



CIENCIAS DE LA SALUD

Ciencia Vital, Vol. 4, No. 2, abril-junio 2026

<https://doi.org/10.20983/cienciavital.2026.02.sal.01>
e0402SAL01

CIENCIA VITAL

Revista de Divulgación Científica de la UACJ
ISSN: 1601-7944

La revolución 3D en la medicina:

stents que
desaparecen
y salvan vidas

Ing. Jordi A. Ramirez Meza¹



¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez <https://orcid.org/0009-0008-3138-9764>. al250967@alumnos.uacj.mx



INICIO



¿Y QUÉ OPINA
LA CIENCIA?



CIENCIAS
APLICADAS



CIENCIAS
BÁSICAS



CIENCIAS
DE LA SALUD



CIENCIAS
SOCIALES

RESUMEN

La impresión 3D está transformando la medicina con el desarrollo de stents bioabsorbibles, pequeños dispositivos que mantienen abiertas las arterias y luego se degradan de forma natural dentro del cuerpo. A diferencia de los stents metálicos tradicionales, estos nuevos implantes, fabricados con materiales biodegradables como la policaprolactona y el ácido poliláctico, brindan soporte temporal sin dejar residuos permanentes. El artículo explica cómo la manufactura aditiva permite crear stents personalizados con gran precisión, mejorando sus propiedades mecánicas y reduciendo costos de fabricación. Además, muestra aplicaciones innovadoras en cirugía pancreática, donde los dispositivos pueden adaptarse a la anatomía específica de cada paciente para facilitar procedimientos complejos y disminuir complicaciones. Esta investigación demuestra el enorme potencial de la impresión 3D para impulsar una medicina más personalizada, segura y eficiente, abriendo nuevas posibilidades para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares y otras condiciones que requieren dispositivos médicos avanzados.

Introducción

Imaginen que su cuerpo necesita un pequeño andamio interno para ayudar a sanar una arteria bloqueada. Los tratamientos tradicionales, utilizados desde hace décadas, emplean stents metálicos permanentes (estructuras tubulares hechas de materiales como acero inoxidable o titanio) que permanecen en el cuerpo de manera indefinida. Aunque estos stents son efectivos para mantener la arteria abierta inmediatamente después del procedimiento, su permanencia puede generar problemas a largo plazo, como inflamación vascular, alteración de la función vasomotora (capacidad natural de los vasos sanguíneos para contraerse y relajarse) y un riesgo continuo de complicaciones graves, como la trombosis tardía [3], [4].

El problema es simple: el papel del stent es temporal, limitado a la intervención y al periodo necesario para que la arteria sane y el tejido interno se recupere. Una vez reparado el vaso sanguíneo, el metal se convierte en un cuerpo extraño innecesario [3], [4].

Para superar estas limitaciones, la ciencia médica ha desarrollado los stents bioabsorbibles o biodegradables (BRS, por sus siglas en inglés: *Bioresorbable Scaffolds*). Estos dispositivos están diseñados para brindar soporte mecánico únicamente durante el tiempo necesario para la recuperación del vaso sanguíneo y después disolverse y ser absorbidos por el cuerpo, dejando la arteria libre y recuperando su función normal [3], [4]. Esta estrategia tiene el potencial de mejorar significativamente la permeabilidad arterial a largo plazo.

Sin embargo, fabricar estos dispositivos biodegradables, especialmente a la escala y precisión necesarias para implantarlos en vasos sanguíneos como las arterias coronarias, representa un gran desafío tecnológico [4], [5].

Aquí es donde entra en juego la impresión 3D o Manufactura Aditiva, una tecnología que construye objetos capa por capa a partir de un diseño digital. Este método ha surgido como una alternativa prometedora y económica para producir dispositivos médicos poliméricos, incluidos los stents [1], [2], [4].

En este artículo de divulgación exploraremos cómo la impresión 3D no solo hace posible fabricar stents que se disuelven, sino también adaptarlos a las necesidades específicas de cada paciente. Además, se describen los materiales utilizados, la forma en que los científicos logran la precisión necesaria y las implicaciones de esta tecnología en áreas médicas como la cardiología y la cirugía pancreática [1], [2], [4], [6].

