

Impresión 3D en educación como estrategia para el fortalecimiento de competencias STEAM: una revisión sistemática

3D printing in education as a strategy to strengthen STEAM competencies: a systematic review

Recibido: 10/10/2025 - Aceptado: 07/01/2026

Francisco José Kroff Trujillo

<https://orcid.org/0000-0002-1089-7101>

francisco.kroff@ulagos.cl

Universidad de Los Lagos. Castro, Chile

Paula Jacqueline Bellemans Fagalde

<https://orcid.org/0009-0003-4414-4188>

paula.bellemans@ulagos.cl

Universidad de Los Lagos. Castro, Chile

Resumen

La impresión 3D ha adquirido una creciente relevancia en el ámbito educativo como recurso para apoyar procesos de enseñanza y aprendizaje orientados al desarrollo de competencias STEAM. En este contexto, el objetivo del presente estudio fue analizar de manera sistemática la producción científica reciente sobre el uso educativo de la impresión 3D, identificando tendencias temáticas y enfoques pedagógicos predominantes en la literatura especializada. Para ello, se realizó una revisión sistemática de documentos indexados en la base de datos Scopus, considerando un corpus final de 24 publicaciones correspondientes al período 2020–2025, seleccionadas mediante criterios secuenciales de exclusión por año de publicación, área temática y tipo de documento. El análisis se desarrolló a nivel de *abstracts* y palabras clave de autor, lo que permitió abordar un corpus amplio sin recurrir al análisis de textos completos, en coherencia con los objetivos del estudio. La estrategia metodológica incluyó un análisis cualitativo orientado a la identificación de ejes temáticos recurrentes. Los resultados evidencian un predominio de estudios vinculados a la educación en ingeniería y a la manufactura aditiva, donde la impresión 3D es concebida principalmente como una herramienta para el aprendizaje basado en el diseño y el prototipado. Asimismo, se observa una presencia creciente de enfoques pedagógicos asociados al aprendizaje activo y al paradigma STEAM, aunque con una integración aún limitada de las dimensiones artísticas y creativas. En conjunto, los hallazgos sugieren una transición desde una visión instrumental hacia enfoques más pedagógicos, abriendo oportunidades para futuras investigaciones orientadas a una implementación STEAM más equilibrada.

Palabras clave: tecnología educativa, aprendizaje activo, educación científica

Abstract

3D printing has gained increasing relevance in educational contexts as a resource to support teaching and learning processes aimed at the development of STEAM competencies. In this context, the objective of the present study was to systematically analyze recent scientific production on the educational use of 3D printing, identifying thematic trends and predominant pedagogical approaches within the specialized literature. To this end, a systematic review of documents indexed in the Scopus database was conducted, considering a final corpus of 662 publications corresponding to the period 2020–2025, selected through sequential exclusion criteria based on year of publication, subject area, and document type. The analysis was carried out at the level of abstracts and author keywords, which made it possible to address a large corpus without resorting to full-text analysis, in accordance with the objectives of the study. The methodological strategy included a qualitative analysis aimed at identifying recurring thematic axes. The results reveal a predominance of studies related to engineering education and additive manufacturing, in which 3D printing is primarily conceived as a tool for design-based learning and prototyping. In addition, a growing presence of pedagogical approaches associated with active learning and the STEAM paradigm is observed, although the integration of artistic and creative dimensions remains limited. Overall, the findings suggest a transition from an instrumental perspective toward more pedagogically oriented approaches, opening opportunities for future research aimed at a more balanced implementation of STEAM education.

Keywords: educational technology, active learning, science education

Introducción

En el contexto de la transformación de los sistemas educativos contemporáneos, el desarrollo de competencias complejas se consolida como un objetivo central de las políticas y prácticas pedagógicas a nivel global. En este escenario, el enfoque STEAM emerge como un marco integrador que articula ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas, promoviendo aprendizajes interdisciplinarios orientados a la resolución de problemas reales y al pensamiento crítico. Este paradigma no solo responde a las demandas del mercado laboral del siglo XXI, sino que también busca formar estudiantes capaces de comprender y actuar de manera reflexiva en entornos sociales y tecnológicos altamente dinámicos (Yakman, 2008; Quigley y Herro, 2016; Awad y Barak, 2014).

