

**ARTÍCULOS/ARTICLES**

# Impresión 3D en educación. Perspectiva teórica y experiencias en el aula

## 3D Printing in Education. Theoretical Perspective and Classroom Experiences

**Juan Carlos de la Cruz-Campos**

Universidad de Granada, España  
[juancarlosdelacruz@ugr.es](mailto:juancarlosdelacruz@ugr.es)

**María Natalia Campos-Soto**

Universidad de Granada, España  
[ncampos@ugr.es](mailto:ncampos@ugr.es)

**Carmen Rodríguez-Jiménez**

Universidad de Granada, España  
[carmenrj@ugr.es](mailto:carmenrj@ugr.es)

**Magdalena Ramos Navas-Parejo**

Universidad de Granada, España  
[magdalena@ugr.es](mailto:magdalena@ugr.es)

**Recibido/Received:** 10/3/2022

**Aceptado/Accepted:** 6/5/2022



### RESUMEN

La impresión 3D en el ámbito universitario utiliza impresoras que permiten realizar impresiones tridimensionales de objetos y ponen en práctica una metodología de enseñanza mediante la impresión de modelos que se pueden enseñar a un amplio colectivo de estudiantes, de forma interactiva y progresiva, desde Primaria, Secundaria y Formación Profesional hasta los estudios universitarios y de posgrado, especialmente en la educación de las áreas STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Los recursos utilizados en la impresión 3D se pueden integrar en diferentes áreas de las ciencias en un enfoque de la enseñanza basado en la interdisciplinariedad y aplicabilidad de los conocimientos científicos y matemáticos. El presente trabajo pretende dar a conocer el papel de la impresión 3D en la educación, sus características, ventajas y desventajas, así como ilustrar varias experiencias educativas en distintos niveles, proporcionando un marco de referencia que expone la situación actual en cuanto a su uso. Las experiencias educativas utilizando la impresión 3D obtienen aprendizajes significativos gracias a la experimentación manipulativa, el fomento de la motivación para aprender y mejores resultados educativos. Los estudiantes aprenden mientras experimentan y se divierten, se genera un deseo por continuar adquiriendo conocimientos aplicables tanto en el ámbito profesional como personal.

**PALABRAS CLAVE:** TIC; impresión 3D; educación superior; nuevas metodologías; *makerspaces*.

**CÓMO CITAR:** De la Cruz-Campos, J. C., Campos-Soto, M. N., Rodríguez-Jiménez, C. y Ramos Navas-Parejo, M. (2022). Impresión 3D en educación. Perspectiva teórica y experiencias en el aula. *Revista Centra de Ciencias Sociales*, 1(1), 67-80. <https://doi.org/10.54790/rccs.16>

La versión en inglés de este artículo puede consultarse en <https://centracs.es/revista>

**ABSTRACT**

3D printing in universities uses printers that enable the three-dimensional printing of objects. A teaching methodology based on the printing of models is implemented that can be taught interactively and progressively to a wide range of students, from primary and secondary education and vocational training through to undergraduate and postgraduate studies, particularly in the STEM fields of education (Science, Technology, Engineering and Mathematics).

The resources used in 3D printing can be integrated in different fields of science as part of a teaching approach based on interdisciplinarity and the application of scientific and mathematical knowledge.

This study aims to disclose the role of 3D printing in education, its characteristics, advantages and disadvantages, as well as illustrate various educational experiences on different levels, providing a reference framework that sets out the current situation in terms of its use. Educational experiences using 3D printing obtain meaningful learning thanks to manipulative experimentation, the fostering of motivation to learn, and improved educational results. Students learn while they experiment and have fun, creating a desire to continue acquiring knowledge that is relevant on both a professional and personal level.

**KEYWORDS:** ICT; 3D printing; higher education; new methodologies; makerspaces.

## 1. Introducción

En los últimos años, la inclusión de las tecnologías en las aulas y en todos los procesos de enseñanza-aprendizaje ha supuesto un gran avance dentro del área de la educación. Son multitud los diferentes escenarios y posibilidades que estos elementos ofrecen y cada día evolucionan y se generan elementos nuevos que dan lugar a una mayor variedad de herramientas y metodologías.

Objetos, materiales, máquinas o herramientas que hasta hace poco habían sido consideradas propias de otras áreas del conocimiento, ahora son aplicables a la educación para poder extraer de ellas su máximo potencial. De este modo, la robótica, la realidad aumentada o la impresión 3D se están introduciendo en los procesos educativos de una manera cada vez más frecuente. Este último elemento va a ser el centro del presente estudio, que pretende dar a conocer el papel de la impresión 3D en la educación, sus características, ventajas y desventajas, así como diferentes experiencias educativas en distintos niveles para proporcionar un marco de referencia que exponga la situación actual.

La impresión 3D consiste en el empleo de una impresora que permite realizar impresiones de objetos con volumen, es decir tridimensionales. Estos objetos se crean a partir de diseños concretos creados mediante programas denominados CAD (Diseño Asistido por Ordenadores) (Moreno *et al.*, 2016).

