Praxis / Vol. 21, No. 4 – 2025 / 942 - 960
DOI: http://dx.doi.org/10.21676/23897856.6729

Artículo de revisión

El enfoque STEAM y el desarrollo de competencias en matemáticas: revisión sistemática y perspectivas críticas

The STEAM approach and the development of mathematical competencies: A systematic review and critical perspectives

Robinson Junior Conde-Carmona [1], Iván Andrés Padilla-Escorcia [2],
Sonia Valbuena-Duarte [3], Jesús David Berrío-Valbuena [4]

Para citar este artículo: Conde-Carmona RJ, Padilla-Escorcia IA, Valbuena-Duarte S, Berrío-Valbuena JD. El enfoque STEAM y el desarrollo de competencias en matemáticas: revisión sistemática y perspectivas críticas. *Praxis. 2025;21*(4): 942-960. http://dx.doi.org/10.21676/23897856.6729

Recibido en julio 24 de 2025
Aceptado en noviembre 21 de 2025
Publicado en línea en diciembre 26 de 2025

RESUMEN

El propósito de este estudio fue analizar críticamente la literatura existente sobre la aplicación del enfoque STEAM (ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas) en la educación matemática, con el objetivo de identificar tanto los beneficios reportados como los vacíos metodológicos y conceptuales que limitan la generalización de la evidencia disponible. La investigación incluyó búsquedas en bases de datos como Scopus, Education Resources Information Center (ERIC), Dialnet, Google Scholar y ResearchGate, aplicando criterios específicos de inclusión y exclusión para artículos publicados entre 2012 y 2023, lo que resultó en 48 publicaciones examinadas. Los principales resultados revelan un predominio de trabajos cuantitativos (83,3 %) de tipo experimental, centrados principalmente en el diseño, la aplicación y la evaluación de propuestas didácticas STEAM (60,4 % de los temas abordados). Se concluye que, aunque las experiencias STEAM muestran beneficios prometedores en múltiples dimensiones cognitivas y afectivas, persisten desafíos importantes como la falta de formación docente interdisciplinaria, limitaciones de tiempo y recursos, y visiones superficiales de integración que reducen las artes a un componente meramente decorativo. Se requieren más investigaciones longitudinales sobre impactos a largo plazo, estudios comparativos en contextos latinoamericanos y la identificación de factores que faciliten la sostenibilidad curricular de este enfoque.

Palabras clave: enfoque STEAM; educación matemática; interdisciplinariedad; revisión sistemática; habilidades integradas.

ABSTRACT

The purpose of this study was to critically analyze the existing literature on the application of the STEAM approach (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) in mathematics education, with the aim of identifying both the reported benefits and the methodological and conceptual gaps that limit the generalizability of the available evidence. The methodology followed the guidelines of Petticrew and Roberts (2008), including searches in databases such as Scopus, ERIC, Dialnet, Google Scholar, and ResearchGate, applying specific inclusion and exclusion criteria for articles published between 2012 and 2023, which resulted in 48 studies being analyzed. The main findings reveal a predominance of quantitative research (83.3%) with experimental designs, primarily focused on the design, implementation, and evaluation of STEAM-based instructional proposals (60.4% of the topics addressed). It is concluded that although the STEAM approach demonstrates promising benefits across multiple cognitive and affective dimensions, important challenges persist, such as the lack of interdisciplinary teacher training, time and resource constraints, and superficial integration approaches that reduce the arts to a merely decorative component. Further longitudinal research on long-term impacts, comparative studies in Latin American contexts, and the identification of factors that facilitate the curricular sustainability of this approach are required.

Keywords: STEAM approach; mathematics education; interdisciplinarity; systematic review; integrated skills.

1. PhD. Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia. Correo: rjconde@mail.uniatlantico.edu.co - https://orcid.org/0000-0002-7421-1754
2. PhD. Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia. Correo: iapadilla@mail.uniatlantico.edu.co - https://orcid.org/0000-0003-1210-3712
3. PhD. Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia. Correo: sbalbuena@mail.uniatlantico.edu.co - https://orcid.org/0000-0003-3667-1087
4. PhD. Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia. Correo: jberriovalbuena@mail.uniatlantico.edu.co - https://orcid.org/0000-0002-4014-5322

INTRODUCCIÓN

La educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) ha sido una prioridad en numerosos países para preparar a los estudiantes ante los desafíos contemporáneos y futuros. La relevancia de estas disciplinas radica en su capacidad para fomentar habilidades críticas como el pensamiento lógico, la resolución de problemas y la toma de decisiones fundamentada en evidencia. Sin embargo, en los últimos años ha surgido un creciente interés por integrar las artes en este enfoque, lo cual ha dado origen al acrónimo STEAM (Yakman, 2007).

La incorporación del componente artístico busca complementar y enriquecer la educación STEM tradicional, reconociendo el valor de la creatividad (Beisly y Moffitt, 2025), la expresión y la innovación en el proceso de aprendizaje. Asimismo, esta estrategia tiene como propósito fomentar habilidades fundamentales en el mundo actual tales como el pensamiento crítico, la resolución creativa de problemas y la comunicación efectiva (Liao, 2016; Henriksen, 2017; Conde-Carmona y Padilla-Escorcia, 2025). De tal modo, el enfoque STEAM promueve una visión más holística e interdisciplinaria del conocimiento, trascendiendo las barreras tradicionales entre las asignaturas y fomentando conexiones significativas entre ellas.

A pesar del creciente entusiasmo por el potencial del enfoque STEAM, su implementación en la práctica educativa aún enfrenta diversos desafíos. Uno de los principales obstáculos es, en efecto, la persistencia de una visión compartimentada de las disciplinas en los currículos escolares (English, 2016). Esta fragmentación dificulta un abordaje verdaderamente interdisciplinario, donde los estudiantes puedan explorar problemas y fenómenos desde múltiples perspectivas y establecer conexiones significativas entre las diferentes áreas del saber.

Otro desafío importante en la implementación del enfoque STEAM es la falta de capacitación y recursos adecuados para los profesores (Park *et al.,* 2016; Peña-Coronado y Cano-Velásquez, 2025). Numerosos educadores, especialmente aquellos especializados en disciplinas STEM, pueden sentirse poco preparados para integrar las artes en sus prácticas pedagógicas. La formación docente tradicional por lo general no proporciona las herramientas y las estrategias necesarias para diseñar y llevar a cabo experiencias de aprendizaje STEAM de calidad.

En el área específica de las matemáticas, el enfoque STEAM ofrece oportunidades prometedoras para contextualizar los conceptos abstractos, mostrar aplicaciones en la vida real y conectar con los intereses de los estudiantes (Wynn y Harris, 2012). Por ejemplo, la incorporación de elementos visuales y estéticos, como el diseño gráfico o la creación de patrones geométricos, puede facilitar que los alumnos comprendan y aprecien nociones matemáticas complejas de una manera más intuitiva y atractiva.

A pesar de estas oportunidades, la investigación sobre cómo integrar efectivamente las artes y las matemáticas en el marco del enfoque STEAM aún es limitada y fragmentada (Bertrand y Namukasa, 2023; Menéndez-Cuervo y Vílchez-González, 2024). Si bien existe un creciente corpus de estudios que exploran la implementación de STEAM en diversos contextos educativos, la evidencia específica sobre su impacto en el aprendizaje de las matemáticas continúa siendo escasa y dispersa.

