

Martínez Hernández, N. A., & Pascuas Rengifo, Y. S. (2025, septiembre-diciembre). Implementación del enfoque STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) en la educación secundaria alta: revisión sistemática de metodologías, temáticas y formación de ciudadanos activos. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (76), 254-294.

<https://www.doi.org/10.35575/rvucn.n76a10>

Implementación del enfoque STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) en la educación secundaria alta: revisión sistemática de metodologías, temáticas y formación de ciudadanos activos

Implementation of the STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) approach in upper secondary education: systematic review of methodologies, themes and training of active citizens

Neils Antonino Martínez Hernández

Magister en Ciencias Ambientales

Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de la Amazonia

Florencia, Colombia

ne.martinez@udla.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-0120-645X>

CvLAC:

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001568828

Yois Smith Pascuas Rengifo

Doctora en Educación y Cultura Ambiental

Facultad de Ingeniería, Universidad de la Amazonia

Florencia, Colombia

y.pascuas@udla.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6241-3247>

CvLAC:

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001080474

Recibido: 13 de agosto de 2024

Evaluado: 21 de abril de 2025

Aprobado: 22 de julio de 2025

Tipo de artículo: Revisión



Resumen

La educación actual enfrenta el desafío de formar individuos capaces de adaptarse a un mundo en constante evolución. En este contexto, el enfoque STEAM que promueve enseñar y aprender, integrando Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas, ha emergido como una estrategia prometedora para desarrollar competencias en los estudiantes. Esta investigación analizó cómo se ha implementado el enfoque STEAM en la educación media y su relevancia en la preparación de los estudiantes para ser ciudadanos activos. Se realizó una revisión sistemática PRISMA, sin establecer ningún condicionamiento respecto al régimen privado o público; la búsqueda inicial arrojó 131 estudios publicados entre 2021 y 2024 en las bases de datos *Scopus*, *WoS* y *ERIC*, a los cuales se les aplicaron criterios de inclusión y exclusión, siendo seleccionados 22 artículos que cumplieron con los requisitos establecidos para el análisis en profundidad. Se establecieron 4 categorías de análisis originadas en los datos extraídos que contribuían a dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas: enfoques metodológicos, temáticas abordadas, estrategias educativas y efectos. Los hallazgos revelaron una preferencia por la investigación cualitativa y por las ciencias naturales como eje central de las investigaciones. Asimismo, se evidenció una diversidad de estrategias pedagógicas, destacando el aprendizaje basado en proyectos (ABP). Los resultados indicaron que la implementación del STEAM en la educación media genera un impacto positivo en el desarrollo de habilidades cognitivas y del siglo XXI, así como en la motivación de los estudiantes. Se concluye que una planificación, implementación y evaluación cuidadosa del enfoque, considerando el contexto social de los estudiantes, es fundamental para maximizar sus beneficios. Adicionalmente, este estudio propone una hoja de ruta para integrar el STEAM en la práctica educativa.

Palabras Clave: Aprendizaje; Creatividad; Educación secundaria; Formación; Habilidades; Innovación; STEAM.

Abstract

Today's education faces the challenge of educating individuals capable of adapting to a constantly changing world. In this context, the STEAM approach that promotes teaching and learning, integrating Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics, has emerged as a promising

strategy to develop competencies in students. This research analyzed how the STEAM approach has been implemented in upper secondary education and its relevance in preparing students to be active citizens. A systematic review PRISMA was conducted, without setting any conditions with regard to the private or public system; the initial search returned 131 studies published between 2021 and 2024 in the Scopus, WoS and ERIC databases, to which inclusion and exclusion criteria were applied, and 22 Articles that met the requirements for in-depth analysis were selected. Four categories of analysis derived from the extracted data that helped to answer the research questions raised were established: methodological approaches, themes addressed, educational strategies and effects. The findings revealed a preference for qualitative research and natural sciences as the central focus of research. A variety of pedagogical strategies were also evident, with project-based learning (PBL) being the most notable. The results indicated that the implementation of STEAM in high school has a positive impact on the development of cognitive and 21st century skills, as well as on student motivation. It is concluded that careful planning, implementation and evaluation of the approach, considering the social context of the students, is essential to maximize its benefits. Additionally, this study proposes a roadmap to integrate STEAM into educational practice.

Keywords: Learning; Creativity; Secondary education; Training; Skills; Innovation; STEAM.

Introducción

La educación, como ente dinámico y transformador, debe estar en continua sintonía con las necesidades de una sociedad cada vez más compleja. En este contexto, resulta imperativo desarrollar estrategias pedagógicas que no solo transmitan conocimientos, sino que también fomenten el desarrollo de competencias clave para la vida y el trabajo en el siglo XXI (González-Pérez & Ramírez-Montoya, 2022).

La última etapa de la educación secundaria, que en Colombia se denomina educación media, comprende los grados décimo y undécimo (Ley general de Educación, 1994); según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2019) equivale al nivel 3 de la Clasificación Internacional Normalizada de la Educación, que representa la educación secundaria alta. Este nivel educativo, además de profundizar en el desarrollo cognitivo de los estudiantes,

debe favorecer el desarrollo de habilidades autorreguladas como la reflexión (Kesuma et al., 2021), y ser un catalizador para el desarrollo de habilidades tales como el pensamiento crítico, el trabajo colaborativo, la resolución de problemas, la alfabetización tecnológica y la creatividad, garantizando que los estudiantes tengan las habilidades a la par con los estándares internacionales (Cabral Bacus & Coronado Alda, 2022); esto se puede lograr a través de prácticas educativas innovadoras, entendidas como procesos de aprendizaje, creación y divulgación del conocimiento que se arraigan mediante la práctica en la sociedad (López-Yáñez & Sánchez-Moreno, 2021) y la incorporación de estrategias de aprendizaje activo (González-Pérez & Ramírez-Montoya, 2022), mejorando la planificación de la vida, la flexibilidad y la adaptabilidad (Wrahatnolo & Munoto, 2018).

Por otra parte, en Colombia los resultados de las pruebas Saber 11 son inquietantes, ya que, en los últimos diez años, el 70 % de los estudiantes de grado 11 han conseguido bajos puntajes en ciencias naturales, situándose en los niveles 1 y 2 de desempeño (Laboratorio de Economía de la Educación, 2024). Aunque el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES) esquematizó estas pruebas con el fin de valorar la capacidad de los estudiantes para aplicar el conocimiento científico a la resolución de problemas reales, los resultados muestran que se encuentra una gran brecha al respecto.

Diferentes publicaciones han examinado las probables fuentes de estos bajos desempeños. De esta manera, han sido relacionados elementos como los estilos de aprendizaje, la desmotivación, la falta de reconocimiento cultural e inconvenientes en la atención y memoria, como obstáculos para el aprendizaje de las ciencias (Amaya et al., 2020; Patiño García & Garzón, 2024; Pico & Caicedo, 2020; Redondo, 2018). También, se han subrayado que variables socioeconómicas y académicas afectan el desempeño de los estudiantes (Sáenz & Toro, 2023).

Para ofrecer una educación media de calidad el sistema educativo debe estar en sincronía con el avance a nivel global. Por tanto, es necesario buscar estrategias que permitan a los estudiantes una mejor adquisición de conocimientos, el desarrollo de habilidades y actitudes, teniendo un equilibrio entre el enfoque científico y el uso de la tecnología (Novitra et al., 2021; Ortiz Ortiz & Hernández Yomayuzá, 2023). En ese sentido, hoy en día es necesario que las estrategias tengan un carácter interdisciplinario, integrando diferentes áreas hacia objetivos educativos comunes (Capone, 2022). Además, contribuyan a la comprensión integral de los

fenómenos, para encontrar soluciones a problemáticas concretas (Raento, 2020), y fomenten el trabajo colaborativo y la motivación académica (Corbacho et al., 2021).

