

## Aplicación de la impresión 3D en la salud visual y ocular

### Application of the 3D printing in visual and eye health

Laura Sofia Valencia Ceballos<sup>1</sup> Vanesa Patiño Sánchez<sup>2</sup>

Alexander Ríos Gaviria<sup>3\*</sup>

#### Resumen

A lo largo de los años se ha escuchado hablar acerca de la salud y medicina en general, así como los logros que se han ido alcanzando en ella gracias a los avances de la tecnología. A la luz de lo anterior, se generó el objetivo de esta investigación, el cual fue realizar un proceso de vigilancia tecnológica de la aplicación de la bioimpresión en el área de salud a nivel mundial, a partir de ecuaciones de búsqueda, creando una revisión periódica en metabuscadores. Este proceso permite tener un abanico de información a escala global. Posteriormente, se analizaron los datos estadísticos y documentos de la base de datos para determinar conclusiones mediante un análisis mixto, dando como resultado la revisión de investigaciones publicadas en los diferentes países referentes a procesos de impresión y bioimpresión en 3D enfocados al área de la salud y cómo estos brindan soluciones para mejorar la calidad de vida de las personas. Se hizo una revisión generalizada; luego se revisaron resultados puntuales que se consideraron relevantes en el campo y a continuación se plantearon oportunidades de desarrollo para procesos de investigación.

**Palabras clave:** bioimpresión; biotinta; medicina, salud visual y ocular.

#### Abstract

Over the years it has been heard about health and medicine in general, as well as the achievements that have been achieved in it thanks to advances in technology. In light of the above, the objective of this research was generated, which was to carry out a process of technological surveillance of the application of bioprinting in the health area worldwide, based on search equations, creating a periodic review in metasearch engines. This process allows to have a range of information on a global scale. Subsequently, the statistical data and documents of the database were analyzed to determine conclusions through a mixed analysis, resulting in a review of research published in different countries regarding 3D printing and bioprinting processes focused on the area of health and how they provide solutions to improve people's quality of life. A generalized review was made; then, specific results that were considered relevant in the field were reviewed and development opportunities for research processes were then raised.

**Keywords:** bioprinting; biotint; medicine, visual and ocular health.

\*Dirección para correspondencia: [alexanderriosg@misena.edu.co](mailto:alexanderriosg@misena.edu.co)

Artículo recibido el 25-10-2020 Artículo aceptado el 21-02-2021 Artículo publicado el 15-05-2021

Fundada 2016 Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

#### Introducción

Los requerimientos que se presentan en el campo médico hacen que las soluciones tecnológicas que se generen, deban ser cada vez más complejas y con un alto potencial de subsanación según necesidades puntuales.

<sup>1</sup> TecnoAcademia, Matemáticas y diseño, Risaralda, Pereira, Colombia, [lauravalencia0514@gmail.com](mailto:lauravalencia0514@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-2058-8967>

<sup>2</sup> TecnoAcademia, Matemáticas y diseño, Risaralda, Pereira, Colombia, [patinovanesa3@gmail.com](mailto:patinovanesa3@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-2847-2363>

<sup>3</sup> TecnoAcademia, Matemáticas y diseño, Risaralda, Pereira, Colombia, [alexanderriosg@misena.edu.co](mailto:alexanderriosg@misena.edu.co), <https://orcid.org/0000-0001-5500-4218>

A la luz de lo anterior, se plantea una evolución tecnológica igual de exigente, en el campo de la impresión 3D; dando con ello origen a procesos aditivos de material que sobrepasan los materiales tradicionales: polímeros, hormigón, alimentos, metales, entre otros; y llegan hasta procesos de adición de células madre. Así, se plantea un término que ha suscitado diversas interrogantes en los últimos tiempos: la bioimpresión, la cual se concibe como un proceso similar a la impresión 3D, diferenciándose en el material o filamento usado para la impresión, ya que la bioimpresión utiliza una “biotinta” compatible con el organismo humano. Esta biotinta se puede equiparar a “gotas con miles de células”<sup>1</sup>.

El alcance de la bioimpresión se presenta como disruptivo en el campo de la salud, con lo cual se propende la generación de tejidos, órganos y vasos sanguíneos que pueden presentarse como una oportunidad para ayudar a personas con dificultades de salud. Los antecedentes refieren a la bioimpresión como una tecnología que surgió a partir de la impresión 3D. La primera impresión 3D fue realizada en 1984 por Charles Hull a través de estereolitografía, quien años después, creó la empresa 3D Systems. En 1988 comenzó a desarrollarse la idea de la bioimpresión; el doctor Robert presentó un proyecto con un método de microposicionamiento de células para imprimir tejidos sintéticos con una impresora clásica de tinta<sup>2</sup>.