Hay mucha variedad a la hora de producir los diseños tridimensionales, que pueden ser piezas con todo tipo de forma o figura. La educación, como ya se ha mencionado, no ha sido el sector precursor del uso de este elemento, sino que fueron los sectores más técnicos dentro de la ciencia, como la arquitectura, las ingenierías o el diseño industrial los que comenzaron a utilizarlo (Mpofu *et al.*, 2014; Ford y Minshall, 2019). Actualmente, el campo de la medicina emplea esta técnica para la fabricación de prótesis (Sanz-Gil, 2017); en geografía, para mapas con relieve (Šašinka *et al.*, 2028;

Oswald *et al.*, 2019); en dibujo técnico, para realizar piezas que se puedan manipular, o en arte, para realizar réplicas de obras (Saorín *et al.*, 2017).

Igualmente, en el área de la educación, la impresión 3D empleada como recurso didáctico está cobrando fuerza. Esto se debe a que se entienden los procesos de enseñanza-aprendizaje como *makerspaces*, esto es, espacios de construcción y creación donde el aspecto digital es de especial importancia. De este modo, los estudiantes participan de forma activa en la resolución de problemas de carácter práctico (Ford y Minshall, 2019).

El objetivo del uso de esta técnica dentro de la educación radica en la renovación o reciclado de las aulas tradicionales como espacios creativos que aborden las necesidades futuras de los estudiantes y los formen a través del aprendizaje experiencial (Popescu *et al.*, 2019).

El uso de objetos tangibles o maquetas como recurso didáctico siempre ha sido uno de los más frecuentes en educación. Sin embargo, en los últimos tiempos y al cobrar la tecnología una importancia supina en la educación, estas maquetas son ahora realizadas por herramientas digitales.

En este escenario se debe hacer hincapié en un término estrechamente relacionado, el modelado 3D. Supone el paso previo de la impresión tridimensional, pues desde un dispositivo digital, ya sea una tablet, un ordenador o el propio teléfono móvil, con determinadas aplicaciones se pueden diseñar o transformar modelos de diferentes elementos hasta conseguir el deseado antes de imprimirlo; en definitiva, aumenta las posibilidades de creación y adaptación de la futura maqueta a las necesidades (Cervera *et al.*, 2015).

Por lo tanto, la creación de un objeto tridimensional puede llevarse a cabo de dos formas diferentes, tanto digital como tangible; son buenas opciones que pueden complementarse.

La creación de modelos digitales supera algunas de las desventajas de los objetos materiales, como pueden ser las roturas. De la misma manera, el hecho de tener el modelo en formato digital hace posible su difusión, su réplica tantas veces se desee, la reproducción y visualización simultánea en varios dispositivos, el almacenaje, el transporte, entre otras.

El empleo de modelos digitales, así como modelos tridimensionales en el área educativa, se está haciendo posible gracias a los precios asequibles que actualmente se ofrecen. En este aspecto, han influido mucho las diferentes aplicaciones que han abaratado el coste, pues tanto docentes como discentes pueden acceder a ellas de manera gratuita (Carbonell *et al.*, 2016).

## 2. Ventajas e inconvenientes

### 2.1. Inconvenientes

El uso de modelos tangibles para ayudar a los estudiantes a visualizar estructuras educativas en tres dimensiones ha sido un pilar de la educación general, especialmente en ciencias, durante muchos años. Los clásicos modelos anatómicos, biológi-

cos, botánicos, mecánicos, etc., eran reutilizados por generaciones distintas de estudiantes a lo largo de todo el globo. Sin embargo, los kits de modelado convencionales estaban limitados en cuanto a los tipos y la precisión de los modelos y las estructuras que se podían usar para construir.

Para paliar esas limitaciones, y en sus comienzos, los sistemas CAD estaban constituidos por herramientas de representación gráfica bidimensionales (2-D) o tridimensionales (3-D) que incluían engorrosos procesos de diseño hasta llegar a la fabricación, muchas veces artesanal (Vidal y Mulet, 2006), pero hoy en día la mayoría de los educadores actuales han sido formados antes de la disponibilidad generalizada de programas CAD avanzados y paquetes de modelado sólido para la impresión 3D, aunque los profesores que vislumbran ventajas educativas en la impresión 3D frecuentemente deben formarse en diversas técnicas que, muchas veces, se les escapan de sus conocimientos o deben recurrir a fuentes virtuales de formación (YouTube, e-learning, etc.) (Veisz *et al.*, 2012).

La falta de formación ha llevado a algunos educadores a realizar diseños previos en bocetos y cálculos manuales para completar la fase de diseño conceptual y de realización alargando el proceso de preparación. El desarrollo reciente de la tecnología de impresión 3D ha permitido crear una variedad mucho más amplia de estructuras para la enseñanza, pero no son fáciles de implementar. La creación de los archivos necesarios para imprimir estructuras complejas suele ser técnicamente difícil y requiere el uso de varios programas de software, que no siempre son fáciles de manejar y que se encuentran en un inglés muy técnico (Jones y Spencer, 2018).