De esta manera, el STEAM es un enfoque educativo de carácter interdisciplinar, el cual motiva la integración de la ciencia, la tecnología, la ingeniería, el arte y las matemáticas (Rodrigues-Silva & Alsina, 2023), centrándose en el estudiante (Sukmawati et al., 2023). Este enfoque se caracteriza por ofrecer una educación holística y atractiva (Marín-Marín et al., 2021), donde la enseñanza es dinámica, involucrando actividades científicas y artísticas en un ambiente de aprendizaje colaborativo y reflexivo (Bassachs et al., 2020). La implementación en la educación estimula el desarrollo de habilidades digitales (Deák & Kumar, 2024) y del pensamiento matemático (Guncaga et al., 2024). También, promueve la participación de los estudiantes en proyectos prácticos, en los cuales se aplican los conceptos teóricos a situaciones cotidianas (Martín-Cudero et al., 2024), que proporcionan experiencias de aprendizaje enriquecedoras para desarrollar habilidades y dar respuestas creativas a cuestiones del contexto (Carter et al., 2021). Por tanto, busca un mejor desarrollo de los procesos cognitivos, personales e interpersonales, incluyendo las habilidades sociales (Correia et al., 2024; Shukshina et al., 2021).

Se han desarrollado estudios donde se revisan las publicaciones realizadas sobre el STEAM, relacionadas con implementaciones en educación (Aguilera & Ortiz-Revilla, 2021), la educación secundaria (White & Delaney, 2021), tecnologías emergentes (Silva-Díaz et al., 2022), matemáticas (Martín-Cudero et al., 2024), educación en indonesia (Ilma et al., 2023), formación docente en ciencias naturales (Camacho-Tamayo & Bernal-Ballén, 2024), experiencias educativas (Aguilera & Vélchez-González, 2024), robótica educativa (Raposo-Rivas et al., 2022), MOOC (Leytón Yela et al., 2021), habilidades del siglo XXI (Mariano & Chiappe, 2021) y procesos curriculares (Celis Cuervo & González Reyes, 2021); sin embargo, no se ha evidenciado un trabajo específico donde se revisen las investigaciones realizadas sobre la implementación del STEAM en la educación media desde el 2021 hasta el 2024.

El enfoque STEAM, por su carácter emergente, ofrece un gran potencial para transformar la educación. En este trabajo se pretende, mediante una revisión sistemática de la literatura, establecer un panorama de la implementación del STEAM en la educación media para contribuir a identificar los métodos de investigación, los temas trabajados, los modelos de aprendizaje utilizados y la efectividad del enfoque STEAM, tanto en los procesos cognitivos como en el

desarrollo de habilidades científicas, tecnológicas, de ingeniería, artísticas y matemáticas en los estudiantes. Por tanto, se plantean las siguientes preguntas de investigación: (1) ¿Cuáles son los enfoques metodológicos de investigación que se han empleado en las publicaciones?, (2) ¿Qué temáticas han sido abordadas desde el enfoque STEAM?, (3) ¿Qué estrategias educativas se han utilizado para implementar el STEAM?, y (4) ¿De qué manera la implementación del STEAM en la educación media prepara a los estudiantes para ser ciudadanos activos y agentes de cambio? Los resultados de esta investigación contribuirán a consolidar el enfoque STEAM como una práctica pedagógica efectiva.

Método

Una revisión sistemática de la literatura es un método riguroso que sintetiza la evidencia disponible sobre un tema específico, garantizando resultados confiables a través de un proceso estructurado de búsqueda y análisis de publicaciones; esto permite identificar, evaluar y sintetizar evidencias disponibles sobre preguntas de investigación y/o objetivos específicos (Page et al., 2021). Con el fin de dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas se llevó a cabo una revisión sistemática de literatura con base en el método *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews* (PRISMA), el cual es ampliamente usado en la actualidad para hacer revisiones en el campo de la educación (Sánchez-Serrano et al., 2022). De esta manera, PRISMA establece una serie de etapas que incluyen la identificación de artículos publicados en bases de datos seleccionadas y su filtración mediante la aplicación de criterios de inclusión y exclusión; luego, un cribado consistente en el análisis de los resúmenes; después, la determinación de la elegibilidad con base a la revisión del texto completo de los documentos para determinar los documentos que serán analizados a profundidad; posteriormente, se sintetizan los hallazgos; y, finalmente, se discute y concluye sobre los resultados obtenidos (Page et al., 2021; Sánchez-Serrano et al., 2022).

Fuentes de información

La consulta de publicaciones se realizó en las bases de bases de datos *Web of Science* (WoS), *Scopus* y *Educational Resources Information Center* (ERIC), seleccionadas por su alcance

internacional, por publicar artículos científicos evaluados por pares y por ser consideradas las de mayor trascendencia en el área educativa. Con la finalidad de tener una amplia perspectiva de la implementación del STEAM no se limitó la búsqueda a investigaciones relativas a establecimientos educativos públicos o privados. La búsqueda fue llevada a cabo en el mes de junio de 2024.

Estrategia de búsqueda

Teniendo en cuenta que la educación media en Colombia equivale internacionalmente al nivel educativo de secundaria alta, las ecuaciones utilizadas para la búsqueda tuvieron como criterio el contener, en el título, resumen o palabras clave, al mismo tiempo, los términos STEAM y *high school* (de la cual hace parte la educación media en Estados Unidos y otros países), aunque la incorporación del arte se puede manifestar de la forma STEM+art o por STEM y *Art*. Además, en el entorno europeo, el término *secondary school* incluye a la educación media; por tanto, para englobar la mayor cantidad de publicaciones vinculadas con los objetivos se incluyeron los términos *secondary students* o *secondary education*.

La ecuación de búsqueda empleada en las bases de datos *WoS* fue:

```
("STEAM" OR "STEM+ART" OR ("STEM" AND "ART")) AND ("HIGH SCHOOL" OR "SECONDARY SCHOOL" OR "SECONDARY STUDENTS" OR "SECONDARY EDUCATION") (Title) or ("STEAM" OR "STEM+ART" OR ("STEM" AND "ART")) AND ("HIGH SCHOOL" OR "SECONDARY SCHOOL" OR "SECONDARY STUDENTS" OR "SECONDARY EDUCATION") (Abstract) or ("STEAM" OR "STEM+ART" OR ("STEM" AND "ART")) AND ("HIGH SCHOOL" OR "SECONDARY SCHOOL" OR "SECONDARY STUDENTS" OR "SECONDARY EDUCATION") (Author Keywords)
```

Para la base de datos *Scopus*:

```
(TITLE ((“STEAM” OR “STEM+ART” OR (“STEM” AND “ART”)) AND (“HIGH SCHOOL” OR “SECONDARY SCHOOL” OR “SECONDARY STUDENTS” OR “SECONDARY EDUCATION”)) OR ABS (“STEAM” OR “STEM+ART” OR (“STEM” AND “ART”)) AND (“HIGH SCHOOL” OR “SECONDARY SCHOOL” OR “SECONDARY
```

STUDENTS" OR "SECONDARY EDUCATION")) OR KEY
(("STEAM" OR "STEM+ART" OR ("STEM" AND "ART")) AND ("HIGH SCHOOL" OR "SECONDARY SCHOOL" OR "SECONDARY STUDENTS" OR "SECONDARY EDUCATION"))))