A partir de 1999 la idea de la bioimpresión inicia su consolidación gracias a que el Instituto de Medicina Regenerativa empezó a implantar órganos humanos con piezas en 3D con células del paciente<sup>3</sup>. En 2002, a partir del proyecto del doctor Robert, el profesor Anthony Atala de la Universidad Wake Forest creó el primer órgano a pequeña escala con el método de bioimpresión<sup>4</sup>. En 2010 surgió un laboratorio especializado en impresión 3D llamado Organovo, que junto a Invetech, comenzaron a crear las primeras bioimpresoras del mercado, como la NovoGen MMX<sup>5</sup>. En 2013 la empresa de investigación canadiense *Aspect Biosystem* desarrolló la bioimpresora RX1tm, que otorga mayor flexibilidad y control sobre el tejido heterogéneo 3D<sup>6</sup>. En este mismo año, Inventia, una pequeña empresa australiana desarrolló Rastrum, una máquina que se caracteriza por un diseño totalmente cerrado y que crea modelos celulares de manera muy veloz<sup>7</sup>.

En 2014 la creación de bioimpresoras se popularizó y el laboratorio ruso *3D Bioprinting Solutions* desarrolló su primera bioimpresora llamada FABION<sup>7</sup>. En ese mismo año la empresa Allevi comenzó con el desarrollo de bioimpresoras. Hoy en día cuenta con diferentes tipos de bioimpresoras como Allevi1, Allevi2, Allevi3 y Allevi6; sus nombres son indicadores del número de extrusores<sup>7</sup>. En 2016 Cellik desarrolló impresoras 3D para convertirse en la principal empresa fabricante de bioimpresoras hasta el momento. Hasta ahora la bioimpresora más destacada de Cellik es la BIO X<sup>7</sup>. En 2017 el IDIPAZ inició una investigación para la fabricación de córneas con ayuda de la bioimpresión 3D, dando paso para que en 2018, un grupo de investigadores de la Universidad Newcastle empezaran los intentos para obtener una córnea funcional creada con biotinta<sup>8</sup>. En 2019 un grupo de investigadores de la Universidad de Tel Aviv creó un corazón a pequeña escala, no más grande que el de un conejo con tejidos y vasos sanguíneos, demostrando que podría ser posible obtener un corazón y otros órganos humanos funcionales<sup>9</sup>.

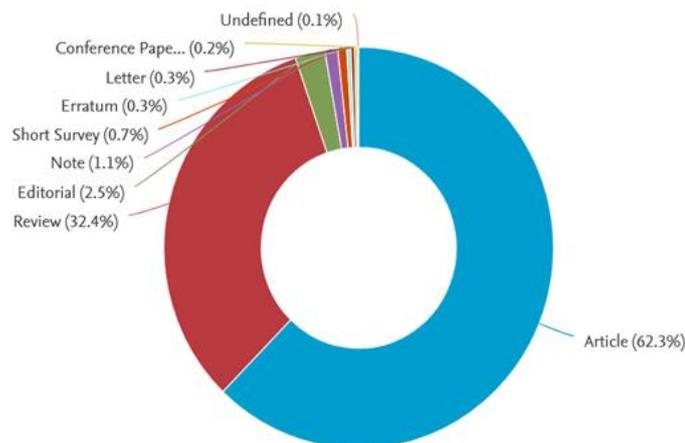
Cabe resaltar que, gracias a todos estos desarrollos tecnológicos, cada día se hace más importante la bioimpresión en 3D alrededor del mundo, máxime en el campo de la medicina. Esta revisión bibliográfica se concibió con un enfoque a nivel mundial, con el objetivo de realizar un proceso de vigilancia tecnológica de la aplicación de la bioimpresión en el área de salud a nivel mundial.

## Metodología

Se realizó una revisión general en metabuscadores a partir de la creación de ecuaciones de búsqueda que permitieron tener un amplio espectro de la información a nivel mundial. Posteriormente, se analizaron las estadísticas y documentos en bases de datos desde un enfoque tanto cualitativo como cuantitativo.