La incorporación de tecnologías emergentes en educación amplía las posibilidades de implementación efectiva del enfoque STEAM, favoreciendo metodologías activas centradas en el estudiante. Entre estas tecnologías, la impresión 3D destaca por su capacidad para materializar conceptos abstractos, facilitar la experimentación y promover procesos de aprendizaje basados en el diseño y la construcción. Diversos estudios sostienen que el uso pedagógico de la fabricación aditiva contribuye al desarrollo de habilidades cognitivas superiores, como la visualización espacial y el razonamiento tridimensional, además de incrementar la motivación y el compromiso del estudiantado (Berman, 2012; Huang y Lin, 2017; Henriksen et al., 2017).

Desde una perspectiva didáctica, la impresión 3D se alinea de manera consistente con enfoques pedagógicos como el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje basado en problemas, los cuales enfatizan la participación activa del estudiante en la construcción de su conocimiento. La literatura especializada evidencia que la integración de estas metodologías con tecnologías de fabricación digital favorece la comprensión conceptual, el trabajo colaborativo y la aplicación práctica de saberes disciplinares, particularmente en contextos de educación en ingeniería y tecnología (Kolodner et al., 2003; Simpson et al., 2017; Kelley y Knowles, 2016). No obstante, investigaciones recientes señalan que su potencial se extiende más allá de estos campos, permitiendo su incorporación en experiencias educativas de carácter interdisciplinario coherentes con el enfoque STEAM (Henriksen et al., 2019; Martín-Páez et al., 2019).

En el ámbito de la educación superior y la formación técnica, la impresión 3D se utiliza ampliamente para fortalecer procesos de diseño, prototipado y manufactura, contribuyendo a una mayor articulación entre teoría y práctica. Sin embargo, en contextos educativos latinoamericanos, su adopción se desarrolla de manera progresiva y desigual, condicionada por limitaciones de infraestructura, acceso a recursos tecnológicos y formación docente. Aun así, diversas experiencias reportadas en la región muestran que, cuando esta tecnología se integra de forma planificada y contextualizada, puede generar aprendizajes significativos y favorecer el desarrollo de competencias transversales asociadas al paradigma STEAM (Gebhardt y Hötter, 2016; Calva-Chávez et al., 2025; Espinoza et al., 2024; Trust, 2017).

A pesar del creciente interés académico en torno al uso educativo de la impresión 3D, la producción científica disponible presenta una notable dispersión temática y metodológica, lo que dificulta la identificación de tendencias claras y vacíos de conocimiento. En particular, se observa un predominio de estudios con enfoques técnicos y aplicados, mientras que los análisis de carácter pedagógico, interpretativo y contextualizado continúan siendo limitados. Este escenario configura un problema de investigación relevante, asociado a la falta de síntesis sistemática que permita comprender cómo la literatura reciente conceptualiza el rol educativo de la impresión 3D y su contribución al desarrollo de competencias STEAM.

En este contexto, resulta pertinente desarrollar una revisión sistemática de la literatura que permita organizar, sintetizar e interpretar la evidencia disponible. El presente estudio tiene como objetivo general analizar de manera sistemática la producción científica indexada en la base de datos Scopus correspondiente al período 2020–2025, mediante un enfoque cualitativo centrado en el análisis de los *abstracts* y las palabras clave de autor. De este modo, se busca identificar tendencias temáticas, enfoques pedagógicos predominantes y áreas aún poco exploradas, aportando una visión estructurada del estado actual de la investigación y orientando futuras propuestas pedagógicas y líneas de estudio vinculadas al fortalecimiento de competencias STEAM (Tranfield et al., 2003; Aria y Cuccurullo, 2017).

