

**Título** Informe Técnico 3D

---

**Tipo de Producto** Informe Técnico

---

**Autores** Aranda, Mónica

---

## **Código del Proyecto y Título del Proyecto**

---

A19S26 - Retorno de inversión en la aplicación de tecnología 3D para la planificación quirúrgica

---

## **Responsable del Proyecto**

---

Aranda, Mónica

---

## **Línea**

---

Salud

---

## **Área Temática**

---

Administración y Recursos Humanos

---

## **Fecha**

---

2019

---

**INSOD**

Instituto de Ciencias Sociales y Disciplinas  
Proyectuales

FUNDACIÓN  
**UADE**



Instituto de Investigaciones en Ciencias Sociales y Disciplinas  
Proyectuales (INSOD)

(Código ACyT: A19S26 )

## **INFORME TÉCNICO**

### **Responsable**

Dra. Mónica Aranda

Coordinadora del Instituto de Ciencias Sociales y Disciplinas Proyectuales  
Mag. Bibiana Rossi

Director del Instituto de Ciencias Sociales y Disciplinas Proyectuales  
Lic. Andrés Cuesta

Introducción

Metodología

Consistió en un trabajo de búsqueda bibliográfica en publicaciones indexadas. Se trata de una investigación es de carácter cuali-cuantitativo no experimental, donde también se han tenido en cuenta los avances publicados por los medios de comunicación, al tratarse de un tema muy reciente y en continuo proceso de cambio. Se espera completar la investigación con entrevistas a profesionales de Argentina del área de biotecnología con desarrollos relevantes a nivel mundial.

## Presentación del artículo

### Un cambio en los paradigmas de los sistemas de salud, la tecnología 3 D

#### Introducción

La impresión 3D (término introducido a la terminología MeSH en 2015) promete producir dispositivos biomédicos complejos de acuerdo con el diseño de la computadora adaptado a pacientes específicos. Desde su uso inicial como modelos de visualización prequirúrgicos y moldes de herramientas, la impresión 3D ha ido lentamente evolucionando hasta crear dispositivos, implantes, andamios únicos para ingeniería de tejidos, plataformas de diagnóstico y medicamentos (1).

La tecnología de impresión 3D es sencilla, se basa en la evolución de la pulverización de tóner en el papel para sofocar capas de algo más sustancial (tal como una resina de plástico) hasta que las capas se suman a un objeto, permitiendo que una máquina pueda producir objetos de cualquier forma, en cualquier lugar y, según sea necesario; la impresión 3D está marcando el comienzo de una nueva era (3).

Los primeros intentos de impresión 3D datan de 1980, gracias al Doctor Kodama que fue quien inventó el enfoque de “capa por capa”. En 1981, Hideo Kodama, del Instituto Municipal de Investigaciones Industriales de Nagoya, obtiene la primera patente al inventar dos métodos de fabricación aditiva (AM) de un modelo de plástico tridimensional con un polímero fotoendurecible, en el que el área de exposición a rayos ultravioleta era controlada por un patrón de máscara o transmisor de fibra de barrido (4).

En 1986, Charles W. Hull inventó la impresión por estereolitografía (SLA). Esta técnica de impresión 3D se refiere a un método para imprimir objetos capa por capa utilizando un proceso en el que los láseres hacen que las cadenas de moléculas se unan de forma selectiva, formando polímeros. Al año siguiente patentará la impresión mediante este sistema, y en 1986 fundará su propia empresa, 3D Systems.

En 1987, en la Universidad de Texas, Carl Deckard creó una patente para tecnología Selective Laser Sintering (SLS), otra técnica de impresión en la que los granos de polvo se fusionan localmente mediante un láser. Scott Crump, cofundador de Stratasys Inc., presentó en 1988 una patente para Fused Deposition Modeling (FDM). Con estas como las principales técnicas, en menos de diez años, nació la impresión 3D (5).

Entre los innumerables hitos, y en lo que respecta al bioprinting, 2014 fue un año de muchos anuncios. Investigadores de la Universidad de Sidney fueron capaces de imprimir pequeñas fibras que luego fueron recubiertas con células endoteliales humanas, obteniéndose una red vascular hueca. Esto permitiría imprimir las células de órganos en torno a estas redes, logrando un flujo sanguíneo adecuado para mantener vivo el tejido impreso. Esta investigación es fundamental para el futuro de los órganos impresos (6).