La solución biodegradable: materiales y desafíos

Para fabricar stents bioabsorbibles se utilizan polímeros biodegradables, es decir, materiales plásticos médicos que el cuerpo puede descomponer en sustancias inofensivas, como agua y dióxido de carbono, mediante un proceso químico llamado hidrólisis [3], [4].



INICIO



¿Y QUÉ OPINA LA CIENCIA?



CIENCIAS APLICADAS



CIENCIAS BÁSICAS



CIENCIAS DE LA SALUD



CIENCIAS SOCIALES

Dos materiales destacan en la investigación de estos dispositivos: la policaprolactona (PCL) y el ácido poliláctico (PLA) [1], [2], [4].

La policaprolactona (PCL) es un poliéster biodegradable con un punto de fusión bajo, cercano a los 60 °C. Ha recibido gran atención como biomaterial implantable debido a su alta flexibilidad y su largo tiempo de degradación, que puede superar los 24 meses [1], [3].

El ácido poliláctico (PLA) es un poliéster termoplástico biodegradable derivado de recursos renovables, como el almidón de maíz. Tiene un punto de fusión más alto, entre 173 °C y 178 °C, y un tiempo de degradación menor que el PCL. Además, suele ser más rígido [2]–[4].

El principal desafío de usar polímeros es que poseen menor resistencia mecánica que los metales. Un stent debe ser suficientemente flexible para desplazarse a través de vasos sanguíneos complejos, pero también debe mantener la rigidez necesaria para sostener el vaso enfermo sin colapsar. Encontrar ese equilibrio es esencial para el éxito clínico [3]–[5].

La impresión 3D: la herramienta precisa

Tradicionalmente, los stents metálicos se fabrican mediante microcorte láser. Aunque este proceso es efectivo, el calor generado puede provocar daños en el material, como zonas afectadas térmicamente, microfisuras y residuos que requieren costosos procesos posteriores de limpieza y reparación [4], [5].

La Manufactura Aditiva ofrece una alternativa más rápida, limpia y económica. La técnica más utilizada en la investigación de stents poliméricos es la Fabricación por Deposición Fundida (FDM, por sus siglas en inglés: *Fused Deposition Modeling*). En este método, un filamento plástico se funde y se deposita capa por capa mediante una boquilla muy fina hasta construir la estructura final [1], [4].

En el caso de los stents, los investigadores desarrollaron una impresora 3D tubular basada en tecnología FDM. A diferencia de las impresoras convencionales, esta máquina utiliza una plataforma rotatoria controlada por computadora [1]. Este detalle es importante porque los stents son estructuras cilíndricas y, si se imprimieran sobre una base plana, requerirían soportes internos difíciles de retirar y capaces de dañar la pieza final. Gracias a la plataforma rotatoria, el stent puede construirse directamente sobre una superficie cilíndrica, simplificando el proceso y mejorando la eficiencia de fabricación [1], [4].

En la Figura 1 se muestra un esquema simplificado de esta impresora tubular, donde el filamento de PCL o PLA se funde y deposita sobre una plataforma rotatoria para formar el stent.

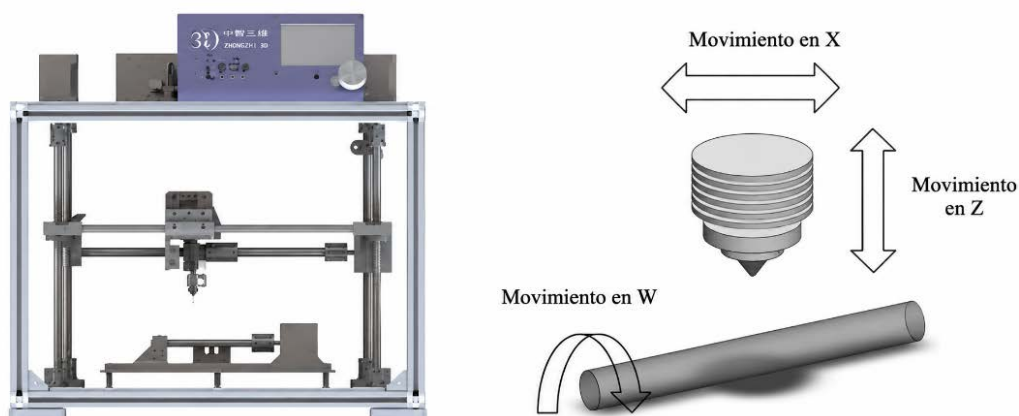


Figura 1. Proceso de Manufactura Aditiva tubular para stents bioabsorbibles [1].