Metodología

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, mediante una revisión sistemática de la literatura científica, orientada a analizar la producción académica reciente sobre el uso educativo de la impresión 3D y su contribución al fortalecimiento de competencias STEAM. Desde el punto de vista del tipo de investigación,

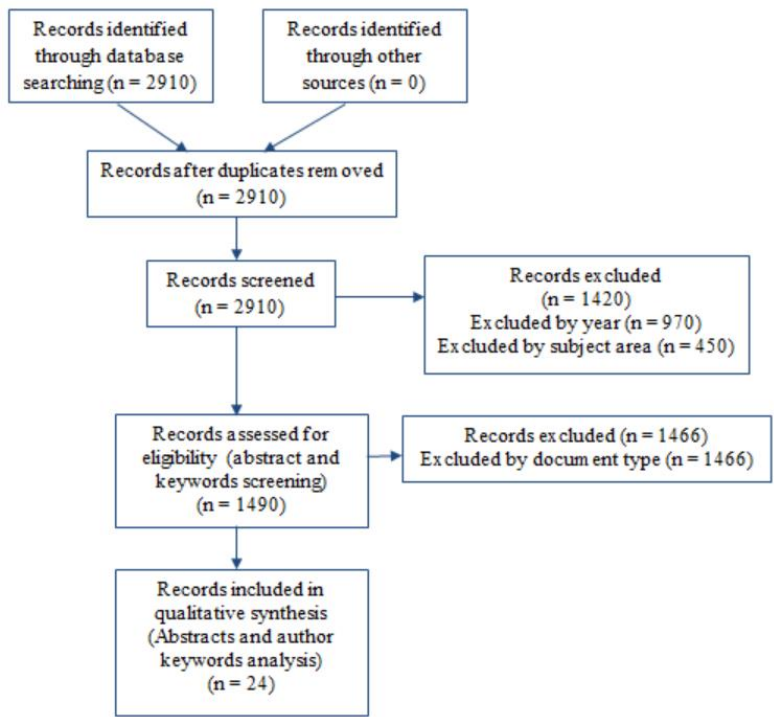
el trabajo se sitúa en un nivel descriptivo–interpretativo, dado que busca caracterizar tendencias, enfoques pedagógicos y discursos predominantes en la literatura especializada, sin establecer relaciones causales ni predictivas. El diseño de la investigación es no experimental, de carácter observacional y transversal, puesto que se analizan documentos científicos ya publicados en un período temporal definido, sin intervención directa sobre las variables de estudio.

La población de estudio estuvo constituida por 2.910 documentos científicos inicialmente identificados en la base de datos Scopus, relacionados con la impresión 3D y su aplicación en contextos educativos. A partir de esta población, se definió una muestra intencional mediante la aplicación secuencial de criterios de inclusión y exclusión. En una primera etapa, se excluyeron publicaciones anteriores al año 2020, conservándose únicamente aquellas publicadas entre 2020 y 2025, lo que redujo el corpus a 1.940 registros. Posteriormente, se descartaron 450 documentos pertenecientes a áreas temáticas no directamente vinculadas con el ámbito educativo, tales como Medicina, Bioquímica, Genética y Biología Molecular, Odontología, Ciencias Agrícolas y Biológicas, Neurociencia, Enfermería, Veterinaria, Farmacología, Toxicología y Farmacéutica, e Inmunología y Microbiología, quedando 1.490 registros. Finalmente, se excluyeron 828 documentos según el tipo de publicación, eliminándose actas de congresos, revisiones, *conference reviews*, erratas, editoriales, encuestas breves, artículos retractados y *data papers*. Como resultado de este proceso, se conformó un corpus final de 24 documentos, los cuales constituyen la base empírica del análisis desarrollado en el estudio.