En este contexto, la presente revisión sistemática representa la primera que aúna de manera explícita el análisis de la integración STEAM con una perspectiva crítica sobre las matemáticas, abarcando el periodo 2012-2023 en múltiples bases de datos internacionales. A diferencia de estudios previos que se centran en

STEM o en aspectos generales de STEAM, este trabajo examina específicamente el rol de las artes en la educación matemática, evaluando tanto los beneficios reportados como la calidad metodológica de la evidencia disponible.

Ante este panorama, el presente estudio busca sintetizar y analizar críticamente la literatura existente sobre la aplicación del enfoque STEAM en la educación matemática. El objetivo general es examinar de manera crítica la producción científica sobre esta clase de intervenciones pedagógicas en la enseñanza de dicha asignatura, identificando métodos predominantes, beneficios y desafíos reportados, vacíos en el conocimiento y perspectivas para la práctica educativa y la investigación futura. Para este fin, se plantean cuatro preguntas específicas que guían la revisión y la evaluación de los estudios seleccionados:

1. ¿Cuáles son los métodos y los enfoques de investigación predominantes en los estudios sobre las experiencias STEAM en educación matemática?

2. ¿Cuáles son los principales temas y objetivos abordados en las investigaciones sobre el enfoque STEAM en educación matemática?

3. ¿Cuáles son los beneficios y los desafíos reportados en la implementación del enfoque STEAM en educación matemática?

4. ¿Cuáles son las implicaciones de los hallazgos sobre la práctica educativa y la investigación futura en educación matemática?

Los resultados de este estudio tienen el potencial de orientar y apoyar a docentes, directivos e investigadores interesados en diseñar, implementar y evaluar experiencias STEAM en el ámbito de las matemáticas. Al proporcionar una base sólida de conocimientos y recomendaciones fundamentadas en evidencia, se espera contribuir al avance de este enfoque educativo emergente y prometedor. Además, al identificar las brechas y las direcciones futuras de investigación, se busca estimular nuevos estudios que amplíen y profundicen la comprensión de cómo las artes pueden enriquecer y transformar la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas.

En un mundo cada vez más complejo y desafiante, la educación STEAM ofrece una vía para formar estudiantes no solo con sólidos conocimientos y habilidades en ciencias y matemáticas, sino también con la creatividad, la innovación y la capacidad de pensar de manera interdisciplinaria. En suma, integrar las artes en este enfoque es una estrategia para humanizar y hacer más accesible el aprendizaje de las matemáticas, fomentando una experiencia educativa más rica, significativa y transformadora para todos los estudiantes.

Conceptualización del enfoque STEAM

El enfoque STEAM surgió como una evolución del movimiento STEM, que aboga por una educación integrada en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. El término “STEAM” fue acuñado por Yakman (2007) para resaltar la importancia de incorporar las artes en esta integración disciplinar, reconociendo que su inclusión pone de relieve el papel de la creatividad en el desarrollo y el aprendizaje de los estudiantes. Desde la perspectiva de Perignat y Katz-Buonincontro (2019), tal competencia es esencial para el avance y la innovación de la educación, particularmente en una etapa pospandémica (Conde-Carmona y Padilla-Escorcia, 2021).

El constructo de la educación STEAM ha sido conceptualizado de diversas maneras en la literatura especializada. De acuerdo con Quigley y Herro (2016), el objetivo de este enfoque es preparar a los estudiantes para resolver los problemas apremiantes del mundo a través de la innovación, la creatividad, el pensamiento crítico, la comunicación efectiva, la colaboración y, en última instancia, la generación de nuevo conocimiento. Algunos autores, por su parte, lo entienden como un movimiento en busca de experiencias pedagógicas innovadoras (Colucci-Gray *et al.,* 2019), mientras que otros lo conciben como prácticas de aula integradoras enfocadas en la resolución de problemas del mundo real. También existen posturas que le confieren un estatus superior a esta propuesta, definiéndola como un enfoque de enseñanza o como un modelo educativo en toda regla (Quigley *et al.*, 2017; Carmona-Mesa *et al.*, 2019; Ortiz-Revilla *et al.*, 2021).

Independientemente de la terminología utilizada, los autores interesados en STEAM coinciden en la necesidad de centrar la enseñanza y el aprendizaje en proyectos prácticos que permitan a los estudiantes comprender, evaluar y abordar con éxito cuestiones tecnocientíficas que surgen en la vida cotidiana. Según Yakman (2007), STEAM no es simplemente la suma de las cinco disciplinas, sino un enfoque holístico que busca diluir las fronteras entre ellas. Se trata de abordar problemas o preguntas complejas desde múltiples perspectivas, aprovechando las sinergias entre las áreas STEM y las artes.

Diversos autores han propuesto marcos conceptuales para comprender el enfoque STEAM. Uno de los más influyentes es la *"STEAM Pyramid"* de Yakman (2007), que organiza la integración en cinco niveles jerárquicos. El primero, denominado "universal", comprende conocimientos y habilidades transversales aplicables a cualquier contexto. El segundo, "integrado", se caracteriza por la comprensión de las conexiones entre disciplinas. El tercero, "multidisciplinario", involucra la aplicación práctica de saberes de diferentes asignaturas. El cuarto, "disciplinario", implica la profundización en cada área específica. Finalmente, el quinto, "específico", corresponde a la especialización profesional avanzada.

Otros modelos se centran en las diferentes formas de incorporar las artes. El de Sousa y Pilecki (2013), uno de los más citados en la literatura, distingue tres modalidades de integración. La primera modalidad consiste en enseñar las artes por separado, pero destacando conexiones con STEM. La segunda implica usarlas como vehículo para enseñar conceptos STEM, donde las expresiones artísticas sirven como medio para representar y comunicar ideas científicas y matemáticas. La tercera representa la fusión de las artes como un componente igualitario en la resolución creativa de problemas, donde dichas disciplinas contribuyen sustantivamente al proceso de indagación y no tan solo como elemento decorativo o motivacional.

A partir de la síntesis de los estudios analizados en esta revisión, resulta posible proponer una caracterización más precisa de lo que constituye una "integración sustantiva" frente a visiones limitadas del enfoque STEAM. Esta inclusión de las artes se distingue por tres características fundamentales. En primer lugar, involucra una interdependencia conceptual genuina, donde los conceptos artísticos y matemáticos se informan mutuamente y no pueden comprenderse en su plenitud de forma aislada. En segundo lugar, se llevan a cabo procesos de indagación compartidos, donde las metodologías de investigación artística y matemática se complementan para abordar problemas complejos. En tercer lugar, implica productos que trascienden las disciplinas, donde los resultados del aprendizaje no pueden clasificarse exclusivamente como "artísticos" o "matemáticos", sino que representan síntesis genuinas.

Independientemente del modelo adoptado, el elemento común es reconocer el potencial de las artes para enriquecer y transformar la educación en las áreas STEM. Este enfoque aporta formas alternativas de

indagación, representación y expresión que complementan los modos tradicionales de las ciencias y las matemáticas (Henriksen, 2017; Hernández *et al.*, 2024).