INICIO



¿Y QUÉ OPINA LA CIENCIA?



CIENCIAS APLICADAS



CIENCIAS BÁSICAS



CIENCIAS DE LA SALUD



CIENCIAS SOCIALES

Ajustando la precisión: el efecto de los parámetros de impresión

Para que un stent funcione correctamente debe tener una precisión dimensional extremadamente alta, del orden de micrómetros [1].

Los investigadores analizaron cómo distintos parámetros de impresión afectan las características físicas del stent de PCL, como su precisión dimensional, la distribución del material y su comportamiento radial [1].

Los principales parámetros estudiados fueron [1]:

Temperatura de la boquilla: influye en la viscosidad del polímero.

Tasa de flujo: determina la cantidad de material extruido.

Velocidad de impresión: define la rapidez con que se mueve la boquilla.

Los resultados mostraron que la precisión dimensional depende principalmente de la temperatura y de la tasa de flujo, mientras que la velocidad de impresión tuvo poca influencia [1].

Por ejemplo, una temperatura más alta reduce la viscosidad del PCL, permitiendo que el material fluya con mayor facilidad sobre la superficie cilíndrica. Esto puede disminuir el grosor del stent, pero aumentar el ancho de sus estructuras de soporte [1].

Controlar el grosor del stent es especialmente importante porque estudios clínicos han demostrado que los puntales más delgados reducen el riesgo de reestenosis, es decir, la nueva obstrucción del vaso sanguíneo [4], [5]. La impresión 3D facilita este control gracias al ajuste preciso de la distancia entre la boquilla y la superficie de impresión, así como del número de capas [1].

Los experimentos demostraron que este proceso puede alcanzar una precisión dimensional promedio de entre 80 % y 90 % respecto al diseño original, lo cual confirma el potencial de la impresión 3D para fabricar stents funcionales [1], [4].

La estructura del material y el comportamiento radial

Además de la forma del stent, también es importante conservar adecuadamente la estructura interna del material, conocida como cristalinidad. Una mayor cristalinidad incrementa la rigidez y la resistencia mecánica, aunque también modifica la velocidad de degradación del polímero [3], [5].

Los estudios encontraron que el proceso de impresión 3D altera muy poco la estructura del PCL, lo que representa una ventaja importante frente al corte láser, ya que evita tratamientos posteriores costosos para restaurar las propiedades del material [1], [4].

En cuanto al comportamiento radial, los stents de PCL mostraron gran flexibilidad, con una expansión promedio cercana al 320 % y un retroceso elástico (recoil) de aproximadamente 22 % [1]. Esta flexibilidad permitió evitar rupturas durante la expansión del dispositivo.

La capacidad de expansión radial es fundamental para mantener abierto el vaso sanguíneo después de la angioplastia [4], [5]. En la Figura 2 se presenta un gráfico que ilustra la elevada expansión y el bajo retroceso elástico de los stents de PCL.



INICIO



¿Y QUÉ OPINA LA CIENCIA?