Mientras que en la base ERIC se utilizó: title: "STEAM" OR "STEM+ART" OR ("STEM" AND "ART") AND ("HIGH SCHOOL" OR "SECONDARY SCHOOL" OR "SECONDARY STUDENTS" OR "SECONDARY EDUCATION") abstract:"STEAM" OR "STEM+ART" OR ("STEM" AND "ART") AND ("HIGH SCHOOL" OR "SECONDARY SCHOOL" OR "SECONDARY STUDENTS" OR "SECONDARY EDUCATION") descriptor:"STEAM" OR "STEM+ART" OR ("STEM" AND "ART") AND ("HIGH SCHOOL" OR "SECONDARY SCHOOL" OR "SECONDARY STUDENTS" OR "SECONDARY EDUCATION")

Criterios de inclusión y exclusión

Teniendo en cuenta que se pretendía analizar estudios actualizados se optó por incluir publicaciones del periodo 2021-2024, los cuales se encuentran en la ventana de tiempo de los últimos cinco años. Para la base de datos *WoS* se incluyeron artículos de las categorías educación e investigación educativa y educación, disciplinas científicas; mientras que en *Scopus* se incluyeron únicamente estudios de la categoría ciencias sociales. Al ser ERIC una base de datos especializada en educación, no se filtró por ninguna categoría. La población estudiada en los documentos debía estar conformada por estudiantes que cursaran el nivel de educación media. En la Tabla 1 se detallan los criterios de inclusión y exclusión tenidos en cuenta para la filtración y depuración de los documentos.

Tabla 1

Criterios aplicados

Criterios de Inclusión	Criterios de Exclusión
Publicaciones realizadas entre 2021 y 2024	Publicaciones reportadas antes de 2021
Categorías <i>WoS</i> : educación e investigación educativa y educación, disciplinas científicas	Categorías <i>WoS</i> : diferente a educación e investigación educativa y educación, disciplinas científicas



<i>Scopus</i> : ciencias sociales ERIC: Todas	<i>Scopus</i> : diferente a ciencias sociales ERIC: Ninguna
Texto completo con acceso abierto	No posee acceso abierto al texto completo
Las investigaciones están escritas en inglés y español	Artículos escritos en idiomas diferentes al inglés o español
Son artículos publicados en revistas indexadas	Corresponden a actas de conferencia, libros o capítulos de libro
Artículos que no corresponden a revisiones sistemáticas y/o análisis bibliométricos	Son revisiones sistemáticas y/o análisis bibliométricos
Estudios sobre implementación práctica del STEAM	Estudios teóricos que no implican implementación práctica del STEAM
La población estudiada son estudiantes	La población analizada son profesores
Corresponde a nivel de educación media o sus equivalentes (grado 10 y grado 11, <i>senior high school</i> , 3 y 4 ESO, edad de estudiantes mayor a 14 años)	Nivel educativo estudiado diferente a educación media o sus equivalentes
Investigaciones desarrolladas dentro de instituciones educativas	Investigaciones desarrolladas fuera de instituciones educativa
	No relacionado con el enfoque educativo STEAM

Recogida y análisis de datos

Se ejecutó la búsqueda en las bases de datos científicas *WoS*, *Scopus* y *ERIC*, teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión (Tabla 1). Como punto de partida se abarcan los artículos de revistas indexadas publicados entre 2021 y 2024, acreditando así la inclusión de artículos actuales y de gran calidad. La búsqueda se delimitó a investigaciones asociadas a la educación, escritas tanto en español como en inglés y con acceso abierto para asegurar la obtención del contenido total de las publicaciones. De esta manera, se identificaron un total de 131 registros. Tras eliminar los duplicados, la muestra quedó conformada por 94.

Posteriormente, se desarrolló un proceso de selección en dos etapas para avalar un estudio estricto. Inicialmente, se hizo un cribado de los artículos, donde se revisaron, con base a los criterios de inclusión y exclusión, sus títulos y resúmenes, descartando aquellos que correspondían a fuentes de investigación secundarias, no se centraban en implementación del enfoque educativo STEAM y analizaban población diferente a estudiantes de educación media dentro de instituciones educativas. De esta forma 36 publicaciones avanzaron a la siguiente etapa de análisis.

Luego, se analizaron los textos completos teniendo en cuenta los mismos criterios de inclusión y exclusión, con el fin de prescindir de los que en este nuevo análisis se evidenciaba no cumplían los criterios establecidos. Finalmente, como producto del proceso de selección, se

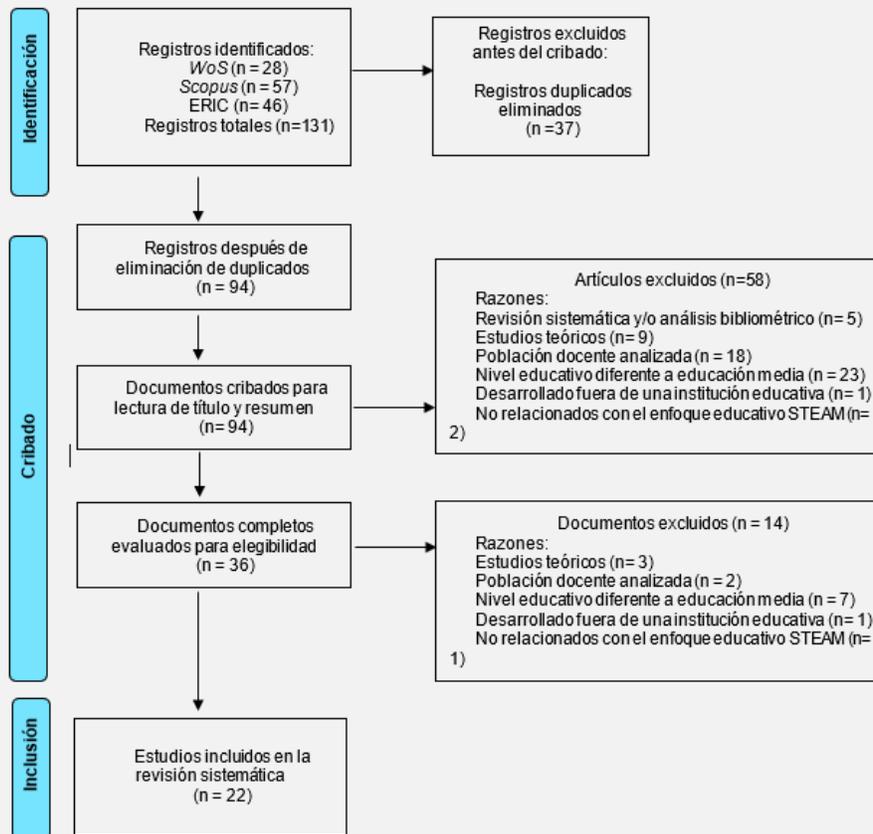
eligieron 22 publicaciones para el análisis a profundidad. En el diagrama de flujo, exhibido en la Figura 1, se detallan gráficamente las etapas del proceso de selección llevado a cabo.

Para analizar los 22 artículos seleccionados, se diseñó una plantilla en la hoja de cálculo Microsoft Excel. Esta herramienta permitió sistematizar la extracción de datos clave de cada estudio, como autores, año de publicación, país, objetivo, tipo de investigación, área temática, estrategias educativas empleadas y hallazgos. Con el fin de responder las preguntas de investigación del estudio, se codificaron los datos en cuatro categorías.