El análisis se realizó a nivel de *abstracts* y palabras clave de autor, sin considerar la lectura ni el análisis de los textos completos, decisión metodológica coherente con el objetivo del estudio y con el carácter exploratorio–interpretativo de la revisión. Este procedimiento permitió abordar un corpus amplio y sistemático, orientando el análisis hacia la identificación de patrones temáticos, enfoques pedagógicos recurrentes y narrativas conceptuales predominantes en la literatura especializada. El proceso de selección y depuración del corpus se sintetiza mediante un diagrama de flujo PRISMA (Figura 1). La ecuación de búsqueda utilizada se presenta a continuación:

TITLE-ABS-KEY(("3D printing" OR "additive manufacturing" OR "3D printer" OR "3D technology") AND (education OR teaching OR learning OR classroom OR pedagogy OR "educational use") AND (STEAM OR STEM OR "science education" OR "technology education" OR "engineering education" OR "arts education" OR "mathematics education" OR competencies OR skills))

Figura 1
Diagrama de flujo PRISMA



Nota. La síntesis cualitativa se realizó a nivel de *abstracts* y palabras clave de autor. No se llevó a cabo un análisis de textos completos, debido al alcance y a los objetivos del estudio.

Tabla 1**Criterios de inclusión y exclusión**

Criterio	Inclusión	Exclusión
Año de publicación	Entre 2020 y 2025	Publicaciones anteriores a 2020
Área Temática	Se incluyeron las áreas: Engineering, Computer Science, Social Sciences, Materials Science, Mathematics, Physics and Astronomy, Decision Sciences, Chemical Engineering Business, Management and Accounting, Energy, Arts and Humanities, Environmental Science, Earth and Planetary Sciences, Chemistry, Psychology, Multidisciplinary, Economics, Econometrics and Finance, Health Professions.	Se excluyeron las áreas: Medicine, Biochemistry, Genetics and Molecular Biology, Dentistry, Agricultural and Biological Sciences, Neuroscience, Nursing, Veterinary, Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics, Immunology and Microbiology.
Tipo de Documento	Se incluyeron los documentos: Article, Book chapter, Book.	Se excluyeron los documentos: Conference paper, Review, Conference review, Erratum, Short survey, Editorial, Retracted, Data paper.

La técnica de recolección de información utilizada fue la revisión documental sistemática, centrada en el análisis de los *abstracts* y las palabras clave de autor de los documentos seleccionados, dado que estos elementos condensan los objetivos, enfoques metodológicos y principales aportes de cada investigación. Como instrumento de apoyo para la producción y organización de los datos se empleó una matriz de análisis documental, construida a partir de los registros exportados desde Scopus, la cual permitió sistematizar la información y facilitar el proceso de codificación temática. El análisis cualitativo se desarrolló mediante un proceso de codificación inductiva, orientado a identificar patrones conceptuales recurrentes, ejes temáticos dominantes y enfoques pedagógicos presentes en la literatura, los cuales fueron posteriormente agrupados en categorías interpretativas que posibilitaron una síntesis cualitativa del corpus.

Desde el punto de vista ético, el estudio no involucró participantes humanos ni requirió consentimiento informado, dado que se basó exclusivamente en el análisis de fuentes secundarias de acceso público. No obstante, se resguardaron principios éticos asociados al uso responsable de la información científica, tales como la correcta citación de las fuentes, el respeto por la autoría intelectual y la presentación fiel de los resultados. Entre las principales limitaciones del estudio se reconoce la dependencia de una única base de datos, así como el análisis restringido a *abstracts* y palabras clave, lo que puede limitar la profundidad interpretativa de algunos trabajos. Sin embargo, estas decisiones metodológicas responden al objetivo del estudio y permiten ofrecer una visión sistemática, coherente y replicable del estado reciente de la investigación sobre impresión 3D y educación STEAM.

Resultados

El análisis cualitativo de los 24 documentos seleccionados permitió identificar patrones temáticos, enfoques pedagógicos predominantes y tendencias discursivas en la literatura científica reciente sobre el uso educativo de la impresión 3D. A partir de la revisión sistemática de los *abstracts* y las palabras clave de autor, los resultados se organizaron en tres ejes principales: (1) temas dominantes de investigación, (2) enfoques educativos y competencias asociadas, y (3) narrativas conceptuales emergentes.

Temas dominantes en la investigación sobre impresión 3D en educación

El análisis de los *abstracts* evidencia una fuerte concentración temática en torno a la manufactura aditiva, el diseño y los procesos de aprendizaje aplicados, especialmente en contextos de educación en ingeniería. La impresión 3D es recurrentemente presentada como una tecnología orientada al prototipado, la visualización tridimensional y la resolución de problemas técnicos, lo que refleja un enfoque predominantemente instrumental.