Además, no todos los educadores o estudiantes tienen los recursos o la habilidad técnica para crear dichos archivos y, por lo tanto, se desaniman al intentar usar la impresión 3D en el aula. En general, la impresión 3D requiere el acceso a bases de datos con los recursos necesarios, como UniProt o PubChem para estructuras químicas, biológicas o humanas. Con esas bases de datos, pueden crearse estructuras básicas de moléculas, células o estructuras químicas de forma interna en el ordenador del profesor u obtenerse fácilmente en línea desde las mencionadas bases de datos. No obstante, en ellas es difícil almacenar prototipos depurados o borrar fallos en el diseño.

Para manejar adecuadamente los programas y las bases de datos, la impresión 3D requiere disponibilidad de tiempo, variedad de materiales, acceso a instalaciones o proveedores locales o disponibles *on line* con las impresoras necesarias y de recursos económicos para obtener modelos tangibles para un amplio y suficiente número de alumnado y, aunque las impresoras 3D comerciales cada vez son más económicas, sus adaptaciones a los softwares no siempre permiten su uso para la variedad de disciplinas que se requieren en el aula.

Una crítica común a las técnicas de impresión 3D es que pueden inducir a que el educador/diseñador se centre en los detalles en lugar de en los principios subyacentes (Utterback *et al.*, 2006). Está escrito que «esbozar a mano le permite a un diseñador capturar una idea rápidamente; se concentra en lo esencial más que en las campanas y silbatos» (*ibid.*).

Esto se puede respaldar examinando la información requerida por un sistema CAD para generar una representación de un objeto con respecto a la cantidad de información requerida para diseñar el prototipo.

## 2.2. Ventajas

No obstante, frente a estas desventajas, se han desarrollado métodos simples para generar fácilmente los archivos necesarios para la impresión 3D de casi cualquier estructura previamente archivada utilizando el servidor Print Exchange de los National Institutes of Health (<http://3dprint.nih.gov/>) (o alternativas simples), entre otros (Coakley *et al.*, 2014).

Este es un sitio web abierto, completo e interactivo para buscar, explorar, descargar y compartir archivos de impresión 3D. Con esta base de archivos se pueden explorar las opciones para imprimir diferentes estructuras de manera rápida y económica en una variedad de materiales utilizando tiendas locales y en línea, así como impresoras 3D internas mediante protocolos bastante simples.

La simplificación de las herramientas de hardware y software requeridas para la impresión 3D significa que la tecnología se está volviendo accesible incluso para los no expertos. La diversidad de intereses en la impresión 3D, junto con la amplia distribución de las propias impresoras, significa que existe una plétora de oportunidades para aplicar la impresión 3D a la educación en todos sus niveles (Miller, 2014).

Esta metodología puede llevar la impresión 3D a un público más amplio, lo que ayuda a difundir su uso en educación de las ciencias y también puede ser utilizado en ejercicios de aprendizaje autodirigidos por los propios estudiantes. En la pedagogía moderna, los sistemas de educación utilizando el modelo de impresión 3D pueden apoyar y visualizar el diseño a medida que se va realizando, estimular la creatividad, mejorar la gestión administrativa de los recursos necesarios para conducir los software y hardware adecuados, permitir el trabajo colaborativo y diseñar de forma interactiva con el estudiante usuario (figura 1).

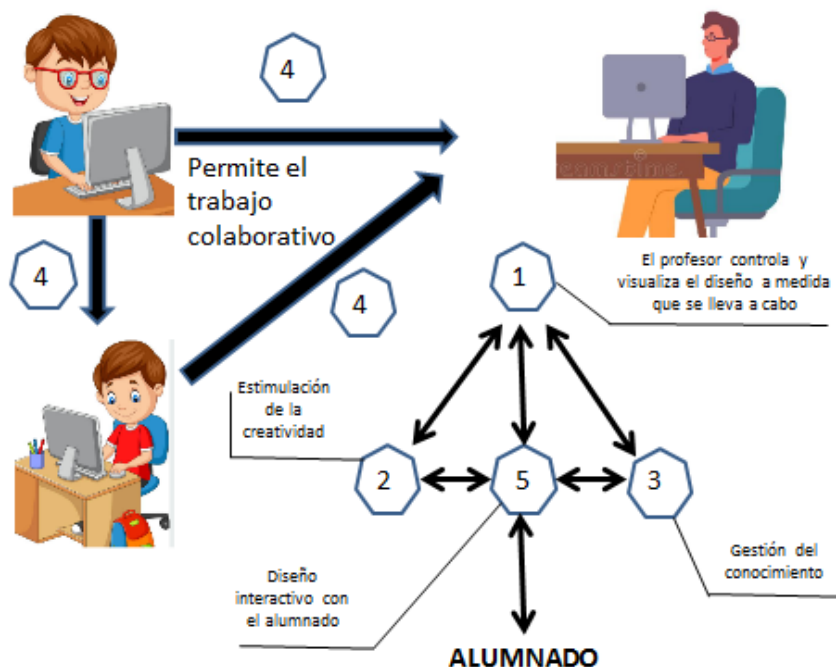
La metodología de enseñanza mediante la impresión de modelos 3D puede introducir a una amplia gama de estudiantes, de forma interactiva y progresiva, desde Primaria, Secundaria y Formación Profesional hasta los estudios universitarios y de posgrado, especialmente en la educación de las áreas STEM, integrando diferentes áreas de las ciencias en un enfoque de enseñanza basado en la interdisciplinariedad y aplicabilidad de los conocimientos de ciencias y matemáticas.