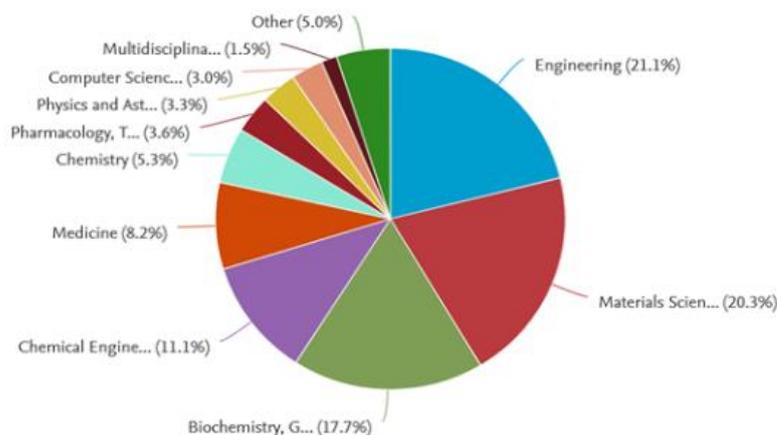
## Resultados y discusión

Se procedió a realizar una búsqueda en la base de datos *Scopus*, con el criterio de *bioprinting* como operador de búsqueda. Se encontró que un 62,3 % del material científico generado correspondió a artículos, seguido por un 32,4 % de revistas. En relación a la distribución de áreas de interés, se tuvo que un 21,1 % de los resultados correspondió a ingeniería, el 20,3 % a materiales y 17,7 % a bioquímica. En la Figura 1 se observan las publicaciones por área de interés en el periodo 2017-2021, con el criterio de búsqueda *bioprinting*.



**Figura 1.** Publicaciones de *bioprinting* por área de interés en el periodo 2017-2021.

En cuanto a los países que más publicaciones presentaron en esta base de datos, se encontraron Estados Unidos, que lidera el ranking con 726 publicaciones; China con 390 publicaciones y Alemania con 116. Los referentes latinoamericanos en el tema son limitados; solo se pudo encontrar 23 publicaciones de Brasil y 4 de Chile. En la Figura 2 se muestran las publicaciones de *bioprinting* por fuente de interés en el periodo 2017-2021.



**Figura 2.** Publicaciones de *bioprinting* por fuente de interés en el periodo 2017-2021.

De manera general, se tuvo un avance significativo en relación a los stents compuestos por policaprolactona y ácido poliláctico (PCL/PLA) obtenidos mediante la impresión 3D. Estos se emplean como endoprótesis vasculares de arteria coronaria, convirtiéndose en una solución para los problemas cardiovasculares. Dichos stents serían una solución eficaz para sustituir los stents hechos de polímeros; sin embargo, estos no han sido aprobados por la FDA para su uso en pacientes<sup>10</sup>.

Por su parte, en Corea del Sur se demostró que la impresión 3D puede tener un impacto directo en el campo de la oftalmología, con el fin ayudar a mejorar la calidad de vida a pacientes, por medio de globos oculares artificiales. En este caso, se realiza por medio de un proceso parecido a la estereolitografía, con dos grandes diferencias; la primera es que las prótesis no emplean tecnología láser sino luz ultravioleta y la segunda es su eficacia, ya que por hora se pueden crear hasta cuatro prótesis. Este producto aún no se comercializa<sup>11</sup>.

Otro estudio reveló prótesis oculares personalizadas realizadas con tecnología de impresión 3D, las mismas resultaron de bajo costo y se enmarcaron dentro de la premisa de comodidad para el paciente, tanto en dimensiones como en similaridad<sup>12</sup>. La principal complejidad de este proyecto fue biocompatibilidad de los materiales empleados.

Los desarrollos a nivel mundial son muy atractivos, partiendo del interés que ha suscitado el tema en los países desarrollados. Sin embargo, hay que seguir investigando y lograr desarrollar los productos para emplearlos en pacientes. En función de los resultados, puede plantearse que la bioimpresión podría generar un impacto real para el usuario final, en el campo de la medicina y la vida de los pacientes.

## Conclusiones

La bioimpresión es una tecnología que cada vez toma más relevancia en el mundo moderno. Sin embargo, se considera que aún está en pleno desarrollo. La tendencia se dirige al desarrollo de biotintas y biopapel que mejoren la viabilidad de las células. Uno de los retos más grandes que tiene la bioimpresión, es la adaptación del órgano al paciente y, con ello, su proceso previo de maduración. Se quiere que la estética de los pacientes no se vea tan afectada como con la tecnología utilizada anteriormente. Cada vez más la bioimpresión está generando mayor acceso, por lo que posee varias aplicaciones y existen muchos campos por explorar, haciendo sencillo su aplicación en los temas de salud visual y ocular. De cualquier manera, aún falta mucho por investigar en este tema y cualquier conclusión sería parcial.