Beneficios reportados del enfoque STEAM

La literatura especializada destaca diversos beneficios potenciales del enfoque STEAM en la educación. En relación con el desarrollo de habilidades integradas, esta estrategia pedagógica fomenta la creatividad, el pensamiento crítico, la colaboración y la comunicación, competencias consideradas clave para el éxito actual y futuro (Liao, 2016; Bautista, 2021). Respecto a la motivación y el compromiso, la integración de las artes puede hacer el aprendizaje STEM más atractivo, relevante y significativo para los estudiantes (Henriksen, 2014).

En términos de inclusión y equidad, el enfoque STEAM puede atraer a estudiantes tradicionalmente subrepresentados en STEM al ofrecer múltiples vías de acceso y expresión (Quigley y Herro, 2016). Considerando el aprendizaje profundo, el abordaje interdisciplinario de STEAM promueve una comprensión más integrada y transferible de los conceptos (Gess, 2017). Finalmente, en cuanto a la preparación para el futuro, STEAM desarrolla las capacidades necesarias para carreras emergentes que requieren la combinación creativa de habilidades técnicas y artísticas (Madden *et al*., 2013; Erol y Erol, 2023).

En el caso específico de las matemáticas, se argumenta que el enfoque STEAM puede:

- Proporcionar contextos auténticos y relevantes para explorar ideas matemáticas (Bush y Cook, 2019).
- Promover múltiples formas de razonamiento y representación matemática (Wynn y Harris, 2012).
- Fomentar actitudes positivas y reducir la ansiedad hacia las matemáticas (Gubbels *et al*., 2019).
- Facilitar la comprensión conceptual a través de visualizaciones y manipulativos artísticos (Prada-Núñez *et al*., 2024).

Sin embargo, es importante señalar que la evidencia empírica sobre estos beneficios aún es limitada y se requiere más investigación con diseños metodológicos robustos (Perignat *et al.*, 2019). Muchos de los estudios existentes presentan limitaciones como tamaños muestrales reducidos, ausencia de grupos de control y periodos de intervención breves, lo cual dificulta establecer relaciones causales sólidas entre la implementación de STEAM y los beneficios observados.

Desafíos para la implementación de STEAM

A pesar de los beneficios y el atractivo del enfoque STEAM en la educación, su implementación efectiva en la práctica enfrenta varios desafíos significativos que deben ser abordados para aprovechar todo su potencial. Uno de los principales obstáculos es la prevalencia de visiones restringidas y superficiales de la integración de las disciplinas STEAM. Muchas iniciativas educativas que adoptan dicha etiqueta en realidad se limitan a yuxtaponer estos campos del saber sin una verdadera integración o conexión significativa entre ellos (English, 2017). Así, en lugar de un método verdaderamente interdisciplinario, donde los conocimientos y las habilidades de diferentes áreas se entretejen para abordar problemas complejos, estas implementaciones superficiales pueden perpetuar la fragmentación del conocimiento y perder oportunidades valiosas para un aprendizaje más profundo y auténtico.

Otro desafío crítico es la falta de preparación adecuada de los profesores para enseñar de manera interdisciplinaria, especialmente cuando se trata de integrar las artes (Park *et al.*, 2016). Muchos educadores, particularmente aquellos especializados en disciplinas STEM, pueden sentirse inseguros o poco capacitados para incorporar elementos artísticos en sus prácticas pedagógicas. Además, la formación docente tradicional a menudo se enfoca en la enseñanza de materias específicas y puede no brindar las herramientas, las estrategias y los conocimientos necesarios para diseñar e implementar experiencias de aprendizaje STEAM efectivas. Sin una capacitación sólida y oportunidades de desarrollo profesional continuo, los maestros pueden tener dificultades para aprovechar todo el potencial del enfoque STEAM.

Las limitaciones curriculares y los sistemas de evaluación estandarizados también pueden obstaculizar la implementación efectiva de STEAM en las escuelas (Herro *et al*., 2017). Muchos currículos educativos están estructurados en torno a materias separadas y tienen poco espacio para la integración interdisciplinaria. Además, las pruebas estandarizadas y los sistemas de rendición de cuentas suelen reforzar la separación de las disciplinas al evaluar el desempeño de los estudiantes en áreas temáticas específicas. Estas presiones externas pueden desalentar a los educadores de dedicar tiempo y recursos a experiencias de aprendizaje STEAM más integradas y basadas en proyectos, ya que pueden percibirse como una desviación de los objetivos curriculares establecidos.

La falta de recursos adecuados y las limitaciones de tiempo también pueden ser barreras significativas para la implementación de STEAM (Quigley *et al.*, 2017; Monreal *et al.*, 2022). Por una parte, diseñar e implementar experiencias de aprendizaje efectivas con este enfoque requiere acceso a materiales, tecnologías y espacios de trabajo adecuados. Por otra parte, los proyectos interdisciplinarios a menudo demandan bloques de tiempo más extensos y flexibles que las estructuras escolares tradicionales no pueden acomodar fácilmente. Así pues, es posible que la escasez de cualquiera de estos dos elementos termine por limitar la capacidad de los educadores para planificar y facilitar actividades STEAM significativas y reducir las oportunidades de los estudiantes para participar en un aprendizaje más profundo y auténtico.

Además de estos desafíos prácticos, las resistencias institucionales y las creencias arraigadas sobre la educación también pueden obstaculizar la adopción y la implementación efectiva de enfoques innovadores como STEAM (Conde-Carmona, 2025). En algunos casos, las estructuras escolares tradicionales, con sus horarios rígidos, aulas separadas por materias y sistemas de evaluación basados en contenidos, son difíciles de cambiar. A su vez, algunas partes interesadas, como administradores, padres o incluso algunos educadores, cuentan con sus propias creencias y actitudes consolidadas sobre cómo debe ser la formación de los jóvenes, lo que puede llevar a estos actores a contrariar o cuestionar la validez de las metodologías interdisciplinarias como STEAM. Para superar estas predisposiciones y cambiar las mentalidades, es posible que se requiera un esfuerzo concertado de liderazgo, comunicación y apoyo continuo.

En el contexto específico de la educación matemática, la implementación de STEAM enfrenta un desafío adicional: superar la visión prevalente de esta disciplina como un campo abstracto y desconectado de las aplicaciones del mundo real (Wynn y Harris, 2012). Tradicionalmente, la enseñanza escolar de esta área se ha centrado en el dominio de procedimientos y la resolución de problemas descontextualizados, lo que puede hacer que los estudiantes pierdan de vista la relevancia y la belleza de las matemáticas en la vida cotidiana. Por lo tanto, integrar auténticamente las artes en esta asignatura requiere repensar la naturaleza misma de esta actividad pedagógica, pasando del enfoque de la memorización y la aplicación de fórmulas a la exploración, el descubrimiento y la creatividad. Este cambio de paradigma puede ser desafiante ya que invita a los educadores y a los alumnos a embarcarse en formas nuevas y más abiertas de interactuar con las ideas matemáticas.

Para abordar estos desafíos y aprovechar todo el potencial del enfoque STEAM en la educación matemática, se necesitan esfuerzos concertados en múltiples frentes. Por una parte, es crucial invertir en la formación y el desarrollo profesional de los docentes, brindándoles las habilidades, los conocimientos y los recursos necesarios para diseñar e implementar experiencias de aprendizaje STEAM efectivas. Esta capacitación puede implicar la colaboración entre educadores de diferentes disciplinas, la creación de comunidades de práctica y el acceso a ejemplos de buenas prácticas y lecciones modelo.