Los proyectos y actividades propuestos bajo el enfoque 3D tienen como objetivo la aplicación del conocimiento científico y matemático en un contexto vinculado a la tecnología y la ingeniería tridimensional, tangible y práctica.

En el contexto educativo, la impresión 3D permite al alumnado explorar la relación entre forma y función en el tejido vivo con la impresión tridimensional, ya que la forma en que la estructura se relaciona con la función, a través de escalas espaciales, desde la molécula individual hasta el organismo completo, es un tema central en biología. Gracias a la impresión 3D se puede invertir la pregunta: ¿la función seguirá a la forma?

Es decir, permite aproximarse de forma práctica o experimentalmente a la arquitectura de los tejidos vivos, con la esperanza de que la estructura que se crea conduzca a la función que deseamos llevando al alumnado a una nueva experiencia de aprendizaje (Miller, 2014).

**Figura 1**  
Elementos del sistema de diseño 3D



Fuente: Modificado de Vidal y Mulet, 2006.

La precisión de las muestras impresas en 3D es comparable a las muestras originales en muchas disciplinas biológicas, incluso anatómicas (McMenamin *et al.*, 2014). Este enfoque alternativo para producir reproducciones anatómicamente precisas ofrece muchas ventajas sobre la plastinación, ya que permite la producción rápida de múltiples copias de cualquier espécimen estudiado, en cualquier escala de tamaño, y puede ser adecuado para cualquier centro de enseñanza en cualquier país, evitando así algunos de los problemas culturales y éticos, como son los problemas asociados con la enseñanza de ciencias médicas en especímenes reales.

### 3. Impresión 3D en educación

En los últimos años, una nueva tecnología emergente ha surgido, la impresión 3D (Sanz-Gil, 2017), que se define como:

Conjunto de tecnologías que, a partir de un modelo digital, crea un producto tangible. Esta tecnología es considerada como un tipo de fabricación aditiva, debido a que realiza objetos en 3D a partir de la aplicación sucesiva de capas de un tipo de material específico (Ortega, 2016; citado en Zavaleta, 2019, p. 35).

Existen distintas tecnologías de impresión 3D, pero la más usada en ámbitos académicos es la de fabricación por filamento fundido (FFF) o modelado por deposición fundida (FDM) (Beltrán-Pellicer y Rodríguez-Jaso, 2017).

A medida que pasan los años el pensamiento de los profesionales de la educación va cambiando en relación al rol activo del estudiante dentro del aula, ya que la experiencia ha demostrado que cuando el alumnado está involucrado en su proceso de aprendizaje se fomenta el aprendizaje significativo. Es por ello que el área de la tecnología está adquiriendo cada vez más protagonismo en el campo educativo, mostrando nuevos recursos, como la impresora 3D, que desarrolla en los discentes distintas habilidades como la organización, la creación, la imaginación, el razonamiento lógico... (Zavaleta, 2019). En relación al docente, las impresoras 3D permiten aumentar el abanico de posibilidades a la hora de diseñar y ampliar actividades que van a potenciar la interacción del alumnado con las tecnologías, permitiendo que se conviertan en el principal protagonista de su proceso de aprendizaje (Johnson *et al.*, 2016; citado en Blázquez-Tobías *et al.*, 2018).

A partir de lo expuesto, cabe decir la relevancia que cobra la función docente a la hora de seleccionar la metodología y los contenidos digitales que se trabajarán en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Moya, 2013). En relación con estos contenidos digitales, existen numerosos programas que permiten modelar y poner en práctica la impresión 3D.

### 3.1. Aplicaciones 3D y su uso educativo

Actualmente, la impresión 3D es una tecnología educativa asequible, ya que su coste se ha reducido considerablemente, al ser liberadas las patentes que trajo consigo el proyecto Reprap (Blázquez-Tobías *et al.*, 2018). Existen numerosos materiales que pueden ser utilizados para imprimir en 3D, pero el más empleado en el aula, debido a su bajo coste y a su versatilidad, son los plásticos termoplásticos (PLA o ABS) (Evans, 2012).

Asimismo, existen diferentes softwares de diseño 3D, por ejemplo, OpenSCAD (programa muy versátil para impresión de elementos sólidos con software compatible con Linux, Windows y Mac) o FreeCAD (herramienta de diseño 3D muy utilizada por ser libre y útil en cualquier tamaño imaginable); o software de laminado, como puede ser Ultimaker Cura 3D (es el software de impresión 3D más popular en el mundo gracias a su fácil flujo de trabajo y capacidad para realizar configuraciones personalizadas), que nos permiten imprimir objetos relacionados con cualquier área de conocimiento: matemáticas, música, historia, tecnología... ayudando a la comprensión de los contenidos de la materia y fomentando la motivación, la creatividad y el interés en el alumnado (Sánchez *et al.*, 2016).