Para dar respuesta a la pregunta 1 se identificó y clasificó el enfoque metodológico de cada artículo en cualitativo, cuantitativo o mixto, dando lugar a la categoría enfoque metodológico. En relación con la pregunta 2 se establecieron las áreas de conocimiento específicas en las que se implementó el STEAM y los temas abordados en cada una de ellas, originando la categoría temática STEAM abordada. Para responder la pregunta 3 se determinaron las propuestas pedagógicas empleadas y se vincularon a estrategias educativas tales como aprendizaje basado en proyectos, recursos inmersivos, entre otras, generando la categoría estrategias educativas. Finalmente, para abordar la pregunta de investigación 4 se registraron los hallazgos de cada estudio clasificándolos en cognitivos, habilidades, actitudinales y sociales que se englobaron en la categoría efectos del enfoque STEAM.

Figura 1

Diagrama de flujo



Nota. Figura adaptada de Page et al. (2021).

Resultados

En primera instancia se presentan las publicaciones seleccionadas para análisis, con la información de autor, año de publicación, país y objetivo, con la intención de obtener un panorama general de la distribución geográfica y objetivos de las investigaciones incluidas. Luego, se muestran los resultados que pretenden contribuir a dar respuesta a las preguntas de investigación en cuatro apartados: el primer apartado muestra los enfoques metodológicos de investigación que se han empleado en las publicaciones; en el segundo, se especifican las temáticas que han sido abordadas desde el enfoque STEAM; en el tercero, son expuestas las estrategias educativas que se

han utilizado para implementar el STEAM; y, finalmente, se indica el efecto del enfoque STEAM en cognición, habilidades y actitudes que se ha reportado en los estudiantes de educación media.

Los 22 artículos seleccionados para análisis se presentan en la Tabla 2, donde se revela una marcada tendencia hacia la implementación del enfoque STEAM en Asia, específicamente en Indonesia. Europa y América, con 5 y 3 estudios respectivamente, también muestran un interés significativo. Suramérica, por su parte, presenta una menor representación con un solo estudio. Esta distribución geográfica refleja un interés global creciente por integrar STEAM en la educación media durante el periodo 2021-2024. Los objetivos de investigación son variados, abarcando desde la evaluación de la adquisición de conocimientos hasta el desarrollo de habilidades específicas en los estudiantes.

Tabla 2

Artículos analizados en profundidad

Autores	Año	País	Objetivo
Aghasafari	2023	Estados Unidos	Investigar cómo la enseñanza virtual, la integración de las artes visuales y la biología son más favorables o desafiantes para los estudiantes de secundaria bi/multilingües
Aghasafari et al.	2021	Estados Unidos	Demostrar cómo la Pedagogía de Sostenimiento Cultural (CSP) y la integración de las artes se pueden utilizar para apoyar el aprendizaje de los estudiantes cuya primera lengua no es el inglés
Alexopoulos et al.	2021	Italia	Examinar el efecto de una intervención STEAM a largo plazo sobre dos procesos cognitivos asociados con la creatividad (actuar, fluir) y sus interrelaciones con los componentes intrínsecos y extrínsecos de la motivación científica
Ananda et al.	2023	Indonesia	Fomentar las habilidades de pensamiento crítico de los estudiantes mediante la incorporación de <i>Design Thinking</i> con STEAM-PjBL en un proceso redox de química
Chih-Chao et al.	2022	Taiwan (China)	Integrar la imaginación y la educación STEAM con el fin de construir un curso temático especial, sobre dispositivos portátiles para mascotas, para estudiantes de secundaria
Chung y Li	2021	China	Explorar una mayor integración de la educación artística basada en problemas en la educación STEM para ampliar los beneficios de la educación STEM

Courtney y Armstrong	2021	Estados Unidos	Describir la instrucción STEAM con estudiantes de geometría de secundaria para integrar productivamente construcciones geométricas, tecnología digital, elementos de arte y principios de diseño para mejorando el razonamiento geométrico de los estudiantes
Delgado-Rodríguez et al.	2023	España	Diseñar y validar un modelo metodológico educativo basado en el uso de recursos tecnológicos inmersivos (Realidad Aumentada – AR) para mejorar los procesos de aprendizaje en asignaturas de ciencias de educación secundaria
Diego-Mantecón et al.	2021	España	Analizar la implementación del STEAM-PBL en el aula desde la perspectiva de la matemática escolar
Donia et al.	2021	Italia	Diseñar un proyecto científico multinivel centrado en la química de las tintas para tatuajes
Ha	2024	Vietnam	Explorar la integración del STEAM a través de un proyecto único que conecta la cultura tradicional vietnamita con la producción de láúdes en forma de luna
Irma et al.	2023	Indonesia	Explorar la creatividad científica de estudiantes de secundaria sobre el fluido estático en STREM PBL con una evaluación e-auténtica
Ishartono et al.	2024	Indonesia	Analizar el nivel de efectividad de la aplicación del modelo <i>Flip Flop</i> integrado en STEAM para aumentar la comprensión de los estudiantes sobre el tema de funciones de composición impartido en línea
Kim et al.	2023	Corea	Investigar la creatividad en el aula de ciencias, de estudiantes coreanos de secundaria, que participaron en un programa STEAM intercultural (ISP) entre Australia y Corea
Limbu	2024	Nepal	Idear un plan de proyecto integral que incorpora dominios CAP a través de la integración de la praxis STEAM con estrategias de autoevaluación y de pares para la educación científica a nivel escolar
Marques et al.	2023	Portugal	Evaluar el papel y el potencial de una caricatura científica como instrumento para establecer conexiones STEAM para la resolución de problemas del mundo real presentados a estudiantes de Matemáticas de 10º grado
Melchiades Castelli Fernandes y Volante Zanon	2022	Brasil	Aplicar un proyecto integrador bajo el enfoque STEAM, utilizando Robótica Educativa en la Educación Técnica Integrada de la Escuela Secundaria
Nindiasari et al.	2024	Indonesia	Desarrollar medios de aprendizaje con un enfoque STEAM basado en Realidad Aumentada (AR) para mejorar las habilidades de resolución de problemas matemáticos, de los estudiantes, sobre conceptos geométricos

Polmart y Nuangchalerm	2023	Tailandia	Mejorar la capacidad de pensamiento crítico de los estudiantes de secundaria y aprender de manera efectiva
Rahmawati et al.	2022	Indonesia	Investigar el potencial del modelo de enseñanza STEAM de dilema ético para capacitar a los estudiantes de secundaria de Indonesia con conocimientos de química y capacidades transdisciplinarias para resolver problemas ambientales
Rahmawati et al.	2024	Indonesia	Desarrollar la alfabetización química de los estudiantes mediante la integración de historias de dilemas en un proyecto STEAM sobre el petróleo
Sigit et al.	2022	Indonesia	Analizar el modelo de aprendizaje PjBeL-STEAM sobre la mejora del dominio conceptual de los estudiantes en conceptos ecológicos

Enfoques metodológicos de investigación que se han empleado en las publicaciones

El análisis de las publicaciones revela la utilización de los enfoques cualitativo, cuantitativo y mixto, con una mayor tendencia al enfoque cualitativo, utilizado en el 50 % de los artículos (Tabla 3). La preferencia por lo cualitativo se fundamenta esencialmente en la pretensión de analizar a fondo las experiencias y percepciones de los estudiantes. Un trabajo significativo es la investigación de Aghasafari et al. (2021), los cuales, por medio de un estudio de caso cualitativo, examinaron el acoplamiento de las artes y la biología en estudiantes bilingües. Este enfoque les permitió apreciar las dificultades del vínculo entre estas dos áreas del conocimiento, evidenciadas en las vivencias de los estudiantes, de los que logran obtener información de una manera holística.