Por otra parte, es necesario repensar los currículos y los sistemas de evaluación para dar cabida a enfoques más interdisciplinarios y basados en proyectos. Este ajuste puede requerir una mayor flexibilidad en la estructura escolar, la asignación de tiempo y recursos, y la alineación de los objetivos de aprendizaje con habilidades y competencias más amplias (Dignam *et al*., 2024). También es importante involucrar a todas las partes interesadas en el proceso de cambio, incluyendo administradores, padres y la comunidad en general, y comunicar claramente los beneficios y la importancia del enfoque STEAM para el aprendizaje y el éxito futuro de los estudiantes.

En el ámbito de la investigación, se necesitan más estudios que exploren los desafíos específicos de la implementación de STEAM en la educación matemática y que identifiquen estrategias efectivas para superarlos. Estos trabajos también pueden ayudar a desarrollar y validar nuevos enfoques pedagógicos, materiales curriculares y herramientas de evaluación que apoyen la integración auténtica de las artes en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas.

METODOLOGÍA

Para responder las preguntas de investigación, se realizó una revisión sistemática de la literatura siguiendo los lineamientos de Petticrew y Roberts (2008). De tal forma, el proceso metodológico implicó cinco fases claramente diferenciadas. En la primera se definieron los criterios de inclusión y exclusión, con base en los cuales se consideraron artículos empíricos y teóricos sobre la aplicación del enfoque STEAM en matemáticas, publicados en revistas arbitradas entre 2012 y 2023, y escritos en inglés o español. Además, se descartaron textos centrados exclusivamente en educación superior o que no abordaran las artes de manera explícita, así como actas de congreso, capítulos de libro, libros, tesis de maestría o doctorado y documentos duplicados.

En la segunda fase se realizó una búsqueda sistemática en bases de datos como Scopus, Education Resources Information Center (ERIC), Dialnet, Google Scholar y ResearchGate. También se revisaron las referencias de los artículos encontrados mediante la técnica de bola de nieve. Se utilizaron términos clave en inglés y español, combinando “STEAM”, “mathematics” y “education” con operadores booleanos.

En la tercera fase se procedió a extraer los estudios relevantes aplicando los criterios de inclusión y exclusión en tres rondas sucesivas: por título, por resumen y por texto completo. Dos investigadores realizaron la selección de manera independiente y resolvieron las discrepancias por consenso. De esta forma, de los 96 artículos recabados inicialmente, se seleccionaron 53. Sin embargo, cinco de estos documentos estaban duplicados en más de una base de datos; por lo tanto, la muestra final quedó conformada por 48 publicaciones.

En la cuarta fase se extrajeron y sintetizaron los datos. Para este proceso se utilizó una planilla de extracción en la que se registraron sistemáticamente los enfoques metodológicos, los temas, los objetivos, los resultados y las limitaciones de cada estudio. Asimismo, se realizaron análisis temáticos para identificar

patrones recurrentes, además de análisis bibliométricos para caracterizar las tendencias de publicación en el campo.

En la quinta fase se evaluaron la calidad y el potencial sesgo de los estudios incluidos. Con dicho fin, se aplicaron los principios de calidad para revisiones sistemáticas propuestos por Harden y Gough (2012), considerando la transparencia, la exhaustividad, la justificación de decisiones y la reflexividad. Los posibles sesgos fueron reconocidos y discutidos explícitamente.

Respecto a la calidad metodológica de los 48 estudios analizados, se identificaron patrones relevantes. De los estudios experimentales y cuasiexperimentales (n=24), aproximadamente el 58 % (n=14) presentaron diseños con grupos de control, mientras que el resto empleó diseños pre-post sin grupo comparativo. En cuanto al tamaño muestral, el 67 % de las investigaciones (n=32) trabajó con muestras inferiores a 100 participantes, lo cual limita la potencia estadística y la posibilidad de generalizar los hallazgos. Además, solo el 12,5 % de los artículos (n=6) informó sobre diseños longitudinales con seguimiento superior a seis meses. Estas limitaciones metodológicas recurrentes deben considerarse al interpretar los beneficios reportados por la literatura.

Los hallazgos se organizaron en función de las preguntas de investigación y se discutieron sus implicaciones, contrastando con la literatura previa. Por último, se derivaron conclusiones y recomendaciones, reconociendo explícitamente las limitaciones propias de una revisión de alcance.

RESULTADOS

Indicadores bibliométricos

De los 48 estudios analizados, el 56,2 % tienen un primer autor de origen estadounidense, el 20,8 % corresponde a investigadores europeos (entre los cuales se destaca España), el 18,7 % proviene de contextos asiáticos (principalmente, Corea del Sur), y el 4,1 % restante, de Oceanía. El 79,5 % de estos profesionales están afiliados a universidades.

Por lo demás, se observa un aumento significativo de publicaciones a partir de 2016, con un 72 % de los estudios divulgados entre 2016 y 2023 frente al 28 % correspondiente al lapso entre 2012 y 2015. Esta proporción sugiere un interés creciente en la temática, probablemente impulsado por iniciativas educativas y de investigación a nivel internacional. Un análisis de las revistas más influyentes en el campo evidencia que publicaciones como el *Journal for STEM Education Research*, el *International Journal of STEM Education* y el *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* han concentrado un número significativo de artículos sobre STEAM en matemáticas en los últimos años.

Otro registro en aumento es el de las colaboraciones internacionales, especialmente entre investigadores de Estados Unidos, Corea del Sur y países europeos. Por ejemplo, el estudio de Park *et al*. (2016) sobre las percepciones de los docentes de Corea del Sur con respecto a STEAM representa una colaboración entre autores de dicho país y norteamericanos.

La distribución geográfica de los estudios revela un predominio de investigaciones realizadas en contextos occidentales (Estados Unidos y Europa) y asiáticos (principalmente, Corea del Sur), con una notoria escasez de trabajos en América Latina, África y otras regiones del Sur Global. Esta concentración tiene implicaciones importantes para la generalización de los hallazgos dado que los sistemas educativos, las culturas escolares

y los recursos disponibles varían significativamente entre países. Los beneficios observados en entornos con alto nivel de recursos e infraestructura tecnológica pueden no ser directamente transferibles a otros con diferentes realidades educativas.

Enfoques metodológicos

Predominan investigaciones cuantitativas (83,3 %), seguidas de cualitativas (12,5 %) y mixtas (4,1 %). Dentro de los estudios del primer tipo, 60 % son experimentales, mayormente enfocados en diseñar, aplicar y evaluar propuestas didácticas STEAM; y el 40 % son no experimentales, incluyendo desarrollos teóricos, descripción de experiencias y análisis de percepciones. Los trabajos de índole cualitativa, por su parte, se centran en analizar los beneficios de integrar arte (50 %), desarrollar marcos conceptuales (33 %) e indagar percepciones (17 %). Los mixtos abordan percepciones y bases teóricas.

