se ha enfocado en la evolución continua de la medicina, sobre todo en la ingeniería de tejidos y medicina regenerativa. Este procedimiento facilita la fabricación exacta de estructuras biológicas complejas similares a la anatomía de los órganos humanos, permitiendo considerarlos un reemplazo frente a la escasez de donantes y el rechazo inmunológico que son comunes en este tipo de procedimientos. La creación de biotintas y la inclusión de tipos celulares propias de cada órgano han permitido fabricar prototipos de tejidos funcionales como de hígado, riñón y células miocárdicas, además de facilitar la comprensión de ciertas enfermedades complejas y estudios de la eficacia de ciertos fármacos. Además, a partir de la impresión 3D han surgido nuevos procedimientos que alcanzan un nivel mucho más avanzado en el que las estructuras bioimpresas responden a estimulación externa para su funcionamiento, lo que se considera como bioimpresión 4D. No obstante, la reproducción exacta de ciertos órganos, aunque prometedoras, siguen constituyéndose un desafío, más aún cuando se necesita la cooperación interdisciplinaria entre la bioingeniería y la medicina, sin embargo, es uno de los proyectos más innovadores que permitirían abrir el paso a la transformación global de la medicina sobre todo en el campo de los trasplantes y regeneración celular, aumentando la expectativa de vida de cada uno de los individuos.
(Mirshafiei et al., 2024)	Avances en la bioimpresión 3D de tejidos y órganos: técnicas actuales, aplicaciones y perspectivas futuras.	
(Parihar et al., 2022)	Impresión 3D: un avance en la ingeniería biogenerativa para combatir la escasez de órganos y materiales bioaplicables.	
(Huang et al., 2024)	Aplicaciones, avances y desafíos de la bioimpresión 3D en el trasplante de órganos.	
(Panja et al., 2022)	Bioimpresión 3D de órganos huecos humanos.	
(Aranda, 2020)	Un cambio en los paradigmas de los sistemas de salud, la tecnología 3D.	
(Ferreira et al., 2024)	Soluciones basadas en tecnologías tridimensionales para la práctica y la enseñanza de las ciencias biomédicas.	
(Zheng et al., 2024)	Avances recientes en tejidos y órganos vascularizados impresos en 3D.	La elaboración de tejidos cardiacos a partir de la impresión 3D se ha considerado un gran avance en el que se incluye la fabricación de un corazón completo incluida su red vascular. El uso de biotintas a base de hidrogel y células madre, resultan ser prometedoras porque poseen capacidades significativamente funcionales, características del aparato cardiocirculatorio como la contracción y la transmisión de impulsos cardiacos que le confieren propiedades aptas para su correcta adaptación y debida utilización en pacientes que poseen patologías cardíacas sobre
(Yi et al., 2021)	Aplicación de la bioimpresión 3D en la prevención y el tratamiento de enfermedades humanas.	

		todo irreversibles en los que requieren exclusivamente un trasplante.
(Han et al., 2019)	Sensores impresos en 3D para aplicaciones biomédicas: una revisión.	La impresión 3D ha revolucionado el desarrollo de sensores para aplicaciones biomédicas debido a su versatilidad, precisión y capacidad para personalizar prototipos según las necesidades clínicas específicas. Entre las técnicas más destacadas se encuentran el modelado por deposición fundida (FDM), la estereolitografía (SLA), y la impresión por inyección de tinta, cada una con ventajas y limitaciones únicas en términos de materiales, resolución y costos de producción. Por ejemplo, el uso de materiales como polidimetilsiloxano (PDMS) y nanopartículas de oro ha permitido mejorar la biocompatibilidad y la sensibilidad de los sensores. Estas innovaciones han facilitado aplicaciones como la detección de biomarcadores en cáncer, el monitoreo de parámetros fisiológicos en tiempo real y el desarrollo de dispositivos portátiles para análisis electroquímicos. No obstante, desafíos como la fragilidad de ciertos materiales y la emisión de nanopartículas requieren soluciones que optimicen la eficiencia y sostenibilidad de estas tecnologías emergentes.
(Salazar et al., 2022)	Impresión tridimensional y flujo digital en medicina humana: una revisión y estado del arte	La impresión 3D ha permitido fabricar prótesis a la medida de los pacientes, siendo estos modelos internos y externos utilizados en procedimientos tanto neurológicos como en el caso de prótesis de extremidades. La impresión 3D no solo permite acoplar modelos anatómicos a las necesidades del paciente, sino que la incorporación de los materiales biocompatibles asegura que la fabricación de dichos modelos se adapte de manera más exacta, sea altamente funcionales y además ofrezca comodidad al paciente al momento de la colocación, mejorando de manera significativa su calidad de vida e integración efectiva de la prótesis.