#### Materiales y métodos

Se trata de un trabajo de investigación descriptivo, no experimental. Las fuentes de consulta han sido publicaciones científicas y textos. Se ha tenido en cuenta la información de actualidad sobre el tema; hoy en pleno desarrollo.

## Aplicación de 3D en Medicina

De todas las ramas profesionales, la medicina es el sector donde se dan usos innovadores a las tecnologías de impresión 3D. Es común que se utilice esta tecnología para crear simuladores sintéticos, con el propósito de que tanto estudiantes, como médicos, puedan adquirir destrezas manuales, también se pueden replicar patologías específicas de pacientes para entrenar con casos reales. Las imágenes médicas se convierten a archivos 3D, se envían los archivos DICOM directo desde un equipo de TC o RMN y se obtiene un modelo 3D (7).

Es justamente en el campo médico donde esta tecnología de impresión por adición ha evolucionado a la bioimpresión, que incluye un proceso de cultivo celular en laboratorio haciendo posible la formación de órganos y/o tejidos personalizados. Resulta de interés su aplicación en la creación de modelos anatómicos, prototipos, prótesis personalizadas, entre muchas otras aplicaciones médicas (8).

Otra alternativa es utilizar células madre que pueden ser transformadas en distintos tipos celulares mediante el uso de nutrientes y factores de crecimiento específicos. Sin embargo, pasar de los tejidos 3D al órgano entero es todavía una posibilidad a futuro. Lograr el desarrollo de vasos sanguíneos es uno de los desafíos pendientes. Es vital para que las células que conforman el tejido reciban sus nutrientes y puedan eliminar los residuos metabólicos. Por otro lado, el grado de proliferación (división) celular tiene que ser finamente controlado (9).

En 2014, el Instituto de Innovación Cardiovascular en la Universidad de Louisville (EE.UU.) pronosticó que para 2023 estarían en condiciones de tener corazones bioimpresos. El problema fundamental que radica en dotar a los órganos de funcionalidad adecuada aún no está resuelto, y los científicos están trabajando en el tema (10).

Aunque los injertos de tejido avascular pueden proporcionar una mejora medible en la función de los órganos al implantarlos, la biomanufactura de novo de injertos tridimensionales (3D) y, en última instancia, órganos a gran escala requerirá inevitablemente una red vascular perfundible. Los tejidos vascularizados 3D se han fabricado recientemente a través de la bioimpresión 3D multimaterial y la estereolitografía, aunque carecen de la densidad celular y la complejidad microestructural necesarias para alcanzar niveles de función fisiológicamente relevantes (11).

La generación de tejidos vascularizados gruesos que coincidan completamente con el paciente sigue siendo un desafío insatisfecho en la ingeniería del tejido cardíaco (12).