De los estudios experimentales, aproximadamente el 40 % utilizaron diseños cuasiexperimentales con grupo control, como el estudio de Perignat y Katz-Buonincontro (2019), que comparó el impacto de las actividades STEAM *vs.* STEM tradicionales en la creatividad de los estudiantes. Por otro lado, entre las investigaciones no experimentales, destacan los análisis de correlación entre la implementación de STEAM y variables como el rendimiento académico o las actitudes frente a las matemáticas. Por ejemplo, Togrol (2021) encontró una correlación positiva significativa ($r=0,42$, $p<0,01$) entre la participación en actividades STEAM y una mejor disposición hacia las matemáticas. Este hallazgo refleja una preferencia por enfoques explicativos y comparativos por encima de aproximaciones interpretativas. En todo caso, hay espacio para más trabajos que profundicen en los significados y las vivencias de los actores.

Temas y objetivos

En la figura 1 se ilustra la distribución porcentual por temas y objetivos de la literatura producida. Así, el tópico más frecuente (60,4 %) en los estudios examinados es analizar los beneficios de integrar artes con STEM, especialmente en términos de creatividad, motivación y aprendizaje. Le siguen el desarrollo de marcos teóricos (16,1 %), las percepciones docentes (8,3 %) y el proceso de enseñanza-aprendizaje STEAM (4,1 %). En cuanto a los propósitos de las investigaciones, predominan el diseño, la aplicación y la evaluación de propuestas didácticas STEAM (39,5 %), además de construir referentes conceptuales (25 %), describir beneficios de incluir arte (22,9 %), conocer percepciones docentes (6,2 %) y estudiantiles (4,1 %) y crear recursos (2 %).

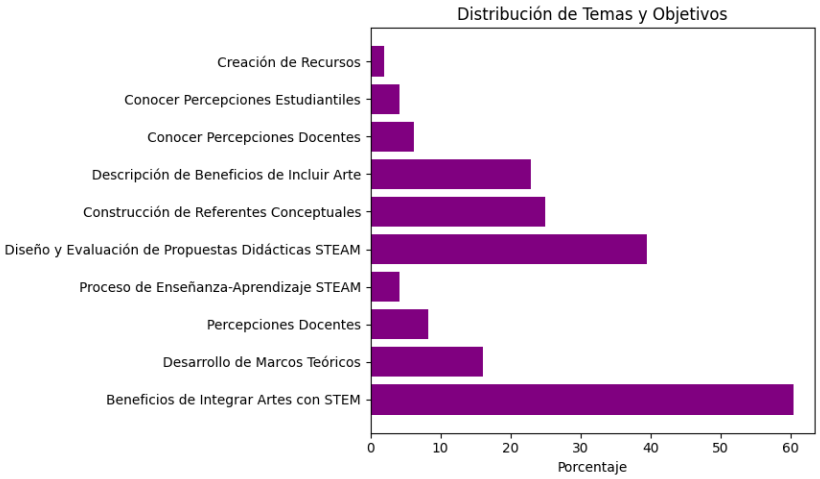


Figura 1. Temas y objetivos.

Asimismo, se evidencia un esfuerzo por fundamentar teóricamente el enfoque STEAM y por generar evidencias de su efectividad e impacto. En contraste, se encuentran menos estudios que aborden a fondo los procesos de implementación y factores contextuales.

Beneficios reportados

Las investigaciones destacan múltiples beneficios de la aplicación del enfoque STEAM en matemáticas. En relación con las variables afectivo-motivacionales, diversos estudios reportan un aumento de la creatividad, la motivación y la autoeficacia de los estudiantes (Borsay y Foss, 2016; Cline y Smith, 2016; Ugras, 2018). Respecto al desarrollo cognitivo, se evidencia el fomento de habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas y metacognición (Hamner y Cross, 2013; Kim, 2016).

En cuanto al aprendizaje matemático, varios estudios reportan mejoras en la comprensión conceptual y la retención a largo plazo (Rule *et al*., 2016; Teske y Pittman, 2016; Da Silva y Rosa, 2022). También se documentan cambios positivos en las actitudes y el autoconcepto en matemáticas (Gubbels *et al*., 2019), fomento de la colaboración, la comunicación y las habilidades socioemocionales (Herro *et al*., 2017), y mayores equidad e inclusión de estudiantes diversos (Quigley y Herro, 2016).

En el estudio de Gubbels *et al.* (2019), los estudiantes que participaron en un currículo STEAM integrado mostraron un aumento significativo en su autoeficacia matemática ($d=0,48$, $p<0,01$) en comparación con el grupo control. Entretanto, la investigación de Da Silva y Rosa (2022) reportó una mejora del 23 % en la comprensión conceptual de números enteros en estudiantes de secundaria después de participar en un proyecto STEAM que integraba música y tecnología digital. Asimismo, un metaanálisis reciente de Kim *et al.* (2022), que incluyó 45 estudios sobre STEAM en matemáticas, encontró un tamaño del efecto medio de 0,38 (IC 95 % [0,29, 0,47]) para el rendimiento en dicha materia y de 0,42 (IC 95 % [0,33, 0,51]) para las actitudes hacia la asignatura.

No obstante, estos resultados deben interpretarse con cautela considerando las limitaciones metodológicas identificadas. La mayoría de las evidencias provienen de estudios a pequeña escala y de corto plazo, con muestras de conveniencia y sin seguimiento longitudinal. Además, existe un posible sesgo de publicación hacia resultados positivos ya que los estudios con resultados nulos o negativos tienen menor probabilidad de ser publicados. Por tanto, se requieren investigaciones longitudinales y comparativas más robustas para confirmar estos beneficios.

Desafíos identificados

Junto con los beneficios, los estudios revelan varios desafíos y barreras para implementar efectivamente el enfoque STEAM en matemáticas (figura 2). Un primer reto corresponde a las visiones limitadas que reducen las artes a un recurso meramente motivacional o decorativo, sin una integración sustantiva con dicha área (Ghanbari, 2015). En segundo lugar, se ha señalado la falta de tiempo, recursos y espacios adecuados para el diseño y el desarrollo de proyectos STEAM (Hunter-Doniger y Sydow, 2016; Herro *et al.*, 2017).

El tercer desafío implica las escasas oportunidades de formación docente interdisciplinaria y específica para integrar artes y matemáticas (Quigley *et al.*, 2017). El cuarto corresponde a las resistencias de profesores y directivos ante prácticas innovadoras que desafían rutinas establecidas (Allina, 2018). Un quinto frente por atender son las dificultades para evaluar y valorar adecuadamente los aprendizajes y los procesos generados en experiencias STEAM integradas (Herro y Quigley, 2016). Finalmente, una sexta barrera es la

escasa articulación curricular e institucional que facilite la colaboración entre educadores de distintas áreas (Ghanbari, 2015; Garnica y Ramos, 2023).



Figura 2. Implementación del enfoque STEAM en educación matemática.

En el estudio de Herro *et al.* (2017), el 78 % de los docentes encuestados (n=124) reportaron la falta de tiempo como el principal obstáculo para implementar STEAM, seguido por la falta de recursos (65 %) y la falta de formación específica (61 %). Por su parte, la investigación de Garnica y Ramos (2023) en un contexto latinoamericano identificó que solo el 23 % de los profesores de matemáticas consultados (n=87) se sentían preparados para integrar efectivamente las artes en sus clases. Además, un estudio longitudinal de Quigley *et al.* (2020) sobre el uso de STEAM en 12 escuelas durante tres años encontró que los planteles que lograron incorporar este modelo de forma sostenible tenían en común tres factores: liderazgo comprometido, colaboración interdisciplinaria estructurada y desarrollo profesional continuo.