De igual forma, Ananda et al. (2023) usaron un enfoque cualitativo, empleando la observación, diarios y entrevistas como instrumentos para la recolección de datos; siendo acertada la selección metodológica para estudiar minuciosamente las habilidades cognitivas y sociales. No obstante, para tener una medición más concreta del impacto en el rendimiento académico, la investigación se podría beneficiar con la anexión de métodos cuantitativos.

Tabla 3

Tipos de investigación trabajados

Tipo de investigación	Autores
Cualitativa	Aghasafari, 2023; Aghasafari et al., 2021; Ananda et al., 2023; Courtney y Armstrong, 2021; Chung y Li, 2021; Diego-Mantecon et al., 2021; Donia et al., 2021; Marques et al., 2023; Melchiades Castelli Fernandes y Volante Zanon, 2022; Rahmawati et al., 2022, 2024
Cuantitativa	Alexopoulos et al., 2021; Ishartono et al., 2024; Polmart y Nuangchalerm, 2023; Sigit et al., 2022
Mixta	Chih-Chao et al., 2022; Delgado-Rodríguez et al., 2023; Ha, 2024; Irma et al., 2023; Kim et al., 2023; Limbu, 2024; Nindiasari et al., 2024

Otro ejemplo destacado es el estudio de caso cualitativo de Courtney y Armstrong (2021), que reunieron datos a través de la observación, grabaciones de video y reflexiones. El uso de este enfoque les proveyó una mejor comprensión de la familiarización de los estudiantes con nociones geométricas y artísticas. Sin embargo, es necesario contemplar que el mermado tamaño de la población de estudio sería limitante para la extensión de los hallazgos a otros contextos.

De lo anterior, se evidencia que los estudios cualitativos examinados acuden fundamentalmente a técnicas como la observación, encuestas, cuestionarios, grabaciones y entrevistas. Aun cuando la validación de instrumentos no es una práctica habitual en este enfoque, el artículo de Rahmawati et al. (2024) sobresale como una excepción, al validar su cuestionario.

Por otro lado, las investigaciones cuantitativas, con el 18 %, se caracterizan por el uso de pretest y posttest, validados estadísticamente. La investigación-acción fue utilizada por Polmart y Nuangchalerm (2023) para desarrollar un estudio cuantitativo con la finalidad de medir el rendimiento académico de los estudiantes mediante pruebas estandarizadas. Este enfoque se caracteriza por que los métodos utilizados puedan ser ajustados durante su aplicación gracias a la reflexión sobre la práctica, pero este tipo de investigación, al realizar pruebas estandarizadas, puede estar limitando el contexto de aplicación; por tanto, no podría extenderse a otros entornos educativos.

Del mismo modo, un estudio empírico de tipo cuantitativo, presentado en Sigit et al. (2022) y fundamentado en la recolección y análisis de datos mediante pretest, estableció un grupo de control al que no se le aplica la estrategia y otro grupo que sigue el modelo de ABP articulado con STEAM. El enfoque cuantitativo utilizado es eficiente para establecer el impacto directo de la

implementación en los estudiantes y determinar las relaciones causales; sin embargo, el no haber realizado un análisis cualitativo respecto a las actitudes y habilidades de los estudiantes limita la obtención de una evaluación integral del impacto generado por la estrategia educativa.

El enfoque mixto, que suma instrumentos cualitativos y cuantitativos, es un enfoque metodológico desarrollado en el 32 % de las publicaciones inspeccionadas. Este enfoque ofrece un entendimiento más holístico de los procesos educativos al acoplar la riqueza de lo cualitativo con la precisión de lo cuantitativo.

Un trabajo en el cual se usó un diseño mixto es el de Chih-Chao et al. (2022), donde se realizaron cuestionarios, pretests, postests y autoevaluaciones, acompañados de un profundo análisis del aprendizaje y validación estadística. Mediante la utilización de esta metodología lograron garantizar la validez y confiabilidad de los datos. Así mismo, acudieron a la metodología mixta, Kim et al. (2023) para estudiar la creatividad en la formación en ciencias. Acoplaron entrevistas y observaciones (datos cualitativos) con cuestionarios (datos cuantitativos), consiguiendo una perspectiva completa de cómo los estudiantes exteriorizan y experimentan la creatividad. Ahora bien, es relevante indicar que el pequeño tamaño de la población trabajada en estas investigaciones podría restringir la amplificación de los resultados a otros entornos educativos.

De igual forma, un enfoque mixto fue aplicado por Delgado-Rodríguez et al. (2023), utilizaron la triangulación de datos como una herramienta relevante para reforzar la validez de sus resultados. Sin embargo, la carencia de mejoras importantes en el desempeño académico, luego de la implementación de realidad aumentada, indica que se deben tener en cuenta otros componentes pedagógicos y de contexto que contribuyen al proceso educativo. Los hallazgos señalan la complejidad de la incorporación tecnológica en la educación y la relevancia de un análisis multifactorial.

En estos artículos, la observación y las pruebas surgen como métodos reiterados; además, los investigadores potencian sus estudios con entrevistas, y ahondan en las vivencias y perspectivas de los estudiantes. En las investigaciones mixtas la validación de instrumentos se lleva a cabo por medio de la consulta a expertos, aplicación de pruebas piloto y el manejo de métodos estadísticos, respaldando un proceso de investigación estricto.

Temáticas que han sido abordadas desde el enfoque STEAM

El análisis temático de los artículos (Tabla 4) evidencia una supremacía de la implementación del STEAM en las ciencias naturales (73 %), destacándose la biología celular. En este escenario, es especialmente llamativo el estudio de Aghasafari (2023), quien analizó el rol de las artes visuales para apoyar estudiantes con obstáculos lingüísticos y culturales en el aprendizaje de la biología. La investigación, realizada en el periodo de la pandemia del COVID-19, que evidenció la necesidad de la educación virtual, alcanza una transcendencia innegable y un fuerte vínculo con la actual realidad.

Por otro lado, la integración de la realidad aumentada en la enseñanza de la biología y la geología fue investigada por Delgado-Rodríguez et al. (2023), donde identificaron la capacidad de las representaciones visuales para fortalecer estas áreas del conocimiento. Esta línea de investigación se encuentra acorde con el aumento en el interés por involucrar las tecnologías emergentes en la educación. A pesar de que el estudio se desarrolló en un contexto educativo particular, delimitando el alcance de sus hallazgos, abre la oportunidad para estudiar el empleo de la realidad aumentada en otras áreas y niveles educativos.

Por último, la necesidad urgente de una educación centrada en el estudiante, transformadora de los modelos tradicionales y promotora del aprendizaje colaborativo, es destacada por Limbu (2024). Su propuesta resaltó la importancia de una educación integral que incluya los aspectos cognitivos, afectivos y psicomotores. Para lo cual, propuso un plan de proyecto STEAM referente a la meiosis, ofreciéndolo como un modelo inspirador y replicable. La importancia de este enfoque radica en su potencial para ser adecuado e implementado en distintas áreas del conocimiento, traspasando los límites de la biología.