Según el último Informe Horizon, las impresoras 3D son una tecnología que tendrá un gran impacto educativo en los próximos años, llevando a los estudiantes a aprender explorando de forma manipulativa, es decir, aprender haciendo (Adams *et al.*, 2017). Asimismo, este informe indica que la impresión 3D permite contextualizar el aprendizaje, llegando a ser un recurso adecuado para trabajar con alumnado con necesidades educativas especiales (NEE), ya que puede ayudarles a desarrollar su crea-

tividad, su motivación y las competencias establecidas, mientras trabajan de forma cooperativa y colaborativa con el grupo-clase.

Lütolf (2014) afirma que todos los estudiantes, desde los de Educación Primaria hasta los universitarios, tienen la capacidad para utilizar impresoras en 3D y programas de diseño y laminado, teniendo en cuenta que la complejidad del objeto a diseñar e imprimir irá en aumento en función de la edad. Además, aclara que se trata de un recurso seguro para ser utilizado en el aula.

Con respecto al uso que se puede realizar con las impresoras en 3D en contextos educativos, Johnson *et al.* (2016) puntualizan las ventajas de utilizar esta metodología de trabajo en los aprendizajes basados en proyectos (ABP). En este sentido, en 2017 se inauguró en Bogotá el primer laboratorio escolar de impresión 3D, que cuenta con diez impresoras Replicator+ de MakerBot. En el laboratorio, el alumnado de Educación Infantil, Primaria y Secundaria desarrolla proyectos de diseño e impresión 3D que les permiten reforzar los objetivos de aprendizaje de diferentes asignaturas: música, biología, historia, matemáticas y física. Concretamente, los estudiantes de Educación Infantil empiezan aprendiendo las dimensiones espaciales, mientras que los de Educación Primaria y Secundaria, a través de un software de modelado 3D, realizan bocetos y maquetas de diferentes objetos para, posteriormente, imprimirlos. Esta tecnología ha permitido que los docentes implementen proyectos innovadores en sus programas de estudio y que el alumnado incremente sus destrezas creativas, de planificación, de colaboración, comunicación y pensamiento crítico (Rosales, 2017).

Otro ejemplo lo encontramos en los equipos de FIRST Robotics, que han implementado las tecnologías aditivas (AM) por su gran utilidad para imprimir piezas y robots. Los objetos AM favorecen el aprendizaje de temas difíciles y complejos de comprender como son los fenómenos biológicos y químicos. Es por ello que el Centro de Modelado BioMolecular de la Escuela de Ingeniería de Milwaukee ha utilizado AM para crear estructuras moleculares y modelos físicos de proteínas, haciendo que el mundo molecular sea real en las manos de sus estudiantes (Huang y Leu, 2014).

## 4. Experiencias educativas con impresión 3D

Existen multitud de experiencias educativas que han utilizado la impresión 3D como recurso didáctico, dados los múltiples beneficios que aporta para el aprendizaje de contenidos variados en las diferentes etapas educativas y disciplinas (Moreno *et al.*, 2016; Popescu *et al.*, 2019).

Especialmente en el caso de las ingenierías y áreas de diseño, este material didáctico ofrece a los estudiantes la oportunidad de enfrentarse a problemas y situaciones reales con los que poder interactuar, analizar y buscar una respuesta adecuada. De este modo, se consigue fortalecer las habilidades mecánicas, espaciales y asociativas, así como un aprendizaje significativo, y se desarrolla la creatividad y el autoaprendizaje. Además, las impresoras 3D permiten crear modelos tridimensionales que representan conceptos complejos y facilitan la creación de ideas y diseños novedosos. Así se ha demostrado en experiencias como las realizadas por Rua *et al.* (2018) en la asignatura de geometría descriptiva del programa de ingeniería mecánica, donde el



estudiantado debe aprender a representar objetos tridimensionales en espacios bidimensionales, utilizando técnicas geométricas. Con los materiales tradicionales no se estimulan la memoria espacial, la capacidad de abstracción y la asociación, debido a la falta de interacción con los objetos reales. Por este motivo, haciendo uso de la impresión 3D se pudieron fabricar modelos a escala real, con los que el estudiantado identificó formas y pudo comprender con facilidad las proyecciones en dos dimensiones, además de componer un modelo 3D para formar todas las piezas.

En el área de las Matemáticas, también la impresión en 3D puede ser muy útil para entender algunos conceptos abstractos, como la integración. Este es un aspecto fundamental del cálculo, que está basado en la concepción de la suma como una infinidad de áreas o volúmenes infinitamente pequeños. Así, en un aula de cálculo integral de la Facultad de Ingeniería Mecánica se diseñó un programa en OpenScad para generar material didáctico en 3D de sumas de Riemann, a través de rectángulos fabricados a escala real.

Bonet *et al.* (2017), por su parte, realizaron un estudio piloto con el alumnado del Grado de Ingeniería Electrónica y Automática de la Universidad de La Laguna, con el objetivo de analizar la influencia del uso de las impresoras 3D para fomentar la creatividad. El resultado adquirido mostró un gran incremento de la misma, llegando a valores solo alcanzados en grados puramente creativos, como Bellas Artes.