Las barreras citadas son tanto materiales como simbólicas, y reflejan desfases entre las demandas del enfoque STEAM y las realidades de los sistemas educativos. Superarlas requiere cambios articulados a nivel de políticas, culturas escolares, formación docente y concepciones pedagógicas.

DISCUSIÓN

Los resultados de esta revisión evidencian un campo emergente y en expansión, con un creciente cuerpo de publicaciones que exploran el potencial del enfoque STEAM en la educación matemática. En general, predominan los estudios empíricos cuantitativos que buscan diseñar, implementar y evaluar propuestas didácticas que integran las artes para favorecer la creatividad, la motivación y el aprendizaje. Así, en respuesta a la primera pregunta de investigación, se identificó que los métodos cuantitativos de tipo experimental constituyen el enfoque preponderante (83,3 %), con un énfasis en diseños cuasiexperimentales que evalúan la efectividad de intervenciones STEAM.

En relación con la segunda pregunta de investigación, los temas más frecuentemente abordados se centran en los beneficios de la integración artes-STEM (60,4 %) y el desarrollo de marcos teóricos (16,1 %). Esta distribución refleja un campo en proceso de consolidación conceptual, aunque con un sesgo hacia la documentación de ventajas del enfoque más que hacia la comprensión profunda de los procesos de implementación.

Los hallazgos sugieren que experiencias STEAM bien diseñadas pueden generar beneficios significativos en distintas dimensiones, como el desarrollo de habilidades de pensamiento de orden superior, mejoras en la comprensión conceptual, actitudes más positivas hacia las matemáticas y habilidades transversales. Estos resultados son consistentes con los principios teóricos de Yakman (2007) y Sousa y Pilecki (2013) sobre la integración sinérgica de las artes y STEM. Sin embargo, desde una perspectiva crítica, es necesario reconocer que muchos de estos aportes se reportan en estudios con limitaciones metodológicas significativas, lo que hace que la evidencia sea prometedora, pero no concluyente.

No obstante, la investigación también revela importantes desafíos y tensiones para una implementación efectiva y sostenible. Limitaciones de tiempo, recursos y espacios, junto con visiones restringidas de la integración de las artes y escasas oportunidades de desarrollo profesional, aparecen como barreras recurrentes (Herro *et al.,* 2017). Además, las estructuras disciplinares de los currículos y las resistencias ante la innovación dificultan la consolidación del enfoque STEAM (Allina, 2018). Estos retos responden a la tercera pregunta de investigación y revelan que los obstáculos para la implementación de STEAM son sistémicos y multidimensionales, de modo que requieren intervenciones coordinadas en múltiples niveles del ámbito educativo.

Respecto a la generalización de los hallazgos, es importante destacar que la mayoría de los estudios se han realizado en contextos occidentales (en particular, Estados Unidos y España) y asiáticos (principalmente, Corea del Sur), lo cual limita la transferibilidad de los resultados a otros entornos con diferentes culturas educativas, sistemas de recursos y tradiciones pedagógicas. Los beneficios observados en ambientes con alta disponibilidad de recursos tecnológicos, formación docente especializada y apoyo institucional pueden no replicarse automáticamente en zonas con otro tipo de condiciones. Esta consideración es especialmente relevante para América Latina, donde el sector educativo enfrenta desafíos particulares en términos de infraestructura, capacitación de los profesores y recursos.

Estos resultados tienen implicaciones relevantes para la práctica educativa y la formación docente, respondiendo así a la cuarta pregunta de investigación. Por un lado, sugieren la necesidad de proveer a los educadores marcos conceptuales claros, ejemplos prácticos y recursos concretos para diseñar experiencias STEAM auténticas y profundas en matemáticas. Específicamente, los profesores requieren comprender qué constituye una integración sustantiva frente a enfoques superficiales, y disponer de estrategias para lograr esta integración en sus contextos particulares.

Por otro lado, es evidente la importancia de desarrollar en los docentes competencias interdisciplinarias (Boice et al., 2021), reflexividad y apertura al cambio. Asimismo, la implementación del enfoque STEAM desafía a flexibilizar tiempos, espacios y culturas escolares para acoger prácticas innovadoras (Acendra-Pertuz y Conde-Carmona, 2024; Conde-Carmona, 2025; Méndez-Parra y Conde-Carmona, 2025).

Para futuros estudios, se requiere robustecer las evidencias sobre la efectividad del enfoque STEAM con diseños longitudinales, comparativos y mixtos que profundicen en los procesos de implementación situada. Asimismo, se necesitan más investigaciones sobre las concepciones y las prácticas docentes al integrar arte

y matemáticas, y también que contemplen los factores contextuales que facilitan u obstaculizan la sostenibilidad de esta estrategia pedagógica (Rodríguez-De la Barrera y Genes-Quintero, 2024). Por lo demás, sería particularmente relevante desarrollar trabajos en contextos latinoamericanos que permitan comprender cómo se manifiestan los beneficios y los desafíos de las intervenciones STEAM en sistemas educativos con características diferentes a las predominantes en la literatura actual.

Como limitaciones de esta revisión, es preciso anotar que se centró en artículos publicados en revistas arbitradas, excluyendo otras fuentes que pueden contener experiencias valiosas como SciELO, Web of Science, Springer, Taylor and Francis y ScienceDirect, entre otras. Además, la diversidad de contextos, diseños y focos de los estudios dificultó las comparaciones y las generalizaciones.

También cabe observar que, si bien no se detectó un sesgo de publicación sistemático, la prevalencia de artículos con resultados positivos sugiere que puede existir una subrepresentación de estudios con hallazgos nulos o negativos. No obstante, como una exploración panorámica, se lograron identificar tendencias, vacíos y oportunidades para potenciar el diálogo entre la investigación y la práctica STEAM.

A manera de oportunidad de investigación, sería pertinente realizar una revisión sistemática sobre el impacto generado por el enfoque STEAM durante 2021-2024, considerada la etapa pospandémica, en la cual los profesores tuvieron que reinventar sus prácticas y hacer uso con mayor frecuencia de la tecnología. De hecho, este tipo de proyectos se hizo más evidente en la literatura de investigación, sobre todo en países hispanohablantes.

De igual forma, se debe considerar que en esta revisión se encontró un alto porcentaje de artículos relacionados con la incorporación de las artes en educación matemática publicados en inglés. En consecuencia, indagar más sobre este tipo de trabajos en el continente americano sería una forma valiosa de contrastar cómo estos trabajos son abordados o replicados a partir de los hallazgos encontrados en países asiáticos y europeos, sitios del mundo en los cuales el STEAM ha sido más utilizado.

CONCLUSIÓN

El enfoque STEAM ha emergido como una propuesta prometedora para enriquecer y transformar la educación matemática al integrar las artes como un motor de creatividad, significado y pensamiento divergente. La evidencia analizada demuestra que, cuando se implementa adecuadamente, con una integración sustantiva que trascienda el uso decorativo, estas estrategias pedagógicas pueden generar beneficios en el desarrollo de habilidades cognitivas superiores, la motivación estudiantil y la comprensión conceptual matemática. Sin embargo, la calidad metodológica variable de los estudios primarios y el predominio de investigaciones en contextos occidentales y asiáticos limitan la posibilidad de generalizar estos hallazgos.