Tabla 4

Temáticas estudiadas

Área conceptual	Tema	Autores
Ciencias Naturales Biología	Células vegetales	Aghasafari, 2023
	Selección natural	Aghasafari et al., 2021
	División meiótica, paisajes, la célula y sismos	Delgado-Rodríguez et al., 2023
	Meiosis	Limbu, 2024
	Poliquetos	Marques et al., 2023

	Ecología	Sigit et al., 2022
Ciencias Naturales Química	Reacciones redox	
	Solubilidad, dispersión, pigmentos, cromatografía, análisis instrumental	Ananda et al., 2023 Donia et al., 2021
	Reacciones de oxido reducción, soluciones buffer, polímeros, ácidos y bases	Rahmawati et al., 2022 Rahmawati et al., 2024
	Petróleo	
Ciencias Naturales Física	Física de partículas, astrofísica y cosmología	Alexopoulos et al., 2021
	Materiales, sonido, fuerzas, acústica	Ha, 2024
	Flotación	Irma et al., 2023
	Energía	Kim et al., 2023
	Momento y colisiones	Polmart & Nuangchalem, 2023
Educación ambiental	Residuos electrónicos	Melchiades Castelli Fernandes & Volante Zanon, 2022
	Geometría	
Matemáticas	Geometría, números y estadística, funciones y algebra y probabilidad.	Courtney & Armstrong, 2021 Diego-Mantecón et al., 2021
	Funciones.	Ishartono et al., 2024
	Geometría en 3D	Nindiasari et al., 2024
Tecnología	Aparatos inalámbricos para mascotas	Chih-Chao et al., 2022
Ciencias sociales	Diversos temas sociales	Chung & Li, 2021

Definir temas atractivos para los estudiantes es una gran estrategia pedagógica. El estudio de las tintas de tatuajes fue desarrollado por Donia et al. (2021), un tema llamativo para la juventud. La elección no solo es novedosa y pertinente, pues existe una alta popularidad de los tatuajes, sino que además ofrece una coyuntura para interconectar la química con la cotidianidad y la cultura actual. Al examinar los componentes químicos de las tintas, los estudiantes pueden aplicar nociones teóricas a una situación de la vida real, pasando a un aprendizaje más significativo e interesante. No obstante, el estudio podría beneficiarse aún más al adentrarse en los riesgos para la salud vinculados con los constituyentes químicos de las tintas y al analizar el marco legal que reglamenta su empleo.

Por otra parte, un tema de importancia actual es el impacto ambiental generado por los combustibles fósiles; Rahmawati et al. (2024) realizaron un estudio enfocado en el petróleo. En un entorno donde es inaplazable la transición energética, esta investigación no solo instruyó conceptos químicos básicos, sino que también promovió la reflexión crítica acerca de los retos de la sostenibilidad. Al impulsar la discusión informada respecto a este tema transcendental, se concede a los estudiantes los conocimientos necesarios para tomar decisiones más conscientes y sensatas. Es sobresaliente este enfoque, debido a que la promoción del pensamiento crítico es fundamental para formar ciudadanos entregados a la generación de soluciones sostenibles.

Lejos de ser una disciplina aislada, la física se logra involucrar con la cultura. Una investigación atrayente que integró la física con la cultura vietnamita mediante el enfoque STEAM fue presentada por Ha (2024), mostrando un camino hacia el aprendizaje significativo. Al utilizar para la enseñanza un instrumento musical tradicional, no solo se activan los estudiantes, sino que se elabora una conexión entre generaciones, conservando la herencia cultural en un mundo globalizado que pone en peligro la variedad de tradiciones locales. Esta articulación entre cultura y educación se muestra como una luz para llegar a la formación integral de los estudiantes.

Por otra parte, la energía como concepto central fue estudiado por Kim et al. (2023), resaltando el rol decisivo de la creatividad en el enfoque STEAM. Los investigadores comprobaron que estimular la creatividad no solo favorece la comprensión de los principios físicos, sino que adicionalmente proporciona la capacidad de usar estos conocimientos en escenarios interculturales. Esta visión intercultural es esencial, pues convoca a los estudiantes a estudiar diferentes cosmovisiones y estrategias para resolver problemas, incentivando un aprendizaje más amplio y erigiendo ambientes de aula auténticamente inclusivos, donde la heterogeneidad se vuelve un motor de progreso mutuo.

Aun cuando el área principal son las ciencias naturales, juegan un importante papel las matemáticas (18 % de los estudios), particularmente la geometría. El apreciado aporte de las artes al ser integradas en la formación en geometría es remarcado por Courtney y Armstrong (2021), aduciendo que esta acción conjunta favorece una comprensión más detallada de principios abstractos como el espacio y la forma. Las experiencias artísticas otorgan a los estudiantes un llamativo estímulo visual que hace del aprendizaje una práctica más satisfactoria y elocuente. En la actualidad donde la creatividad y el pensamiento crítico se consideran habilidades fundamentales para el siglo XXI, este enfoque pedagógico adquiere particular importancia.

Del mismo modo, la realidad aumentada para mejorar la solución de problemas geométricos fue analizada en Nindiasari et al. (2024), encararon la dificultad que frecuentemente tienen los estudiantes para comprender las representaciones tridimensionales. Al caracterizarse esta estrategia por una mayor inmersión, se pretende no solo avanzar en la comprensión de la geometría tridimensional, sino además desarrollar el pensamiento crítico y el manejo de la tecnología, habilidades del siglo XXI. A pesar de que esta investigación se focalizó especialmente

en la geometría tridimensional, sus resultados proporcionan interesantes visiones acerca de cómo las tecnologías inmersivas pueden llevarse a las matemáticas en general.

En cuanto a las áreas de tecnología y ciencias sociales figuran cada una en un 5 % de los estudios, incluyendo temáticas de robótica y diversas problemáticas sociales. Un interesante ejemplo del trabajo de la robótica articulada con el STEAM se encontró en la investigación de Chih-Chao et al. (2022), quienes, recurriendo a proyectos de dispositivos portátiles para mascotas, expusieron cómo promover la imaginación y poner en práctica el conocimiento para tratar necesidades habituales. Esta novedosa iniciativa estimula la mejora de la creatividad y el pensamiento crítico, vinculando de forma efectiva la tecnología, el arte y la ciencia. Aun así, los investigadores identifican la heterogeneidad en el grado de conocimiento técnicos preliminares de los estudiantes como una dificultad relevante. Esta diversidad resalta la exigencia de una nivelación técnica como punto de partida para garantizar llevar a cabo adecuadamente los proyectos.

Mientras que, temas de alta importancia social como el cambio climático, la pobreza y la seguridad alimentaria fueron trabajados en el estudio de Chung y Li (2021), donde los examinaron mediante el aprendizaje basado en problemas integrado al STEAM. Mediante este enfoque se logra enfrentar a los estudiantes con problemáticas cotidianas y, en consecuencia, incentivar la conciencia social. Sin embargo, estas temáticas que son tan sensibles podrían precisar asistencia adicional para el manejo emocional de los estudiantes.

Estrategias educativas que se han utilizado para implementar el STEAM

La estrategia educativa predilecta para la implementación del enfoque STEAM en la educación media es el ABP, desarrollada en un representativo 32 % de las publicaciones analizadas (Tabla 5). Dicha metodología se muestra como altamente eficaz para la formación integral de los estudiantes.

Por ejemplo, al asociar el arte con conceptos científicos Alexopoulos et al. (2021) probaron cómo el ABP transforma el proceso educativo. No solo los estudiantes se implican activamente, sino que estudian la ciencia desde un ángulo interdisciplinario, ejercitando la curiosidad y el pensamiento crítico al usar sus conocimientos en ambientes prácticos y trascendentes para sus

vidas. Esta acción colaborativa entre el arte y la ciencia apoya una comprensión más amplia y representativa de la sociedad.

Así mismo, en la integración del pensamiento de diseño con el ABP efectuada por Ananda et al. (2023), se destaca el estímulo hacia un aprendizaje dinámico e interdisciplinario, afianzando un enfoque constructivista que alimenta la creatividad, el pensamiento crítico y el trabajo colaborativo. La conexión de los estudiantes con cuestiones reales suministra las herramientas para que se conviertan en agentes de transformación en la comunidad. En todo caso, identifican la necesidad de superar retos como la carencia de recursos, capacitación docente y disponibilidad de tiempo para una implementación apropiada de esta estrategia.