Beltrán-Pellicer y Rodríguez-Jaso (2017) corroboraron su eficacia educativa en el área de las Matemáticas, concretamente dentro de los contenidos de geometría y razonamiento probabilístico.

Mesa *et al.* (2021) llevaron este novedoso recurso a las aulas de secundaria, para demostrar su eficacia en el aprendizaje de las ingenierías, desarrollando en el alumnado aspectos tan importantes como la imaginación, el diseño y la realización de mecanismos de robótica a través del diseño de ingeniería.

Plaza-González (2021) creó un proyecto completo aunando todos los contenidos de Dibujo Técnico del primer curso de Bachillerato, que culminó con la impresión en 3D del objeto diseñado. La impresión en 3D la considera fundamental para conseguir competencias que permiten colaborar con otras disciplinas, comprendiendo los procesos de diseño del mundo profesional.

Este recurso también se utiliza y resulta muy eficaz con estudiantes de menor edad. Blázquez-Tobías *et al.* (2018) aseguran que estas experiencias se pueden ir complicando en función del desarrollo de la capacitación del alumnado. En esta línea, Daniel *et al.* (2021) implantaron esta herramienta en las aulas de Educación Primaria y Secundaria con el fin de trabajar de forma transversal varias asignaturas. En el área de Educación Física se imprimieron en 3D varias obras de arte. Después, a través de un *break out*, el alumnado, trabajando en equipo, tuvo que alcanzar retos y superar diferentes pruebas para obtener un código que les permitiría su objetivo: abrir el candado de un cofre. De este modo se consiguió despertar el interés de los estudiantes, los cuales aprendieron, de forma transversal, los contenidos de diferentes áreas sin necesidad de utilizar el libro de texto.

Gómez-Ruiz (2018) también desarrolló una experiencia con modelos tridimensionales en Educación Primaria, dejando constancia de su utilidad para favorecer la

inclusión educativa, pues estos recursos fueron muy útiles para el alumnado que presentaba dificultades para reconocer el carácter tridimensional de los objetos y fundamentales para el alumnado con discapacidad visual, el cual podía reconocer las diferentes formas en 3D a través de la manipulación de los modelos. De esta forma crearon mapas, planetas y elementos químicos con la impresora en 3D que posee el centro educativo.

Dentro de la educación no formal, también existen experiencias de aplicaciones de la impresión 3D como la llevada a cabo por Nolla *et al.* (2021) en el club de matemáticas de la *Scuola* italiana de Madrid, en la que se llevaron a cabo distintas actividades con la finalidad de profundizar y aprender matemáticas desde otro punto de vista. El proyecto «Aeromodelismo y matemáticas» permitió que el alumnado pudiera experimentar una aplicación práctica de las matemáticas en otra disciplina, mediante el uso de la impresión 3D.

## 5. Conclusiones

En el tema analizado en el presente estudio, la utilización de la impresión 3D en el ámbito educativo, se ha podido comprobar los grandes beneficios que aporta esta tecnología en el proceso de aprendizaje del alumnado. Entre las numerosas ventajas destaca la obtención de aprendizajes significativos gracias a la experimentación manipulativa que hace que se fomente en ellos la motivación por aprender, mejorando sus resultados educativos. Los estudiantes aprenden mientras experimentan y se divierten, generando en los mismos un deseo por continuar adquiriendo conocimientos que les van a servir en un futuro a corto y largo plazo, tanto en el ámbito profesional como personal.

La utilización de la tecnología 3D en la educación hace ya varios años que está cobrando especial relevancia por reconocer el papel activo del estudiante dentro de su aprendizaje. Estas tecnologías son flexibles y versátiles y pueden adaptarse dependiendo de los estudiantes, la etapa educativa, los intereses, las necesidades o la materia que se imparta.

La ventaja de acercar a los estudiantes elementos que no se encuentran a su alrededor y poder observarlos desde todos sus ángulos para un mejor estudio hace que el empleo de estos modelos y maquetas cada vez se extienda más.

De igual modo, a lo largo de todo el documento se ha corroborado que estos modelos no solo favorecen la comprensión y el desarrollo de contenidos teórico-prácticos, sino también las competencias básicas, como la competencia digital, tanto de profesores como de estudiantes. Las numerosas experiencias que se han llevado a cabo con este recurso educativo han dejado evidente el desarrollo de algunos aspectos: las habilidades mecánicas, espaciales y asociativas, la creatividad, el autoaprendizaje, la imaginación y la comprensión de conceptos abstractos. Además de incrementar la motivación del alumnado, facilitar la inclusión educativa, permitir el aprendizaje transversal y la experimentación en las aulas, otorgando al alumnado la oportunidad de aprender de forma activa, favoreciendo el aprendizaje significativo.

El sistema de impresión 3D, no obstante, tiene inconvenientes, como el manejo de complejos programas informáticos, bases de datos que, aunque muy amplias, están limitadas a las áreas STEM, requiere mucha inversión en tiempo por parte del profesorado para aprender a dominar los recursos y centrarse más en los detalles que en los principios subyacentes.