Tabla 2*Temas dominantes identificados en los abstracts*

Tema dominante	Caracterización
Manufactura aditiva y prototipado	Uso de la impresión 3D como herramienta para diseñar y materializar soluciones técnicas.
Aprendizaje basado en diseño	Énfasis en procesos de diseño iterativo como estrategia formativa.
Educación en ingeniería	Predominio de estudios desarrollados en carreras técnicas e ingenieriles.
Tecnología educativa	Integración de la impresión 3D como recurso para apoyar procesos de enseñanza-aprendizaje.

Estos resultados muestran que, si bien la impresión 3D es ampliamente incorporada en contextos educativos, su utilización se encuentra mayoritariamente vinculada a disciplinas técnicas, con una presencia aún limitada en otros niveles y áreas del currículo escolar.

Enfoques pedagógicos y competencias STEAM asociadas

Desde una perspectiva pedagógica, los documentos analizados evidencian una clara predominancia de enfoques de aprendizaje activo, particularmente aquellos asociados al aprendizaje basado en proyectos y al aprendizaje basado en problemas. En estos contextos, la impresión 3D opera como un mediador que facilita la aplicación práctica de conocimientos y el desarrollo de competencias técnicas.

Tabla 3*Enfoques pedagógicos y competencias STEAM identificadas*

Enfoque pedagógico	Competencias STEAM asociadas
Aprendizaje activo	Pensamiento crítico, resolución de problemas
Aprendizaje basado en proyectos	Diseño, colaboración, aplicación práctica
Educación en ingeniería	Competencias técnicas y tecnológicas
Enfoque STEAM interdisciplinario	Integración de saberes científicos y tecnológicos

No obstante, el análisis cualitativo revela una asimetría en la implementación del enfoque STEAM, donde las dimensiones científicas, tecnológicas e ingenieriles presentan un mayor desarrollo, mientras que las componentes artísticas y creativas aparecen subrepresentadas. Este hallazgo sugiere que el paradigma STEAM es frecuentemente adoptado como marco conceptual, pero no siempre se traduce en una integración curricular equilibrada.

Tendencias discursivas y conceptualización del rol de la impresión 3D

El análisis de las narrativas presentes en los *abstracts* y palabras clave permitió identificar distintas formas de conceptualizar la impresión 3D en educación. Predomina una visión que la concibe como herramienta tecnológica, orientada a la eficiencia y al desarrollo de habilidades técnicas, aunque comienzan a emerger discursos que destacan su potencial como recurso pedagógico y estrategia de innovación educativa.

Tabla 4*Narrativas conceptuales predominantes*

Narrativa	Descripción
Impresión 3D como herramienta	Visión instrumental centrada en la tecnología y el prototipado.
Impresión 3D como recurso pedagógico	Enfoque orientado al aprendizaje activo y experiencial.
Impresión 3D como innovación educativa	Relación con modernización curricular y educación STEAM.
Escasa referencia a evaluación	Limitada discusión sobre impacto educativo a largo plazo.

Estos resultados evidencian una transición progresiva desde enfoques tecnocéntricos hacia perspectivas más pedagógicas. Sin embargo, la limitada presencia de estudios que aborden la evaluación del aprendizaje, la transferencia de competencias y el impacto a largo plazo constituye un vacío relevante en la literatura reciente.

Discusión

Los resultados obtenidos confirman que la investigación reciente sobre el uso educativo de la impresión 3D se encuentra fuertemente influenciada por enfoques técnicos y aplicados, especialmente en el ámbito de la educación en ingeniería y disciplinas afines. Este hallazgo es consistente con estudios previos que señalan que la fabricación aditiva ha sido incorporada en la educación, principalmente, como una extensión de procesos

industriales y de diseño, más que como una estrategia pedagógica integral (Berman, 2012; Simpson et al., 2017; Gebhardt y Hötter, 2016; Ruipérez-Valiente et al., 2020). En este sentido, la predominancia de narrativas centradas en el prototipado y la manufactura aditiva refleja una concepción instrumental de la tecnología, donde el énfasis se sitúa en el dominio técnico por sobre la reflexión didáctica.