Según la revisión de literatura, la implementación efectiva del enfoque STEAM enfrenta desafíos significativos que requieren atención prioritaria. En ese sentido, se llama la atención sobre la necesidad de formación docente especializada en integración interdisciplinaria, superar barreras institucionales y curriculares, y desarrollar visiones más profundas que superen concepciones reduccionistas de las artes como mero recurso motivacional. Estos hallazgos subrayan que el éxito del STEAM no reside tan solo en la adopción superficial de actividades artísticas, sino en la construcción de experiencias de aprendizaje verdaderamente interdisciplinarias, donde las artes contribuyan de manera sustantiva a la comprensión matemática.

Para alcanzar plenamente el potencial transformador del enfoque STEAM en la educación matemática, también se requieren esfuerzos sostenidos de investigación, desarrollo e innovación que aborden tanto los aspectos pedagógicos como los sistémicos. Para dicho fin, es preciso repensar culturas, estructuras y prácticas educativas desde una mirada más integrada, creativa y flexible, donde las artes y las matemáticas se entrelacen de manera auténtica y significativa.

Por otra parte, la investigación futura debe enfocarse en estudios longitudinales que documenten los impactos a largo plazo del STEAM con diseños metodológicos robustos, así como en la identificación de factores contextuales que faciliten su sostenibilidad en diversos entornos educativos. Particularmente, se requieren análisis en contextos latinoamericanos que examinen la viabilidad y la efectividad de este enfoque en sistemas educativos con características diferentes a los predominantes en la literatura actual. Solo a través de este compromiso continuo con la investigación rigurosa será posible materializar la visión de una educación matemática más humanizada, creativa y transformadora para todos los estudiantes.

Una oportunidad futura derivada de este trabajo de investigación es la inclusión de artículos en bases de datos de alto impacto como Web of Science, Springer y Taylor and Francis, así como en los *proceedings* de eventos de prestigio en educación matemática. De tal forma será posible ampliar la comprensión de las tendencias asociadas a los estudios STEAM en toda la comunidad a nivel mundial.

DECLARACIÓN SOBRE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses de carácter personal, académico, financiero, institucional o de cualquier otra índole que haya influido en la elaboración, el análisis, la interpretación de los datos o la redacción del presente artículo sometido a la revista *Praxis* de la Universidad del Magdalena. Asimismo, manifiestan que el manuscrito es resultado de un trabajo académico independiente y que no existen compromisos externos que puedan haber condicionado sus resultados o conclusiones.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

El presente artículo es producto de un trabajo colaborativo en el que cada autor participó en diferentes fases del proceso investigativo y de redacción: Robinson Conde Carmona contribuyó en la elaboración de la introducción, el diseño metodológico y la redacción de los resultados. Iván Padilla Escorcia trabajó en la construcción del marco teórico, el diseño metodológico y el desarrollo de los resultados. Sonia Valbuena Duarte aportó en la elaboración y la redacción de los resultados, y Jesús Berrío Valbuena fue responsable de elaborar las conclusiones. Todos los autores estuvieron involucrados en la revisión crítica del manuscrito, aprobaron su versión final y asumen responsabilidad sobre el contenido presentado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acendra Pertuz, J. y Conde Carmona, R. (2024). STEAM para el desarrollo del pensamiento matemático: una revisión documental. Praxis, 20(2), 351–370. https://doi.org/10.21676/23897856.5783

2. Allina, B. (2018). The development of STEAM educational policy to promote student creativity and social empowerment. Arts Education Policy Review, 119(2), 77-87. https://doi.org/10.1080/10632913.2017.1296392

3. Bautista, A. (2021). STEAM education: Contributing evidence of validity and effectiveness. Journal for the Study on Education and Development: Infancia y Aprendizaje, 44(4). https://doi.org/10.1080/02103702.2021.1926678

4. Bertrand, M. y Namukasa, I. (2023). A pedagogical model for STEAM education. Journal of Research in Innovative Teaching and Learning, 16(2), 169-191. https://doi.org/10.1108/JRIT-12-2021-0081

5. Beisly, A. y Moffitt, A. (2025). Sense-Making and STEAM: Using art to make science visible. Early Childhood Educ J 53, 645–653. https://doi.org/10.1007/s10643-023-01615-3

6. Borsay, K. y Foss, P. (2016). Third graders explore sound concepts through online research compared to making musical instruments. Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions, 1(1), 46-61.

7. Boice, K., Jackson, J., Alemdar, M., Grossman, S. y Usselman, M. (2021). Supporting teachers on their STEAM journey: A collaborative STEAM teacher training program. Educ. Sci. 11, 105. https://doi.org/10.3390/educsci11030105

8. Bush, S. y Cook, K. (2019). Step into STEAM: Your standards-based action plan for deepening mathematics and science learning. Corwin.

9. Carmona-Mesa, J., Acevedo, S. y Villa-Ochoa, J. (2020). Producción académica Iberoamericana en educación STEM/STEAM: el caso de los eventos académicos y la formación de profesores. In A. Paz (Ed.), Libro de Actas del 1.er Congreso Caribeño de Investigación Educativa. Repensando la formación de los profesionales de la Educación (pp. 337–342). RECIE.

10. Cline, J. E. y Smith, B. A. (2016). Water Play. Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions, 1(2), 16-22.

11. Colucci-Gray, L., Burnard, P., Gray, D. y Cooke, C. (2019). A critical review of STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics). In P. Thomson (Ed.), Oxford Research Encyclopedia of Education (pp. 1–26). (Oxford Research Encyclopedias). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190264093.013.398

12. Conde-Carmona, R. y Padilla-Escorcia, I. (2021). Aprender matemáticas en tiempos del Covid-19: un estudio de caso con estudiantes universitarias. Educación y Humanismo, 23(40), 1-19. https://doi.org/10.17081/eduhum.23.40.4380

13. Conde-Carmona, R. (2025). La integración del enfoque STEAM en la enseñanza de la estadística para estudiantes de ciencias económicas y administración. Revista En-Contexto, 13(24), 67–95. https://doi.org/10.53995/23463279.1808

14. Conde-Carmona, R. y Padilla-Escorcia, I. (2025). La inteligencia artificial en educación matemática: percepciones de futuros docentes sobre expectativas, prácticas y desafíos. Voces Y Silencios. Revista Latinoamericana De Educación, 16(2),126. https://doi.org/10.18175/VyS16.2.2025.1

15. Dignam, C., Pennington, L. y Daifallah, A. (2024). Beyond the acronym: Interconnections of STEAM, the humanities, and digital citizenship. International Journal on Social and Education Sciences (IJonSES), 6(3), 452-480. https://doi.org/10.46328/ijonses.686

16. English, L. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. International Journal of STEM Education, 3(1), 1-8. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1

17. English, L. (2017). Advancing elementary and middle school STEM education. International Journal of Science and Mathematics Education, 15(1), 5-24. https://doi.org/10.1007/s10763-017-9802-x

18. Erol, M. y Erol, A. (2023). Reflections of STEAM Education on Children According to Early Childhood and Primary School Teachers. International Journal on Social and Education Sciences (IJonSES), 5(3), 493-506. https://doi.org/10.46328/ijonses.507

19. Fraga, S. y Rosa, M. (2022). Educación Matemática STEAM: dando sentido a los números enteros con las tecnologías digitales. Unión – Revista Iberoamericana de Educación Matemática, (66), 4.