En el futuro es necesario realizar más estudios empíricos que aporten resultados sobre el desarrollo cognitivo de los estudiantes, su práctica en el aula y el uso de aplicaciones 3D en diferentes niveles educativos (Ford y Minshall, 2019). También supondría un impulso para esas tecnologías introducirlas en otras áreas distintas a las STEM (Gyasi *et al.*, 2021).

## Referencias

- Adams, S., Cummins, M., Davis, A., Freeman, A., Hall, C. y Ananthanarayanan, V. (2017). *NMC Horizon Report: 2017 Higher Education Edition*. The New Media Consortium.
- Beltrán-Pellicer, P. y Rodríguez-Jaso, C. (2017). Modelado e impresión en 3D en la enseñanza de las matemáticas: un estudio exploratorio. *ReiDoCrea*, 6, 16-28. <https://doi.org/10.30827/Digibug.44193>
- Blázquez-Tobías, P. J., Orcos-Palma, L., Mainz-Salvador, J. y Sáez-Benito, D. (2018). Propuesta metodológica para la mejora del aprendizaje de los alumnos a través de la utilización de las impresoras 3D como recurso educativo en el aprendizaje basado en proyectos. *Psicología, Conocimiento y Sociedad*, 8(1), 162-193. <https://doi.org/10.26864/PCS.v8.n1.8>
- Bonet, A., Meier, C., Saorín, J. L., de la Torre, J. y Carbonell, C. (2017). Tecnologías de diseño y fabricación digital de bajo coste para el fomento de la competencia creativa. *Arte, individuo y sociedad*, 29(1), 89-104. <https://doi.org/10.5209/ARIS.51886>
- Carbonell-Carrera, C., Saorín, J. L., Meier, C., Melián-Díaz, D. y De-la-Torre-Cantero, J. (2016). Tecnologías para la incorporación de objetos 3D en libros de papel y libros digitales. *Profesional de la Información*, 25(4), 661-670. <https://doi.org/10.3145/epi.2016.jul.16>
- Cervera, M., Martínez, J. y Mon, F. (2016). Competencia digital y competencia digital docente: una panorámica sobre el estado de la cuestión. *RIITE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 0, 74-83. <https://doi.org/10.6018/riite2016/257631>
- Coakley, M. F., Hurt, D. E., Weber, N., Mtingwa, M., Fincher, E. C., Alekseyev, V., Chen, D. T., Yun, A., Gizaw, M., Swan, J., Yoo, T. S. y Huyen, Y. (2014). The NIH 3D Print Exchange: A Public Resource for Bioscientific and Biomedical 3D Prints. *3D Printing and Additive Manufacturing*, 1 (3), 137-140. <https://doi.org/10.1089/3dp.2014.1503>
- Daniel, M. J., Marcos, C. y Taberero, B. (2021). La impresión en 3D: una oportunidad para aprender y garantizar la educación inclusiva y de calidad. En C. López-Esteban (Ed.). *Innovación en la Formación de los Futuros Educadores de Educación Secundaria para el Desarrollo Sostenible y Ciudadanía Mundial* (pp. 119-136).

Ediciones Universidad de Salamanca.

- Evans, B. (2012). *Practical 3D Printers: The Science and Art of 3D Printing*. New York: Technology in Action. <https://doi.org/10.1007/978-1-4302-4393-9>
- Ford, S. y Minshall, T. (2019). Invited review article: Where and how 3D printing is used in teaching and education. *Additive Manufacturing*, 25, 131-150. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.10.028>
- Gómez Ruiz, E. (2018). Aplicaciones de la impresión 3D como experiencia motivadora en los alumnos de primaria. [Trabajo Fin de Grado Inédito]. Universidad de Sevilla, Sevilla. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/80658/1/G%C3%93MEZ%20RUIZ%2C%20ELENA%20aplicaciones%20de%20la%20impresion%203D.pdf?sequence=1>
- Gyasi, J. F., Zheng, L. y Zhou, Y. (2021). Perusing the Past to Propel the Future: A Systematic Review of STEM Learning Activity Based on Activity Theory. *Sustainability*, 13, 8828. <https://doi.org/10.3390/su13168828>
- Huang, Y. y Leu, M. C. (2014). *Frontiers of Additive Manufacturing Research and Education*. University of Florida.
- Johnson, L., Adams-Becker, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A. y Hall, C. (2016). *NMC Horizon Report 2016*. Higher Education Edition. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Jones, O. A. y Spencer, M. J. (2018). A simplified method for the 3D printing of molecular models for chemical education. *Journal of Chemical Education*, 95(1), 88-96. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00533>
- Lütolf, G. (2014). *Uso de impresoras 3D en la Escuela: La experiencia de 3drunken.ch*. Berna: University of Teacher Education.
- McMenamin, P. G., Quayle, M. R., McHenry, C. R. y Adams, J. W. (2014). The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology. *Anatomical Sciences Education*, 7(6), 479-486. <https://doi.org/10.1002/ase.1475>
- Mesa, R. J., Rodríguez, J. A. T., Llumà, J. y Gras, G. G. (2021). Impresión 3D: herramienta para la creación de vocación por las carreras técnicas. *Revista del Congrés Internacional de Docència Universitària i Innovació (CIDUI)*, (5). <https://www.raco.cat/index.php/RevistaCIDUI/article/download/392923/486567>
- Miller, J. S. (2014). The billion-cell construct: will three-dimensional printing get us there? *PLoS biology*, 12(6), e1001882. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001882>
- Moreno, N. M., Leiva, J. y López, E. (2016). Robótica, modelado 3D y realidad aumentada en educación para el desarrollo de las inteligencias múltiples. *Aula de encuentro*, 18(2), 158-183. <https://150.214.170.182/index.php/ADE/article/download/3191/2625>
- Moya, M. (2013). De las TICs a las TACs: la importancia de crear contenidos educativos digitales. *Revista DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia*, 27, 1-15. <https://raco.cat/index.php/DIM/article/view/275963>