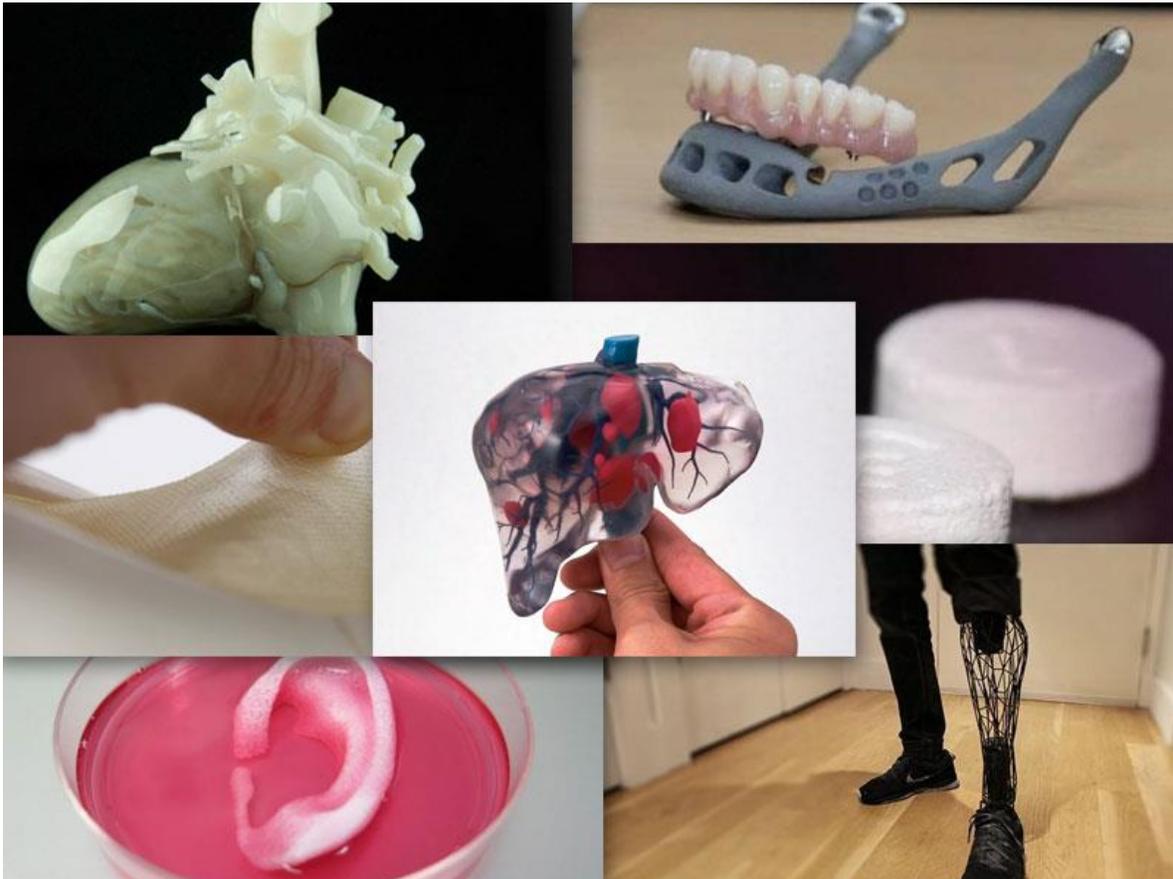
La medicina regenerativa (término introducido a la MeSH en 2004) es otra aplicación que se define como el campo de la medicina relacionado con el desarrollo y uso de estrategias dirigidas que tienen como objetivo la reparación o reemplazo de órganos, tejidos y células dañados, enfermos o metabólicamente deficientes a través de la ingeniería de tejidos, trasplante de células, u órganos artificiales o bioartificiales y tejidos (13).

Hoy, la investigación sobre la tecnología de impresión 3D para aplicaciones médicas se podría resumir en las siguientes cuatro áreas principales de enfoque:

- a) investigación sobre la fabricación de modelos de órganos patológicos para ayudar a la planificación preoperatoria y el análisis del tratamiento quirúrgico;
- b) investigación sobre fabricación personalizada de implantes permanentes no bioactivos;
- c) investigación sobre la fabricación de andamios bioactivos y biodegradables locales;

d) investigación sobre la impresión directa de tejidos y órganos con funciones vitales completas (14).

Figura 1: Ejemplo de impresión de estructuras 3D



Fuente: <https://impresiontresde.com/cosas-impresion-3d-medica-puede-hacer-ya/>

### La planificación prequirúrgica

Los biomodelos son réplicas exactas de la anatomía interna del paciente que simplifican la planificación de cirugías. Habitualmente, los cirujanos tienen que imaginar en su cabeza las distintas estructuras anatómicas, basándose en imágenes planas de algo que no lo es. Implementando los modelos impresos en 3D, el cirujano puede tener físicamente en su mano la estructura anatómica de interés antes de operar en el quirófano.

El médico puede analizar y ensayar las variantes disponibles para decidir con anticipación qué técnica utilizará. De esta manera, se obtiene información valiosa que permite realizar la cirugía con certidumbre. Los biomodelos se generan utilizando las imágenes médicas del paciente, tanto de resonancia magnética como de tomografía computarizada.

De este modo es posible planificar abordajes o ensayar la intervención repitiendo con modelos impresos los mismos pasos que se van a realizar durante la operación. Simular todos los pasos quirúrgicos complicados por adelantado usando modelos prototipo puede ayudar a prever complicaciones intra y postoperatorias. Esto puede resultar en una reducción del tiempo por cirugía que permite un uso más rentable de las salas quirúrgicas no solo en lo que hace a la ocupación sino también al consumo de insumos y horas de equipo médico y paramédico por acto quirúrgico.

#### Limitaciones de la nueva tecnología

La tecnología 3D puede presentar efectos adversos sobre la salud. Lyndsey Gilpen de TechRepublic indicó, haciendo mención de un estudio del Instituto de Tecnología de Illinois, EE.UU. que cuando una impresora 3D trabaja con algunos materiales emite varios millones de micro-partículas por minuto, que pueden plantear riesgos para la salud.