Igualmente, el ABP como promotor del aprendizaje activo y colaborativo lo destacan Diego-Mantecón et al. (2021); sin embargo, indican como limitación significativa la falta de desarrollo de proyectos transdisciplinarios por los docentes del área de matemáticas. De esta manera se subraya la necesidad de una amplia capacitación docente en proyectos STEAM, que produzca confianza para su implementación en el aula.

Tabla 5

Estrategias educativas con las cuales se ha implementado STEAM

Estrategia educativa	Autores
Aprendizaje basado en proyectos (ABP)	Ha, 2024; Irma et al., 2023; Melchiades Castelli Fernandes & Volante Zanon, 2022; Sigit et al., 2022
ABP - Creaciones, “Arte y Ciencia en toda Italia”	Alexopoulos et al., 2021
ABP - Pensamiento de diseño	Ananda et al., 2023
ABP - Imaginación (“Ideal”)	Chih-Chao et al., 2022
ABP – Kicks	Diego-Mantecón et al., 2021
ABP - Historias de dilema	Rahmawati et al., 2022, 2024
Recursos tecnológicos inmersivos – realidad aumentada	Delgado-Rodríguez et al., 2023; Nindiasari et al., 2024
Aprendizaje basado en indagación - Plan de grados científicos (SDP)	Donia et al., 2021
La representación	Aghasafari, 2023
Creación de historias graficas. Pedagogía de sostenimiento cultural (CSP)	Aghasafari et al., 2021
Aprendizaje basado en problemas	Chung & Li, 2021
Secuencia didáctica	Courtney & Armstrong, 2021
<i>Flip flop model</i> . Aprendizaje invertido. Aprendizaje convencional.	Ishartono et al., 2024
Modelo de creatividad en el aula de ciencias (SCC). Modelo de instrucción 5E para programas STEAM.	Kim et al., 2023

Evaluación entre pares y aspectos cognitivos, afectivos y psicomotores (CAP)	Limbu, 2024
Investigación basada en el diseño (DBR)	Marques et al., 2023
Aprendizaje instruccional	Polmart & Nuangchalerm, 2023

Por otro lado, un modelo novedoso que articula el dilema ético con el enfoque STEAM, propuesto por Rahmawati et al. (2022), incentiva la conexión emocional con los temas tratados, impulsando un aprendizaje ciertamente significativo. El debate con dilemas éticos, además de mejorar las habilidades de toma de decisiones, trabajo colaborativo y pensamiento crítico, modifica los métodos tradicionales de enseñanza. El diálogo y la reflexión catalizan el paso hacia una educación más participativa.

El ABP se afianza como la estrategia educativa más acogida por los investigadores para potenciar la enseñanza STEAM. Esta inclinación ha estimulado la producción de distintos marcos de aplicación, ajustados a los entornos específicos de cada estudio, con la finalidad común de aprovechar al máximo la fortaleza del aprendizaje activo que distingue a este enfoque.

En el 9 % de las publicaciones se estudiaron estrategias inmersivas, destacando la dimensión tecnológica del STEAM. La realidad aumentada acoplada con evaluación digital busca generar procesos educativos más interactivos y motivantes. De acuerdo con Delgado-Rodríguez et al. (2023), a pesar del incremento del interés y la comprensión de esta tecnología, no se verifica un avance representativo en el desempeño académico. Lo anterior, evidencia la necesidad de acoplar estas estrategias con otras prácticas pedagógicas e invertir decisivamente en capacitación docente. La formación del profesorado es imprescindible para explotar al máximo el uso de la tecnología en el aula.

También, la articulación de la realidad aumentada con el STEAM, la utilización de dispositivos Android y plataformas (*Quizizz*), como revelan Nindiasari et al. (2024), gestan un aprendizaje visualmente más cautivador y valioso. Se remarca esta integración por su capacidad para ofertar imágenes tridimensionales, favoreciendo la comprensión de conceptos abstractos. Sin embargo, la supeditación a la existencia de dispositivos tecnológicos condiciona la implementación en entornos con dificultades para acceso a la tecnología. Adicionalmente, la incorporación correcta de esta estrategia en la educación exige una firme formación docente que facilite a los docentes manejar estas herramientas y amoldarlas a sus necesidades pedagógicas.

Se observa una amplia variedad de estrategias educativas, que van desde las ya establecidas hasta propuestas pedagógicas innovadoras. Esto refleja la búsqueda proactiva de los investigadores por implementar el STEAM de manera atractiva para los estudiantes, facilitando así una mejor integración de este enfoque con las diversas áreas y temáticas que se imparten en la educación media.

Efecto del enfoque STEAM en cognición, habilidades y actitudes

Los resultados de la revisión revelan que el enfoque STEAM en la educación media tiene un impacto significativo en el desarrollo de habilidades cognitivas según la Tabla 6. Una mejor comprensión de los conceptos complejos de biología al integrar las artes se reporta en Aghasafari (2023); además, se amplía la retención de información y desarrollan habilidades críticas, de esta manera, los estudiantes logran desarrollar habilidades que les permiten una mejor preparación para enfrentarse al mundo real.

Por otra parte, una mayor comprensión de los principios físicos por medio de la aplicación del conocimiento a la producción del laúd fue detectada por Ha (2024), pero también evidenció dificultad para comunicar conocimientos científicos a compañeros que no tenían conocimientos previos, es ahí donde se puede proyectar trabajo futuro para mejorar la implementación.

También, el trabajo del STEAM articulado con dilemas éticos logra que la mayoría de los estudiantes alcancen niveles excelentes de alfabetización química, de acuerdo con Rahmawati et al. (2024), mejorando la comprensión y aplicación de conceptos químicos; adicionalmente, les permite ser más conscientes de las cuestiones ambientales, lo cual es pertinente para la actual crisis ambiental que vive el planeta.

La implementación de estas estrategias puede contribuir de manera significativa a la mejora de las competencias en el área de ciencias naturales y la generación de una mayor conciencia ambiental. Los estudios analizados destacan mejoras en la comprensión de conceptos, la explicación de procesos y fenómenos, y la capacidad de relacionar conocimientos teóricos con situaciones reales. Estos hallazgos sugieren que el STEAM promueve un aprendizaje más profundo y significativo.