20. Gess, A. H. (2017). STEAM education: Separating fact from fiction. Technology and Engineering Teacher, 77(3), 39-41.

21. Ghanbari, S. (2015). Learning across disciplines: A collective case study of two university programs that integrate the arts with STEM. International Journal of Education and the Arts, 16(7), 1-21.

22. Garnica, A. y Ramos, D. (2023). Pensamiento computacional y enfoque STEAM como estrategia para fortalecer las competencias en matemáticas. Revista Científica Ciencia y Tecnología, 23(39), 16-31. https://doi.org/10.47189/rcct.v23i39.595

23. Gubbels, M., van Langen, A., Maas, J. y Meelissen, M. (2019). Effectiveness of an integrated STEM curriculum on primary students' attitudes and engagement. In 11th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA).

24. Hamner, E. y Cross, J. (2013). Arts and Bots: Techniques for distributing a STEAM robotics program through K-12 classrooms. In 2013 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC) (pp. 1-5). IEEE.

25. Harden, A. y Gough, D. (2012). Quality and relevance appraisal. An introduction to systematic reviews, 153-178.

26. Henriksen, D. (2013). Full STEAM ahead: Creativity in excellent STEM teaching practices. The STEAM Journal, 1(2), 15. https://doi.org/10.5642/steam.20140102.15

27. Henriksen, D. (2017). Creating STEAM with design thinking: Beyond STEM and arts integration. The STEAM Journal, 3(1), 11. https://doi.org/10.5642/steam.20170301.11

28. Hernández-Álvarez, W., Vega-Santofimio, H., Cuéllar-Guarnizo, J. y Gutiérrez-Cárdenas, M. A. (2024). Tecnología para el aprendizaje: una reflexión desde la robótica educativa y STEM en el desarrollo de competencias del siglo XXI. Praxis, 20(3), 635–652. https://doi.org/10.21676/23897856.5864

29. Herro, D. y Quigley, C. (2016). STEAM enacted: A case study of a middle school teacher implementing STEAM instructional practices. Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 35(4), 319-342.

30. Herro, D., Quigley, C., Andrews, J. y Delacruz, G. (2017). Co-Measure: developing an assessment for student collaboration in STEAM activities. International Journal of STEM Education, 4(1), 1-12. https://doi.org/10.1186/s40594-017-0094-z

31. Hunter-Doniger, T. y Sydow, L. (2016). A journey from STEM to STEAM: A middle school case study. The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas, 89(4-5), 159-166. https://doi.org/10.1080/00098655.2016.1170461

32. Kim, P. (2016). The wheel model of STEAM education based on traditional korean scientific contents. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 12(9), 2353-2371. https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1263a

33. Liao, C. (2016). From interdisciplinary to transdisciplinary: An arts-integrated approach to STEAM education. Art Education, 69(6), 44-49. https://doi.org/10.1080/00043125.2016.1224873

34. Madden, M., Baxter, M., Beauchamp, H., Bouchard, K., Habermas, D., Huff, M. y Plague, G. (2013). Rethinking STEM education: An interdisciplinary STEAM curriculum. Procedia Computer Science, 20, 541-546. https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.09.316

35. Méndez-Parra, C. y Conde-Carmona, R. (2025). Integración de STEAM y la realidad aumentada en la enseñanza de la traslación de figuras geométricas. Revista Virtual Universidad Católica del Norte, (74), 69-92. https://www.doi.org/10.35575/rvucn.n74a4

36. Menéndez-Cuervo, P. y Vílchez-González, J. (2024). Efecto de la participación en proyectos STEM en la actitud hacia la ciencia de alumnado de un Programa de Mejora del Aprendizaje y Rendimiento. Ápice. Revista de Educación Científica, 8(2), 19-36. DOI: https://doi.org/10.17979/arec.2024.8.2.10617

37. Monreal, I., Palop, B. y López, M. (2022). Propuesta STEAM: matemáticas al ritmo. Eufonía: Didáctica de la Música, (91), 33-38.

38. Park, H., Byun, S., Sim, J., Han, H. y Baek, Y. (2016). Teachers' perceptions and practices of STEAM education in South Korea. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 12(7), 1739-1753. https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1531a

39. Perignat, E., Lee, E. y Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice: Prospective K-8 teachers' conceptions of STEAM education. In Handbook of research on STEM education (pp. 75-87). Routledge.

40. Peña-Coronado, G. y Cano-Velásquez, T. (2025). Uso de recursos educativos digitales de los docentes en las instituciones educativas de la ciudad de Santa Marta. Praxis, 21(1), 192–207. https://doi.org/10.21676/23897856.6255

41. Petticrew, M. y Roberts, H. (2008). Systematic reviews in the social sciences: A practical guide. John Wiley and Sons.

42. Prada-Núñez, R., Peñaloza-Tarazona, M. y Rodríguez-Moreno, F. (2024). Análisis de la producción científica en educación STEAM: una revisión desde la base de datos web of science. AiBi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería, 12(3), 214-227. https://doi.org/10.15649/2346030X.4414

43. Ortiz-Revilla, J., Greca, I. y Meneses-Villagra, J. (2021). Effects of an integrated STEAM approach on the development of competence in primary education students. Journal for the Study of Education and Development, 44(4), 838-870. https://doi.org/10.1080/02103702.2021.1925473

44. 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

45. Quigley, C., Herro, D. y Jamil, F. (2017). Developing a conceptual model of STEAM teaching practices. School Science and Mathematics, 117(1-2), 1-12. https://doi.org/10.1111/ssm.12201

46. Rodríguez, A. y Genes Quintero, C. (2024). La metodología STEAM: una experiencia interdisciplinar para fomentar la actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje. Praxis, 20(2), 248–262. https://doi.org/10.21676/23897856.5622

47. Rule, A., Atwood-Blaine, D., Edwards, C. y Gordon, M. (2016). Art-integration through making dioramas of women mathematicians' lives enhances creativity and motivation. Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions, 1(2), 84-103.

48. Sousa, D. y Pilecki, T. (2013). From STEM to STEAM: Using brain-compatible strategies to integrate the arts. Corwin Press.

49. Teske, J. y Pittman, P. (2016). Eighth graders explore form and function of modern and fossil organisms. Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions, 1(2), 79-94.

50. Ugras, M. (2018). The effects of STEM activities on STEM attitudes, scientific creativity and motivation beliefs of the students and their views on STEM education. International Online Journal of Educational Sciences, 10(5), 165-182. https://doi.org/10.15345/iojes.2018.05.012

51. Wynn, T. y Harris, J. (2012). Toward a STEM+ arts curriculum: Creating the teacher team. Art Education, 65(5), 42-47.

52. Yakman, G. (2007). STEAM education: An overview of creating a model of integrative education. In Pupils' Attitudes Towards Technology (PATT-19) Conference: Research on Technology, Innovation, Design and Engineering Teaching (pp. 335-358).