## Agradecimientos

Se agradece a la Tecnoacademia Risaralda, que brindó el canal para la conformación del semillero de investigación y de los autores del presente artículo.

## Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

## Referencias bibliográficas

1. Carnevale R. La impresora de órganos Ficciones y realidades de la producción de tejidos artificiales. Revista Química Viva [Internet]. 2010;9(2):76-85. Disponible en: <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v9n2/carnevale.pdf>
2. Centro de Análisis y Prospectiva. Gabinete técnico de la Guardia Civil. Nota de Futuro 2/2016. Impresoras 3D [Internet]. Disponible en: [https://intranet.bibliotecasgc.bage.es/intranet-tmpl/prog/local\\_repository/documents/17854.pdf](https://intranet.bibliotecasgc.bage.es/intranet-tmpl/prog/local_repository/documents/17854.pdf) [consultada 2020.10.21].
3. Sanchez JE. Impresoras 3D la nueva era tecnológica. Monografía de Grado para optar al Título de Tecnología en Sistemas [Internet]. Disponible en: <https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/4247/IMPRESORAS%203D.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Universidad Santiago De Cali, 2019 [consultada 2020.10.06].

4. Bucco M. La impresión 3D y su aplicación en los servicios médicos (prótesis, fármacos, órganos) [Internet]. Disponible en: <http://repositorio.udes.edu.ar/jspui/bitstream/10908/11878/1/%5BP%5D%5BW%5D%20T.M.%20Ges.%20Bucco%2C%20Mariano.pdf>. Universidad de San Andrés, 2016 [consultada 2020.11.26].
5. Gómez C. Bioimpresoras 3D como herramienta de innovación en el futuro de trasplantes de órganos. Revista Iberoamericana de las Ciencias Computacionales e Informática [Internet]. 2016;5(10). Disponible en: <https://reci.org.mx/index.php/reci/article/download/53/240>
6. César-Juárez AA, Olivos-Mezad A, Landa-Solíse C, Cárdenas-Soria VH, Silva-Bermúdeze PS, Suárez C, Olivos B, Ibarra-Ponce de León JC. Uso y aplicación de la tecnología de impresión y bioimpresión 3D en medicina. Novedades en Medicina [Internet]. 2018;61(6):43-51. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22201.fm.24484865e.2018.61.6.07>
7. Zamora DA. Diseño y construcción de una bio impresora 3D [Internet]. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/8305/Tesis.pdf?sequence=1>. Universidad Nacional Autónoma De México, 2015 [consultada 2020.10.16].
8. UNAM Global. Primeras córneas humanas impresa en 3D [Internet]. Disponible en: <https://unamglobal.unam.mx/primeras-corneas-humanas-impresas-en-3d/> [consultada 2020.10.21].
9. Peña M. Científicos logran imprimir en 3D un corazón real usando células humanas. Digital Trends [Internet]. 2019. Disponible en: <https://es.digitaltrends.com/tendencias/corazon-impreso-3d/> [consultada 2020.10.21].
10. Guerra AJ, Cano P, Rabionet M, Puig T, Ciurana J. 3D-Printed PCL/PLA Composite Stents: Towards a New Solution to Cardiovascular Problems. Materials (Basel) [Internet]. 2018;11(9):1679. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ma11091679>
11. 3D natives. El sitio web de la impresión 3d. Comienzan la comercialización del primer ojo impreso en 3D [Internet]. 2018. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/ojo-impreso-en-3d-110720182/#:~:text=Publicado%20el%20julio%2011%2C%202018%20por%20Luc%3%ADa%20C.&text=Hace%20cerca%20de%20un%20a%C3%B1o,hab%C3%ADa%20hablado%20de%20su%20comercializaci%C3%B3n.> [consultada 2020.11.21].
12. Perry RM. The development of an orbital prosthesis workflow using advanced digital technologies [Internet]. Disponible en: <https://jscholarship.library.jhu.edu/bitstream/handle/1774.2/39443/PERRY-THESIS-2015.pdf?sequence=1>. Johns Hopkins University, 2015 [consultada 2020.09.26].