CIENCIAS APLICADAS



CIENCIAS BÁSICAS



CIENCIAS DE LA SALUD



CIENCIAS SOCIALES

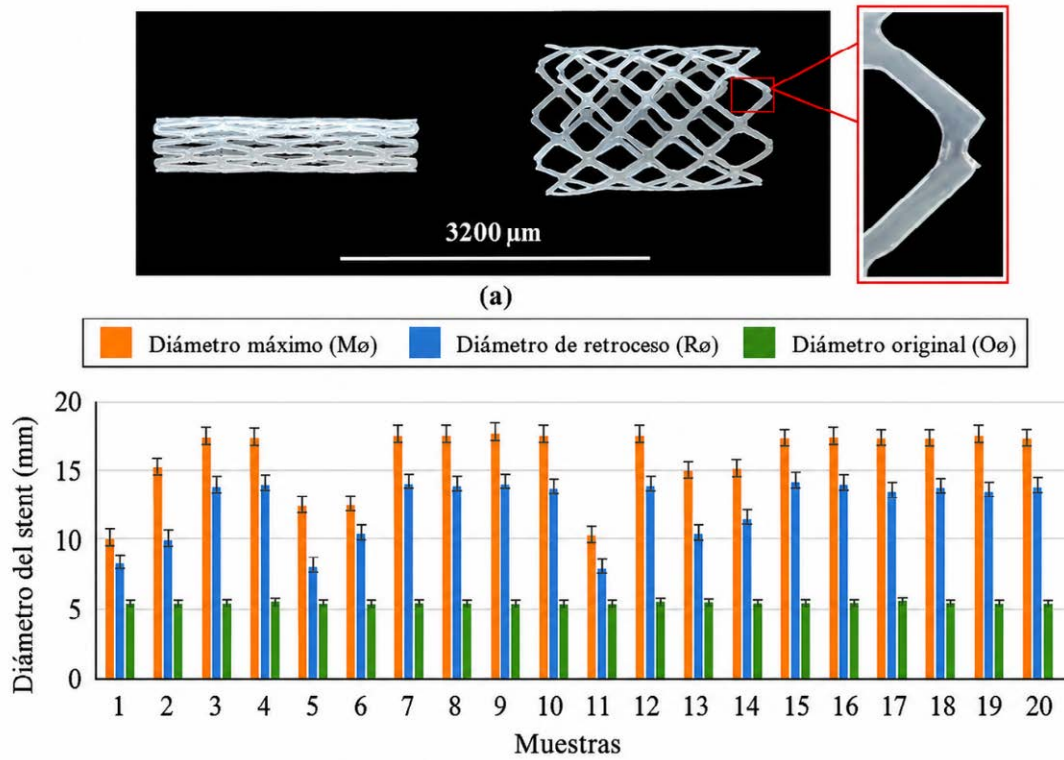


Figura 2. Comportamiento radial típico de un stent de PCL impreso en 3D [1].

La ingeniería de stents compuestos (PCL/PLA)

Aunque el PCL ofrece gran flexibilidad, también presenta un inconveniente: su retroceso radial después de la expansión es relativamente alto [1]. En contraste, el PLA tiene un retroceso mucho menor gracias a su mayor rigidez, pero su capacidad de expansión es limitada [2].

Para combinar las ventajas de ambos materiales, los investigadores desarrollaron stents compuestos de PCL/PLA utilizando la misma tecnología de impresión 3D tubular [2]. Esta técnica permite fabricar estructuras multicapa, algo muy difícil de lograr con métodos tradicionales como el corte láser [1], [2].

Los stents compuestos mostraron propiedades prometedoras [2]:

- Mantuvieron la elasticidad del PCL, favoreciendo una buena expansión radial.

- Aprovecharon la rigidez del PLA, reduciendo el retroceso excesivo.

Además, las pruebas biológicas realizadas con células fibroblásticas 3T3 demostraron que ambos materiales son biocompatibles. El PCL mostró una proliferación celular superior, lo cual podría favorecer la cicatrización vascular [2].

En aplicaciones cardiovasculares, se propone utilizar PCL en la capa exterior para estimular la regeneración celular de la pared del vaso y PLA en la capa interior para disminuir la proliferación excesiva asociada con la reestenosis [2].

En la Figura 3 se muestra un esquema comparativo del comportamiento mecánico de los stents de PCL, PLA y del compuesto PCL/PLA.



INICIO



¿Y QUÉ OPINA LA CIENCIA?