- Mpofu, T. P., Mawere, C. y Mukosera, M. (2014). The impact and application of 3D printing technology. *International Journal of Science and Research*, 3, 2148–2152.
- Nolla, Á., Benito, A., Madonna, C., Suk Park, S. y Busatto, M. (2021). Impresión 3D como un recurso para desarrollar el potencial matemático. *Contextos educativos: revista de educación*, 28, 87–102. <http://doi.org/10.18172/con.4999>
- Ortega, A. (2016). *Fabricación digital: Introducción al modelado e impresión 3D*. Madrid: Aula Mentor.
- Oswald, C., Rinner, C. y Robinson, A. (2019). Applications of 3D printing in physical geography education and urban visualization. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 54(4), 278–287. <https://doi.org/10.3138/cart.54.4.2018-0007>
- Plaza-González, R. (2021). La impresión 3D como recurso para fomentar la visión espacial y la motivación del alumnado de Dibujo Técnico de 1º de Bachillerato. Universidad de Alicante. Departamento de Expresión Gráfica, Composición y Proyectos. Máster en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas. <http://hdl.handle.net/10045/116161>
- Popescu, D., Popa, D. M. y Cotet, B. G. (2019). Preparando a los estudiantes para la Generación Z: consideraciones sobre el currículo de impresión 3D. *Propósitos y representaciones*, 7(2), 240–254. <https://doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.280>
- Rosales, F. (2017, 17 de octubre). Imagina 3D: el primer laboratorio escolar de impresión 3D. *Observatorio del Instituto para el Futuro de la Educación*. <https://observatorio.tec.mx/edu-news/imagina-3d-el-primer-laboratorio-escolar-de-impresion-3d-makerbot>
- Rúa, E. B., Jiménez, F., Gutiérrez, G. A. y Villamizar, N. I. (2018). Impresión 3D como herramienta didáctica para la enseñanza de algunos conceptos de ingeniería y diseño. *Ingeniería*, 23(1), 70–83. <https://doi.org/10.14483/23448393.12248>
- Sánchez, L., Ferrero, R., Conde, M. Á. y Alfonso, J. (2016). Experiencia de aprendizaje basado en la implementación colaborativa de proyectos para el desarrollo de competencias emprendedoras. En *XVIII Simposio Internacional de Informática Educativa SIIE 2016*, 109–114.
- Sanz-Gil, J. J. (2017). Del TIC al TAC: Una aproximación al modelado e impresión 3D en educación superior. *Revista de Educación en Ciencias de la Salud*, 14(1), 23–29. <http://www.udec.cl/ofem/rece/anteriores/vol1412017/artinv14117b.pdf>
- Saorín, J. L., Meier, C., De la Torre-Cantero, J., Carbonell-Carrera, C., Melián-Díaz, D. y De León, A. B. (2017). Competencia Digital: Uso y manejo de modelos 3D tridimensionales digitales e impresos en 3D. *Edmetic*, 6(2), 27–46. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v6i2.6187>
- Šašinka, Č., Stachoň, Z., Sedlák, M., Chmelík, J., Herman, L., Kubiček, P. y Juřík, V. (2018). Collaborative immersive virtual environments for education in geography. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(1), 3. <https://doi.org/10.3390/ijgi8010003>

- Utterback, J. M., Ekman, S., Sanderson, S. W., Vedin, B. A., Verganti, R., Tether, B. y Alvarez, E. (2006). *Design-inspired innovation*. New York: World Scientific Publishing Co. <https://doi.org/10.1142/6052>
- Veisz, D., Namouz, E. Z., Joshi, S. y Summers, J. D. (2012). Computer-aided design versus sketching: An exploratory case study. *AI EDAM*, 26(3), 317-335. <https://doi.org/10.1017/S0890060412000170>
- Vidal, R. y Mulet, E. (2006). Thinking about computer systems to support design synthesis. *Communications of the ACM*, 49(4), 100-104. <https://doi.org/10.1145/1121949.1121955>
- Zavaleta, L.P. (2019). *Robótica e Impresión 3D aplicadas al contexto educativo*. Universidad de Barcelona, Máster de Entornos de Enseñanza y Aprendizaje Mediados por Tecnologías Digitales Facultad de Educación. [http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/155177/1/TFM\\_Zavaleta\\_Paola\\_2019.pdf](http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/155177/1/TFM_Zavaleta_Paola_2019.pdf)