También presentan efectos contaminantes. Las impresoras 3D usan principalmente 2 tipos de plásticos: el PLA es biodegradable, pero la mayoría utiliza filamentos ABS, que es contaminante.

Estamos ante un nuevo desafío a los derechos de autor, tal como en su momento fue la irrupción de internet. La réplica de objetos con copyright es difícil de controlar pues los escáneres 3D permiten la réplica de cualquier objeto.

Lamentablemente, existe la posibilidad de crear objetos tales como armas de fuego o armas blancas y el peligro de generalizar este tipo de objetos. Del mismo modo se pueden crear estupefacientes y drogas sintéticas (16).

#### La innovación farmacológica

El desarrollo de modelos de tejido bioimpreso 3D de alto rendimiento ya se aplica en investigación, descubrimiento de fármacos y toxicología (19). El proceso de imprimir en 3D puede aplicarse con buenas expectativas para crear fármacos ya que involucra el uso de jeringas controladas robóticamente, de modo que se pueden construir fármacos empleando una biotinta con una textura de gel, donde los químicos y catalizadores se mezclen. En el futuro, un médico podría formular una tableta que contenga la combinación exacta de medicamentos para tratar una condición única, e imprimirlo utilizando una impresora 3D que contenga varias boquillas con un ingrediente diferente en ellas y la impresora establezca precisamente por pequeñas gotas cada material (20). Una aplicación atractiva, pero inexplorada, es utilizar una impresora 3D para iniciar reacciones químicas imprimiendo los reactivos directamente en una matriz de software de reacción 3D, y así poner el diseño, construcción y operación del equipo de reacción bajo control digital (21).

#### Valor y proyección del mercado

Según el nuevo informe de investigación de mercado 3D Bioprinting Market by Component en un Pronóstico Global a 2024, publicado por MarketsandMarkets™, se proyecta que el Mercado de Bioimpresión 3D alcance los 1.647 millones de dólares en 2024 desde USD 651 millones en 2019, a un CAGR (Compound annual growth rate) del 20,4% de 2019 a 2024.

La Guía de gastos de impresión 3D de IDC Corporate USA, sostiene que el gasto europeo en impresión 3D aumentará a una tasa compuesta anual del 15.3%, hasta alcanzar \$ 7,4 mil millones en 2022 (22).

Se ha podido comprobar a través de diferentes empresas que ofrecen este tipo de productos, el Margen Bruto que se aplica sobre el coste de los materiales oscila entre el 90 y el 95%, llegando incluso en algunos objetos hasta el 97%. Si tomamos el análisis de un plan de negocios en el mercado europeo, la impresión tridimensional de ecografías tiene un precio de venta que suele oscilar los 60 €. Tratándose de un objeto que no requiere demasiado trabajo de transformación en el ordenador, pudiéndose prácticamente imprimir desde el Cd-Rom que entregan en las clínicas, su coste estimado de material rondaría los 2 ó 3 euros (Margen 95%). En el caso de esculturas de cuerpo entero, su precio de venta es de 349,50 € y el coste de material estimado para ese tamaño rondaría los 30 € (Margen 91%) . Estamos ante un margen bruto, que deberá cubrir muchos otros costes, sin embargo, la rentabilidad prevista para inversiones del sector es positiva. Luego, habrá que ver los sistemas de salud, el riesgo que van a querer asumir, el nivel de cobertura, la relación entre el sistema público y privado.

## Conclusiones

La impresión 3D en el campo de las aplicaciones médicas es única; ha creado soluciones completamente nuevas imposibles de lograr con las tecnologías anteriores. Entre ellos, la impresión de los modelos médicos avanzados para la planificación de procedimientos, de referencia y de formación ha progresado significativamente en los últimos años. Si bien la investigación y la comercialización avanzan a un ritmo rápido, los problemas relacionados con la tecnología, que afectan a la ética, políticas, regulaciones y la aceptación social, no se han abordado de igual modo, hasta el momento.

Este trabajo se dirige a un público amplio, asociado de distintos modos con esta tecnología; científicos, empresarios, ingenieros y médicos, legisladores y organizaciones públicas y privadas. Han de considerarse los desafíos éticos asociados, las medidas legales que incluyen patentes y controles efectivos para prevenir el mal uso, así como los aspectos sociales que se derivan de las diferencias culturales, religiosas y económicas y que determinarán el éxito de esta tecnología (23).