CIENCIAS APLICADAS



CIENCIAS BÁSICAS



CIENCIAS DE LA SALUD



CIENCIAS SOCIALES

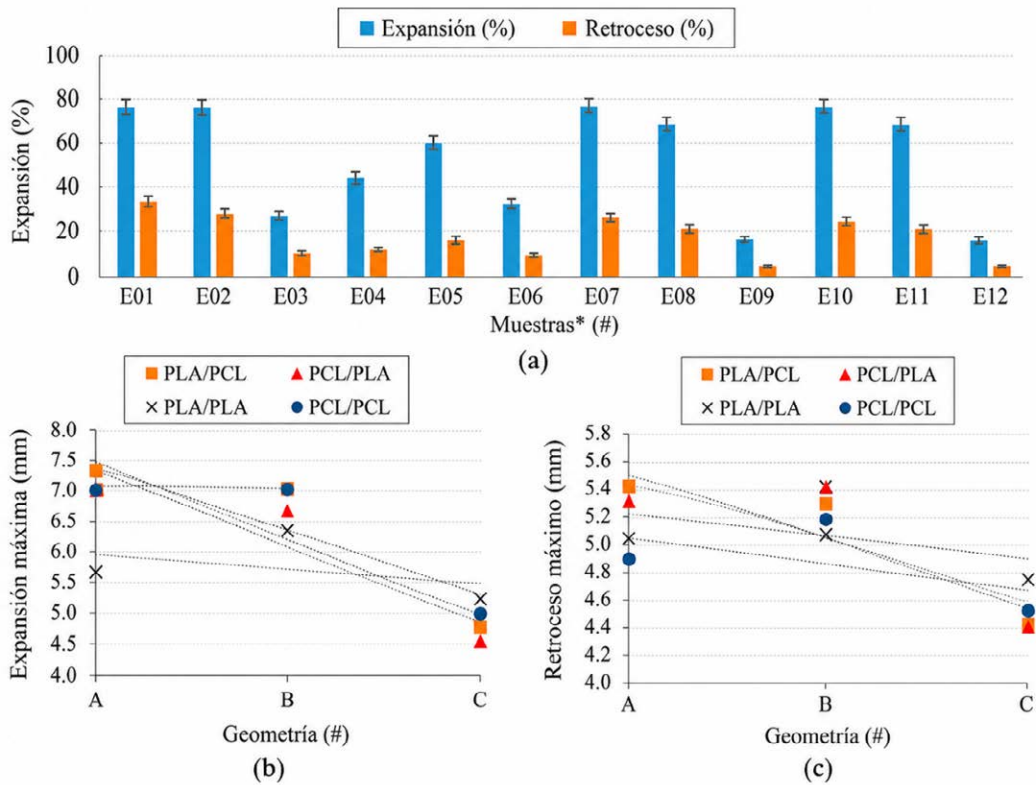


Figura 3. Stent compuesto PCL/PLA y ventajas mecánicas [2].

Stents para cirugía pancreática: un caso de estudio en personalización

La aplicación de stents biodegradables impresos en 3D no se limita a las arterias coronarias. También ofrece soluciones prometedoras en cirugías complejas, como la pancreatoduodenectomía, un procedimiento frecuente en pacientes con tumores en la cabeza del páncreas [6].

Una de las principales complicaciones posteriores a esta cirugía es la fístula pancreática postoperatoria (POPF, por sus siglas en inglés: Postoperative Pancreatic Fistula), que ocurre cuando el jugo pancreático se filtra hacia el abdomen [6].

Los stents de silicona tradicionales presentan dos problemas principales [6]:

Si el tamaño del stent es menor que el conducto pancreático, queda un espacio que favorece las filtraciones.

Si el ajuste es demasiado preciso, la sutura quirúrgica se vuelve más complicada.

Además, estos dispositivos pueden desplazarse y causar complicaciones como pancreatitis, formación de cálculos o perforaciones intestinales [6].

Para resolver estos problemas, investigadores desarrollaron un stent biodegradable de PLA impreso en 3D y diseñado específicamente para cada paciente [6].

Mediante tomografías computarizadas (CT, por sus siglas en inglés: *Computed Tomography*), se generan reconstrucciones tridimensionales precisas del páncreas y del conducto pancreático. Esto permite fabricar stents personalizados que coinciden exactamente con las dimensiones anatómicas requeridas [6].

El diseño incorpora orificios laterales para facilitar el drenaje de fluidos y un disco en el extremo intestinal para mejorar el acoplamiento y simplificar la sutura [6].



INICIO



¿Y QUÉ OPINA LA CIENCIA?



CIENCIAS APLICADAS



CIENCIAS BÁSICAS



CIENCIAS DE LA SALUD



CIENCIAS SOCIALES

Resultados prometedores en cirugía pancreática

Los experimentos realizados en mini cerdos tibetanos compararon los stents impresos en 3D con los stents tradicionales de silicona [6].

Los resultados mostraron una reducción significativa en el tiempo quirúrgico y en la duración de la anastomosis pancreaticoyeyunal, es decir, la unión quirúrgica entre el páncreas y el intestino [6].

En términos de seguridad, no se observaron diferencias importantes en complicaciones postoperatorias, como pancreatitis o fistulas pancreáticas, respecto al grupo tratado con stents convencionales [6].

Además, el análisis inmunohistoquímico confirmó que el dispositivo no incrementó la inflamación local, lo que respalda su biocompatibilidad [6].