Desde una perspectiva pedagógica, el análisis cualitativo evidencia que la impresión 3D se articula de manera recurrente con metodologías de aprendizaje activo, particularmente el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje basado en problemas. Este resultado coincide con la literatura que destaca la efectividad de estas metodologías para promover aprendizajes significativos, especialmente cuando se integran tecnologías que permiten la experimentación y la materialización de ideas abstractas (Kolodner et al., 2003; Lou et al., 2011; Martín-Gutiérrez et al., 2017). Sin embargo, aunque estos enfoques favorecen el desarrollo de competencias cognitivas y técnicas, los resultados sugieren que su implementación no siempre se traduce en una integración pedagógica profunda, sino que, en muchos casos, se limita a experiencias puntuales o contextos altamente especializados. (Ertmer y Ottenbreit-Leftwich, 2010; Redecker y Punie, 2017).

En relación con el enfoque STEAM, los hallazgos del estudio muestran una adopción parcial y asimétrica del paradigma. Si bien los componentes científicos, tecnológicos e ingenieriles se encuentran ampliamente representados, las dimensiones artísticas y creativas aparecen subrepresentadas en la literatura analizada. Esta tendencia ha sido señalada por diversos autores, quienes advierten que la incorporación del componente “A” en STEAM suele abordarse de manera superficial, sin una integración curricular real que favorezca la creatividad, la expresión y el pensamiento divergente (Yakman, 2008; Land, 2013; Henriksen, 2017; Quigley y Herro, 2016; Herro y Quigley, 2017). En este contexto, la impresión 3D posee un potencial significativo para articular diseño, creatividad y tecnología, aunque dicho potencial aún no se encuentra plenamente explotado en las investigaciones revisadas.

Otro aspecto relevante identificado en la discusión es la limitada atención que la literatura presta a la evaluación del aprendizaje y al impacto educativo a largo plazo de la impresión 3D. A pesar de que numerosos estudios reportan mejoras en la motivación, la participación y la comprensión conceptual, son escasas las investigaciones que analizan de manera sistemática la transferencia de competencias, la sostenibilidad de los aprendizajes o su incidencia en el desempeño académico posterior (Huang y Lin, 2017; Ngo et al., 2018; Henriksen et al., 2019). Esta carencia refuerza la necesidad de avanzar hacia estudios que incorporen diseños evaluativos más robustos y enfoques longitudinales.

Desde una perspectiva contextual, los resultados también permiten observar una presencia creciente, aunque todavía limitada, de estudios desarrollados en contextos latinoamericanos. Tal como señalan investigaciones recientes, la adopción de tecnologías como la impresión 3D en la región se ve condicionada por factores estructurales, tales como el acceso a recursos tecnológicos, la formación docente y las políticas educativas institucionales (Calva-Chávez et al., 2025; Koehler y Mishra, 2013; Dede et al., 2013). No obstante, las experiencias reportadas evidencian que, cuando estas tecnologías se integran de manera planificada y contextualizada, pueden contribuir significativamente al desarrollo de competencias transversales y a la innovación pedagógica.

En conjunto, los resultados discutidos sugieren que la investigación sobre impresión 3D en educación se encuentra en una fase de transición, avanzando gradualmente desde una visión tecnocéntrica hacia enfoques más pedagógicos e interdisciplinarios. No obstante, persisten desafíos importantes relacionados con la integración equilibrada del enfoque STEAM, la evaluación del aprendizaje y la ampliación de los contextos educativos en los que se implementa esta tecnología. En este escenario, futuras investigaciones deberían orientarse a profundizar en el diseño pedagógico, la formación docente y la evaluación de impacto, con el fin de consolidar el uso de la impresión 3D como una estrategia educativa significativa y sostenible (Tranfield et al., 2003; Petticrew y Roberts, 2006; Aria y Cuccurullo, 2017; Selwyn, 2015).