Discusión

Según (Wang et al., 2024) mencionan que la bioimpresión 3D pretende replicar de manera exacta estructuras biológicas junto con sus componentes celulares y tejidos de tal manera que se adapten de manera eficaz con los tejidos de los pacientes que lo necesiten simulando las estructuras biológicas que se degeneraron o ya perdieron su correcta función ya sea por patologías o defectos congénitos irreversibles. No obstante, (Juárez et al., 2018), nos indica que no todas las estructuras que se



necesitan suplantar se pueden obtener con la impresión 3D, debido a la complejidad para obtener ciertos modelos sobre todo aquellos que requieren procedimientos más finos o de tamaño considerablemente pequeño que necesitan ser más exactos para su correcta adaptación. (Parihar et al., 2022) reconocen la importancia de la incorporación de materiales biocompatibles conocidos como los andamios de las estructuras celulares que permiten conformar esqueletos que sirven como eje de soporte para el crecimiento de diversas células capaces de conformar tejidos y órganos funcionales capaces de reemplazar aquellos que muestran defectos irreversibles. Sin embargo, (Mirshafiei et al., 2024), nos dicen que a pesar de los distintos métodos utilizados en la fabricación de tejidos a partir de la impresión 3D, no siempre se puede obtener filamentos exactos para ser utilizados como andamios o partes de diversas líneas celulares debido a que las impresiones 3D poseen en su esqueleto o soporte, poros de gran tamaño que no confieren mucha estabilidad a la fijación de las células, dificultando su normal crecimiento y posterior formación de tejidos.

(Yang-Lee et al., 2018) la impresión 3D de órganos ha emergido como una tecnología innovadora con el potencial de revolucionar la medicina regenerativa. Sin embargo, (Jin et al., 2021), refiere que, a pesar de los avances logrados, sigue enfrentando importantes desafíos en términos de costos, regulaciones y viabilidad técnica. señalan que los modelos de órganos impresos en 3D continúan en etapa de estudio y aquellos aprobados se replican de manera limitada. Entre las principales barreras se encuentran el alto costo de los materiales y de las impresoras 3D comerciales, así como el software especializado necesario para el diseño y fabricación de estos órganos. Estas limitaciones restringen el acceso a la tecnología y ralentizan su desarrollo.

Conclusiones

La tecnología de impresión 3D ha transformado significativamente la medicina moderna, marcando un antes y un después en la manera de abordar los diferentes desafíos en el ámbito de la salud. Este avance ha permitido el desarrollo de soluciones personalizadas, como órganos impresos a partir de biotintas y células madre que reducen el riesgo de rechazo inmunológico y abordan la creciente crisis de escasez de órganos. Además, la impresión 3D ha revolucionado la planificación quirúrgica mediante la creación de modelos anatómicos exactos que optimizan tiempos operatorios, disminuyen riesgos y mejoran los resultados clínicos.

Su impacto también se extiende a la educación y la investigación médica, facilitando el acceso a biomodelos para la enseñanza y el desarrollo de plataformas in vitro para pruebas de fármacos, reduciendo la necesidad de ensayos en animales. Incluso tecnologías emergentes como la

bioimpresión 4D están ampliando las posibilidades hacia estructuras funcionales adaptativas, lo que refuerza su potencial en el ámbito médico.

Sin embargo, la implementación a gran escala de esta tecnología enfrenta importantes desafíos. Entre ellos destacan los altos costos de materiales, equipos y procesos, así como la falta de capacitación interdisciplinaria que requiere conocimientos avanzados en ingeniería y medicina. A pesar de estas limitaciones, la impresión 3D representa un avance crucial hacia una medicina más accesible y personalizada.

Referencias bibliográficas

Adrián César-Juárez, Á., Olivos-Meza, A., Landa-Solís, C., Cárdenas-Soria, H., Suriel Silva-Bermúdez, P., Suárez Ahedo, C., Olivos Díaz, B., Clemente, J., & De León, I.-P. (2018). *Novedades en Medicina Uso y aplicación de la tecnología de impresión y bioimpresión 3D en medicina* (Vol. 61).

Aranda, M. (2020). Un cambio en los paradigmas de los sistemas de salud, la tecnología 3D. *Revista Peruana de Investigación En Salud*, 4(3), 121–126. <https://doi.org/10.35839/repis.4.3.685>

Dantas, L. R., Ortis, G. B., Suss, P. H., & Tuon, F. F. (2024). Advances in Regenerative and Reconstructive Medicine in the Prevention and Treatment of Bone Infections. In *Biology* (Vol. 13, Issue 8). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/biology13080605>

Ferreira, V., García, A., Rivas, M., Quiza, R., & Acosta, S. (2024). Solutions based on three-dimensional technologies for the practice and teaching of biomedical sciences. *Rev Med Electrón*, 46(1684–1824).