Sin embargo, hay total coincidencia en que la tecnología 3D brinda soluciones rentables y de calidad que puede ser beneficioso a escalas de producción mucho más bajas que las técnicas de fabricación tradicionales. Esto puede permitir que los profesionales de la salud utilicen dispositivos o herramientas cuyas economías de escala pueden haberlos hecho antes impracticables. Con los costos crecientes de la atención médica, hay que atender a las soluciones que puede ofrecer la tecnología 3D al proporcionar a los pacientes soluciones asequibles, al tiempo que se alcanzan estándares de calidad iguales o superiores a los realizados con los métodos tradicionales.

Los sistemas de seguridad social públicos y privados de cada nación también deberán hacer un análisis riesgo-costo-beneficio, que hoy día todavía no está totalmente definido, aunque los augurios son altamente positivos. Estamos ante una tecnología de gran potencial y alto crecimiento, aunque tiene la limitación de ser un mercado novedoso, desconocido para parte de los inversores potenciales, y con necesidad de capital.

## Referencias Bibliográficas

Chia HN, Wu BM. Recent advances in 3D printing of biomaterials, *Journal of Biological Engineering*. 2015; 9:4.

D'Aveni RA. The 3D printing revolution. *Harvard business review*, 2013; Vol. 91, N° 3: 34-35.

Kodama, H. Review of Scientific Instruments. November 1981; Volume: 52, Issue 11: 1770-1773.

<https://www.sculpteo.com/es/blog/2016/12/14/the-history-of-3d-printing-3d-printingtechnologies-from-the-80s-to-today/>

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Estudio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva en tecnologías de impresión 3D para alimentos 1a ed. - Buenos Aires, 2015.

[https://elpais.com/tecnologia/2019/02/06/actualidad/1549441421\\_731213.html](https://elpais.com/tecnologia/2019/02/06/actualidad/1549441421_731213.html)

César Jaurez AAC, Olivos Mezad A, Landa Solíse C, Cárdenas Soria, VH, Silva Bermúdeze PS, Suárez Ahedog C, Olivos Díaz B, Ibarra Ponce de Leóni JC. Uso y Aplicación de la tecnología de impresión y bioimpresión 3D en Medicina. 2018; Vol: 61, 6. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM*, Noviembre-Diciembre 2018.

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/Bitacora/article/view/12805/13010>

Ozbolata I, Gudapatia H. A review on design for bioprinting. *Bioprinting*. September–December 2016; Volumes 3–4: 1-14.

Skylar Scott MA, Uzell SGM, Nam LL, Ahrens JH, Truby RL, Sarita Damaraju S, Lewis JA, et al., *Bio*manufacturing of organ-specific tissues with high cellular density and embedded vascular channels *Sci. Adv.* 2019; 5 (9).

Noor N, Shapira A, Edri R, Gal I, Wertheim L, Dvir T. 3D Printing of Personalized Thick and Perfusable Cardiac Patches and Hearts, *Adv. Sci.* 2019; 6.

Pub Med-MeSH Major Topic. “Regenerative Medicine”. [Consultado: 25-agosto-2017]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/?term=Regenerative+Medicine>

Yan Q, Dong H, Su J, Han J, Song B, Wei Q, Shi Y, A Review of 3D Printing Technology for Medical Applications. *Engineering* 2018; 4: 729–742

Gómez Reyes, L, Análisis documental de los inconvenientes de la impresión 3D. *3C Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*. 2017; 6(3): 48-53.

Murphy S, Atala A. 3D bioprinting of tissues and organs. *Nature Biotechnology*; 2014;32:773-85.

Bucco, Mariano, La impresión 3D y su aplicación en los servicios médicos (prótesis, fármacos, órganos), *Repositorio Digital San Andrés*, 2016.

Symes, M, Kitson, P, Yan, J, et al. Integrated 3D-printed reaction ware for chemical synthesis and analysis. *Nature Chem* 2012; 4: 349–354, doi:10.1038/nchem.1313.

<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prEMEA44113218>

Vijayavenkataraman S, Lu WF, Fuh JYH, 3D bioprinting – An Ethical, Legal and Social Aspects (ELSA) Framework. March–June 2016, Volumes 1–2: 11-21.