Conclusiones

El análisis realizado permite sostener que la impresión 3D ha sido incorporada en la literatura educativa reciente principalmente desde una lógica funcional y aplicada, lo que ha favorecido su consolidación como recurso didáctico en contextos formativos de carácter técnico y profesionalizante. Esta orientación, si bien ha contribuido al fortalecimiento de metodologías activas basadas en el diseño y la resolución de problemas, también ha condicionado el modo en que la tecnología es conceptualizada pedagógicamente, privilegiando su dimensión instrumental por sobre su potencial formativo integral.

Desde esta perspectiva, los hallazgos del estudio sugieren que el enfoque STEAM ha sido adoptado de manera parcial en las investigaciones analizadas, operando más como un marco declarativo que como un modelo pedagógico plenamente articulado. La limitada integración de las dimensiones artísticas y creativas no responde

a una ausencia de potencial de la impresión 3D, sino más bien a decisiones curriculares y metodológicas que continúan reproduciendo una visión fragmentada del aprendizaje interdisciplinario. En este sentido, los resultados permiten afirmar que la tecnología no constituye, por sí sola, un factor transformador, sino que su impacto educativo depende del diseño pedagógico que la sustenta.

Asimismo, el estudio pone en evidencia una brecha relevante en la producción científica respecto a la evaluación sistemática de los aprendizajes y a la medición del impacto educativo a mediano y largo plazo. La escasez de investigaciones con diseños evaluativos robustos limita la posibilidad de establecer con mayor precisión el alcance real de la impresión 3D en el desarrollo de competencias STEAM, especialmente en contextos educativos distintos a la educación superior en ingeniería. Esta limitación no invalida los aportes existentes, pero sí delimita el nivel de generalización de sus resultados.

A partir de lo anterior, se considera necesario que futuras investigaciones profundicen en el análisis pedagógico de la impresión 3D, incorporando enfoques evaluativos, diseños longitudinales y contextos educativos diversos, tales como la educación escolar y la formación docente. Asimismo, resulta pertinente avanzar hacia estudios que exploren de manera más sistemática la integración equilibrada de las distintas dimensiones del enfoque STEAM, particularmente aquellas vinculadas a la creatividad, la expresión y el pensamiento divergente. De este modo, la tarea pendiente queda abierta a la comunidad académica, invitando a ampliar y complementar los hallazgos presentados, con el fin de fortalecer una integración educativa de la impresión 3D sustentada en evidencia pedagógica sólida y contextualizada.

Referencias

- Aria, M., y Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Awad, N. y Barak, M. (2014). Sound, Waves and Communication: Students' Achievements and Motivation in Learning a STEM-Oriented Program. *Creative Education*, 5, 1959-1968. <https://doi.org/10.4236/ce.2014.523220>
- Berman, B. (2012). 3-D printing: The new industrial revolution. *Business Horizons*, 55(2), 155–162. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2011.11.003>
- Ruipérez-Valiente, J., Halawa, S., Slama, R., y Reich, J. (2020). Using multi-platform learning analytics to compare regional and global MOOC learning in the Arab world. *Computers & Education*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103776>
- Calva-Chávez, G., Armijos-Carrión, J., y Tinoco-Cuenca, N. (2025). Integración de Tecnologías Emergentes en la Enseñanza-Aprendizaje en Educación Superior. 593 *Digital Publisher CEIT*, 10(3), 519-534. <https://doi.org/10.33386/593dp.2025.3.3149>
- Dede, C., Mishra, P., y Voogt, J. (2013). *Working group report: Advancing computational thinking in 21st century learning*. International on ICT in Education. https://ris.utwente.nl/ws/files/6168377/Advancing_computational_thinking_in_21st_century_learning.pdf
- Ertmer, P., y Ottenbreit-Leftwich, A. (2010). Teacher Technology Change: How Knowledge, Confidence, Beliefs, and Culture Intersect. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(3), 255–284. <https://doi.org/10.1080/15391523.2010.10782551>
- Espinoza, M., Ríos, M., Castro, K., Velasco, C., y Feijoo, D. (2024). La influencia de tecnologías emergentes en la educación superior: The influence of emerging technologies in higher education. *LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 5(1), 894 – 904. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i1.1641>
- Gebhardt, A., y Hötter, J. (2016). *Additive manufacturing: 3D printing for prototyping and manufacturing*. Hanser Publishers. <https://doi.org/10.1007/978-1-56990-583-8>
- Henriksen, D. (2017). Creating STEAM with design thinking: Beyond STEM and arts integration. *The STEAM Journal*, 3(1). <https://doi.org/10.5642/steam.20170301.11>
- Henriksen, D., Mehta, R., y Mehta, S. (2019). *Design Thinking Gives STEAM to Teaching: A Framework That Breaks Disciplinary Boundaries*. In: Khine, M.S., Areepattamannil, S. (eds) STEAM Education. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04003-1_4
- Henriksen, D., Richardson, C., y Mehta, R. (2017). Design thinking: A creative approach to educational problems of practice. *Thinking Skills and Creativity*, 26, 140–153. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.10.001>
- Herro, D., y Quigley, C. (2017). Exploring teachers' perceptions of STEAM teaching through professional development: implications for teacher educators. *Professional Development in Education*, 43(3), 416–438. <https://doi.org/10.1080/19415257.2016.1205507>