Han, T., Kundu, S., Nag, A., & Xu, Y. (2019). 3D printed sensors for biomedical applications: A review. In *Sensors (Switzerland)* (Vol. 19, Issue 7). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/s19071706>

Huang, G., Zhao, Y., Chen, D., Wei, L., Hu, Z., Li, J., Zhou, X., Yang, B., & Chen, Z. (2024). Applications, advancements, and challenges of 3D bioprinting in organ transplantation. In *Biomaterials Science* (Vol. 12, Issue 6, pp. 1425–1448). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/d3bm01934a>

Jin, Z., Li, Y., Yu, K., Liu, L., Fu, J., Yao, X., Zhang, A., & He, Y. (2021). 3D Printing of Physical Organ Models: Recent Developments and Challenges. In *Advanced Science* (Vol. 8, Issue 17). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/advs.202101394>

Mirshafiei, M., Rashedi, H., Yazdian, F., Rahdar, A., & Baino, F. (2024). Advancements in tissue and organ 3D bioprinting: Current techniques, applications, and future perspectives. In *Materials and Design* (Vol. 240). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2024.112853>



Mobbs, R. J., Coughlan, M., Thompson, R., Sutterlin, C. E., & Phan, K. (2017). The utility of 3D printing for surgical planning and patient-specific implant design for complex spinal pathologies: Case report. *Journal of Neurosurgery: Spine*, 26(4), 513–518. <https://doi.org/10.3171/2016.9.SPINE16371>

Moldovanu, C. G. (2024). Virtual and augmented reality systems and three-dimensional printing of the renal model—novel trends to guide preoperative planning for renal cancer. In *Asian Journal of Urology*. Editorial Office of Asian Journal of Urology. <https://doi.org/10.1016/j.ajur.2023.10.004>

Panja, N., Maji, S., Choudhuri, S., Ali, K. A., & Hossain, C. M. (2022). 3D Bioprinting of Human Hollow Organs. In *AAPS PharmSciTech* (Vol. 23, Issue 5). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1208/s12249-022-02279-9>

Parihar, A., Pandita, V., Kumar, A., Parihar, D. S., Puranik, N., Bajpai, T., & Khan, R. (2022). 3D Printing: Advancement in Biogenerative Engineering to Combat Shortage of Organs and Bioapplicable Materials. In *Regenerative Engineering and Translational Medicine* (Vol. 8, Issue 2, pp. 173–199). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s40883-021-00219-w>

Salazar, R., Contreras, H., Cruz, G., Binasco, S., Cruz, W., & Moya, J. (2022). Three-Dimensional Printing and Digital Flow in Human Medicine: A Review and State-of-the-Art. In *Applied System Innovation* (Vol. 5, Issue 6). MDPI. <https://doi.org/10.3390/asi5060126>

Wang, X., Zhang, D., Pratap Singh, Y., Yeo, M., Deng, G., Lai, J., Chen, F., Ozbolat, I. T., & Yu, Y. (2024). Progress in Organ Bioprinting for Regenerative Medicine—Article. *Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2024.04.023>

Yang-Lee, I., Salas-Sánchez, F., Pomares-Wauters, G., Ramos-Gamboa, M. F., Godfrey-Lewis, M., & Mora-Román, J. J. (2018). Bioimpresión de órganos y tejidos en tercera dimensión: técnicas, aplicaciones y limitaciones. *Revista Tecnología En Marcha*, 31(3). <https://doi.org/10.18845/tm.v31i3.3900>

Yi, H. G., Kim, H., Kwon, J., Choi, Y. J., Jang, J., & Cho, D. W. (2021). Application of 3D bioprinting in the prevention and the therapy for human diseases. In *Signal Transduction and Targeted Therapy* (Vol. 6, Issue 1). Springer Nature. <https://doi.org/10.1038/s41392-021-00566-8>

Zheng, K., Chai, M., Luo, B., Cheng, K., Wang, Z., Li, N., & Shi, X. (2024). Recent progress of 3D printed vascularized tissues and organs. In *Smart Materials in Medicine* (Vol. 5, Issue 2, pp. 183–195). KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.smaim.2024.01.001>



Conflicto de intereses:

Los autores Camila Fernanda León Pineda, Dayana Sthefania Guacho Guzmán, Erika Fabiola Tamay Sigüenza & Karla Estefanía Vintimilla Peralta declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

Financiamiento:

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

Todos los autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo. Los investigadores aportaron en la revisión bibliográfica y redacción del artículo. Al igual que se encargaron en su revisión y mejoramiento. La propuesta fue un trabajo en conjunto.