La impresión 3D también demostró una gran precisión anatómica, con discrepancias máximas de solo 0.2 mm entre las mediciones obtenidas mediante tomografía y las observadas durante la cirugía [6].

Impacto y reflexión social

La impresión 3D de stents bioabsorbibles representa un avance importante hacia la medicina personalizada y los tratamientos mínimamente invasivos [2], [4], [6].

Entre sus principales beneficios destacan:

La reducción de complicaciones tardías, como trombosis y reestenosis, al evitar la permanencia del metal [3], [4].

La disminución de costos de fabricación, gracias a un proceso más limpio y eficiente [1], [4].

La posibilidad de crear dispositivos adaptados a la anatomía específica de cada paciente [2], [6].

La investigación también ha demostrado que combinar materiales como PCL y PLA permite superar las limitaciones mecánicas de cada polímero por separado [2], [5]. Esta estrategia produce stents con propiedades más adecuadas para aplicaciones biomédicas exigentes.

Conclusión

El desarrollo de stents bioabsorbibles impresos en 3D a partir de polímeros como PCL y PLA representa una de las líneas de investigación más prometedoras en la medicina moderna. Los estudios revisados demuestran que esta tecnología puede fabricar dispositivos con alta precisión dimensional y propiedades mecánicas adecuadas para aplicaciones clínicas.

Además, el control preciso de parámetros como la temperatura y la tasa de flujo permite optimizar la calidad del stent y adaptar sus características a distintas necesidades médicas.

Más allá de la cardiología, la impresión 3D también ofrece soluciones innovadoras para cirugías complejas, como las pancreáticas, mediante dispositivos personalizados que simplifican los procedimientos y reducen complicaciones postoperatorias.

Aunque la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés: *Food and Drug Administration*) todavía limita el uso clínico de algunos stents impresos en 3D y se requieren más estudios clínicos, la evidencia científica sugiere que esta tecnología podría transformar el futuro de los dispositivos médicos implantables.

El stent bioabsorbible no solo representa una mejora frente al stent metálico tradicional; también simboliza un futuro en el que los tratamientos médicos desaparecen una vez cumplida su función, dejando al paciente sano y sin rastros permanentes de intervención.



INICIO



¿Y QUÉ OPINA LA CIENCIA?



CIENCIAS APLICADAS



CIENCIAS BÁSICAS



CIENCIAS DE LA SALUD



CIENCIAS SOCIALES

Referencias bibliográficas

- [1] A. J. Guerra and J. Ciurana, “3D-Printed Bioabsorbable Polycaprolactone Stent: The Effect of Process Parameters on Its Physical Features,” *Materials & Design*, vol. 141, pp. 20–29, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2017.10.045>.
- [2] A. J. Guerra, P. Cano, M. Rabionet, T. Puig, and J. Ciurana, “3D-Printed PCL/PLA Composite Stents: Towards a New Solution to Cardiovascular Problems,” *Materials*, vol. 11, no. 9, p. 1679, 2018, doi: <https://doi.org/10.3390/ma11091679>.
- [3] Q. Luo *et al.*, “Degradation Model of Bioabsorbable Cardiovascular Stents,” *PLoS ONE*, vol. 9, no. 11, e110278, 2014, doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110278>.
- [4] W. Hua *et al.*, “3D Printing of Biodegradable Polymer Vascular Stents: A Review,” *Chinese Journal of Mechanical Engineering: Additive Manufacturing Frontiers*, vol. 1, p. 100020, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cjmeam.2022.100020>.
- [5] Y. Wei, M. Wang, D. Zhao, H. Li, and Y. Jin, “Structural Design of Mechanical Property for Biodegradable Polymeric Stent,” *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2019, Article ID 2960435, 14 pp., 2019, doi: <https://doi.org/10.1155/2019/2960435>.
- [6] F. Xiang, C. Yao, G. Guan, and F. Luo, “Application of 3D Printing to Design and Manufacture Pancreatic Duct Stent and Animal Experiments,” *Bioengineering*, vol. 11, no. 10, p. 1004, 2024, doi: <https://doi.org/10.3390/bioengineering11101004>.



INICIO



¿Y QUÉ OPINA
LA CIENCIA?



CIENCIAS
APLICADAS



CIENCIAS
BÁSICAS



CIENCIAS
DE LA SALUD



CIENCIAS
SOCIALES