- Huang, T., y Lin, C. (2017). From 3D modeling to 3D printing: Development of a differentiated spatial ability teaching model. *Telematics and Informatics*, 34(2), 604-613. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2016.10.005>
- Kelley, T., y Knowles, J. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Koehler, M., y Mishra, P. (2013). What Is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *The Journal of Education*, 193(3), 13–19. <http://www.jstor.org/stable/24636917>
- Kolodner, J., Camp, P., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., ... Ryan, M. (2003). Problem-Based Learning Meets Case-Based Reasoning in the Middle-School Science Classroom: Putting Learning by Design(tm) Into Practice. *Journal of the Learning Sciences*, 12(4), 495–547. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1204_2
- Land, M. (2013). Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts into STEM. *Procedia Computer Science*, 20, 547–552. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.09.317>
- Lou, S., Liu, Y., Shih, R. et al. (2011). The senior high school students' learning behavioral model of STEM in PBL. *International Journal Technology Design Education*, 21, 161–183. <https://doi.org/10.1007/s10798-010-9112-x>
- Martín-Gutiérrez, J., Mora, C., Añorbe-Díaz, B., y González-Marrero, A. (2017). Virtual technologies trends in education. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(2), 469–486. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00626a>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., y Vilchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? *Science Education*, 103(4), 799–822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T. Q., y Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Composites Part B: Engineering*, 143, 172–196. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012>
- Petticrew, M., y Roberts, H. (2006). *Systematic reviews in the social sciences: A practical guide*. Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.1002/9780470754887>
- Quigley, C., y Herro, D. (2016). Finding the joy in the unknown: Implementation of STEAM teaching practices in middle school science and math classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(3), 410–426. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9602-z>
- Redecker, C., y Punie, Y. (2017). *Digital competence of educators: DigCompEdu*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/159770>
- Selwyn, N. (2015). *Technology and Education—Why It's Crucial to be Critical*. In: Bulfin, S., Johnson, N.F., Bigum, C. (eds) *Critical Perspectives on Technology and Education*. Palgrave Macmillan's Digital Education and Learning. https://doi.org/10.1057/9781137385451_14
- Simpson, T., Williams, C., y Hripko, M. (2017). Preparing industry for additive manufacturing and its applications: Summary & recommendations from a National Science Foundation workshop. *Additive Manufacturing*, 13, 166–178. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2016.08.002>
- Tranfield, D., Denyer, D., y Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*, 14(3), 207–222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>
- Trust, T., Carpenter, J., y Krutka, D. (2017). Moving beyond silos: Professional learning networks. *Computers & Education*, 102, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.07.009>
- Yakman, G. (2008). *STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education*. Virginia Polytechnic and State University. https://www.researchgate.net/publication/327351326_STEAM_Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education