Tabla 6

Hallazgos de los estudios

Hallazgos	Categoría que presenta mejoramiento	Autores
Cognitivos	Aprendizaje y adquisición de conceptos	Aghasafari, 2023; Chih-Chao et al., 2022; Ha, 2024; Kim et al., 2023; Marques et al., 2023
	Comprensión de conceptos	Aghasafari, 2023; Courtney & Armstrong, 2021; Ha, 2024; Ishartono et al., 2024; Rahmawati et al., 2022; Sigit et al., 2022
	Explicación de procesos, funcionamiento y fenómenos	Ananda et al., 2023; Irma et al., 2023; Rahmawati et al., 2024
	Capacidad de relacionar conceptos con la vida cotidiana	Aghasafari, 2023; Ananda et al., 2023; Melchiades Castelli Fernandes & Volante Zanon, 2022; Rahmawati et al., 2024
Habilidades	Pensamiento Crítico	Aghasafari, 2023; Ananda et al., 2023; Limbu, 2024; Rahmawati et al., 2022, 2024
	Resolución de problemas	Aghasafari, 2023; Alexopoulos et al., 2021; Ananda et al., 2023; Irma et al., 2023; Kim et al., 2023; Limbu, 2024; Melchiades Castelli Fernandes & Volante Zanon, 2022; Nindiasari et al., 2024
	Trabajo colaborativo	Alexopoulos et al., 2021; Irma et al., 2023; Melchiades & Volante, 2022
	Comunicación	Alexopoulos et al., 2021; Melchiades Castelli Fernandes & Volante Zanon, 2022
	Creatividad	Aghasafari et al., 2021; Chih-Chao et al., 2022; Irma et al., 2023; Limbu, 2024; Melchiades Castelli Fernandes & Volante Zanon, 2022; Rahmawati et al., 2024
	Habilidades tecnológicas	Ananda et al., 2023
	Toma de decisiones	Melchiades Castelli Fernandes & Volante Zanon, 2022
	Interacción social	Aghasafari, 2023; Rahmawati et al., 2022
Actitudinales y sociales	Motivación	Aghasafari et al., 2021; Delgado-Rodríguez et al., 2023; Kim et al., 2023; Nindiasari et al., 2024
	Interés	Aghasafari et al., 2021; Courtney & Armstrong, 2021
	Confianza	Aghasafari et al., 2021
	Actitud positiva	Alexopoulos et al., 2021; Chih-Chao et al., 2022
	Autorregulación	Ananda et al., 2023
	Tolerancia	Chih-Chao et al., 2022

El 36 % de los estudios resalta el fortalecimiento de la resolución de problemas como un objetivo central de la implementación del STEAM. Asimismo, se destaca el desarrollo de la

creatividad (27 %) y el pensamiento crítico (22 %) como habilidades clave. La articulación de las artes con la ciencia, presentada por Aghasafari (2023), desarrolló habilidades necesarias para el siglo XXI, tales como la creatividad, el trabajo colaborativo y el pensamiento, ofreciendo un modelo que valora la interdisciplinariedad y la diversidad cultural en el aula, circunstancias necesarias hoy en día para formar ciudadanos que puedan desempeñarse en un mundo cada vez más diverso y complejo.

Igualmente, la integración del STEAM con el pensamiento crítico, en Ananda et al. (2023), fue estimulante para que los estudiantes alcanzaran niveles avanzados de esta habilidad, ya que identificaron problemas, recopilaron información, evaluaron fuentes y, a partir de ello, propusieron soluciones innovadoras, mostrando una buena planificación y autoevaluación de su proceso educativo; por tanto, también se fortaleció la creatividad, el trabajo colaborativo y las habilidades de comunicación. No obstante, para lograr estos beneficios es necesario un trabajo continuo entre estudiantes y profesores, así como sería adecuado evaluar la estrategia utilizada en otros contextos, adaptando su diseño e implementación de acuerdo con los recursos disponibles.

De manera similar, el enfoque STEAM y la evaluación entre pares genera múltiples beneficios, según Limbu (2024). Se destaca el trabajo colaborativo donde unos estudiantes pueden aprender de otros y se desarrollan habilidades prácticas, aunque este tipo de estrategia puede presentar limitaciones para su generalización, siendo necesario desarrollar estudios en otros contextos educativos.

También, la integración de la robótica con el STEAM mejora la creatividad, la argumentación, la solución de problemas y la comunicación, como lo reportaron Melchiades Castelli Fernandes y Volante Zanon (2022); no obstante, la utilización de esta estrategia podría enfrentar limitaciones como la falta de conocimiento de componentes electrónicos, las barreras de orden económico que permitan desarrollar los prototipos, y la falta de preparación de docentes, para lo cual es necesario la capacitación del profesorado.

Además de las habilidades cognitivas, los estudios evidencian mejoras significativas en las actitudes y comportamientos de los estudiantes. La integración de las artes y la cultura en la enseñanza en población bilingüe, expuesta por Aghasafari et al. (2021), hace que el aprendizaje sea más atractivo, generando un aumento en la motivación y compromiso de los estudiantes; de la misma manera, trabajar sobre experiencias culturales propias de los estudiantes promueve la

pertenencia y valida su identidad, siendo esta estrategia conveniente para un mundo que reclama cada día una mayor inclusión y equidad.

Por otro lado, el trabajo del STEAM con la imaginación, mostrado por Chih-Chao et al. (2022), generó una alta satisfacción en los estudiantes, quienes idearon soluciones innovadoras y prácticas para problemas del mundo real. Este modelo propuesto puede contribuir a transformar la educación, aunque para ello se depende de los recursos disponibles y de capacitación docente; con ello podría ser replicable y adaptable a otros contextos.

Entre los resultados más destacados respecto a las actitudes y comportamientos de los estudiantes se encuentran el aumento de la motivación, el interés, la confianza y la interacción social, así como el desarrollo de habilidades socioemocionales como la autorregulación y la tolerancia.

Discusión

La revisión sistemática revela una marcada preferencia por los enfoques metodológicos cualitativos en la investigación sobre la implementación del STEAM en la educación. Esta tendencia se alinea con la naturaleza formativa de la educación, que exige una evaluación integral donde se tenga en cuenta no solo los aspectos cognitivos, sino también las habilidades, actitudes y el contexto social. Los hallazgos de Aguilera y Ortiz-Revilla (2021) corroboran esta tendencia, al indicar que las intervenciones STEAM en el periodo 2010-2020 han puesto mayor énfasis en el contexto de implementación que en los productos finales. En consecuencia, el enfoque cualitativo se consolida como el paradigma de elección para estudiar la implementación del STEAM.

Las ciencias naturales se han posicionado como el eje central en la mayoría de las investigaciones sobre la implementación del enfoque STEAM. Su carácter interdisciplinario, la relevancia de sus contenidos para la vida cotidiana y su potencial para combinar conocimientos científicos, tecnológicos, artísticos y matemáticos la convierten en un área ideal para articular las demás disciplinas STEAM. La posibilidad de utilizar herramientas tecnológicas y fomentar la creatividad a través de la expresión artística también contribuyen a su atractivo. Si bien las matemáticas también han sido consideradas como un área integradora en el enfoque STEAM, los resultados de esta revisión sugieren que su tratamiento no ha sido tan profundo. En línea con los

hallazgos de Martín-Cudero et al. (2024), la evidencia indica que las actividades STEAM analizadas no desarrollan un alto contenido matemático.

La implementación del enfoque STEAM en la educación media se enfrenta a diversos desafíos. La heterogeneidad de las estrategias educativas utilizadas, que van desde enfoques más tradicionales hasta propuestas innovadoras, evidencia la complejidad de integrar las disciplinas STEAM en el aula. Además, la escasez de recursos tecnológicos y la necesidad de una formación docente especializada representan obstáculos significativos, resaltándose la necesidad de equipos tales como computadores, tableta o celulares y acceso a internet, lo cual puede ser una limitante para llevar de una forma adecuada el STEAM al aula. Así mismo, la mayoría de los estudios muestran la implementación realizada por un único docente; por tanto, el docente además de su formación en el área conceptual debe estar preparado en el uso de herramientas tecnológicas para garantizar una correcta integración de la tecnología; igualmente, debe tener fortaleza en el manejo de herramientas matemáticas básicas utilizadas y tener manejo de los materiales y/o herramientas necesarias para realizar creaciones artísticas. Además, Zamorano Escalona et al. (2018) mencionan la necesidad de conocer los requerimientos intelectuales y afectivos de los estudiantes, dominar previamente y por sí mismo todos los conocimientos y habilidades propios de su labor docente, tales como la capacidad de adaptarse a los diferentes requisitos disciplinarios de la educación STEAM, lo cual implica que los programas de formación docente deben formar nuevos docentes con capacidades integrales en el STEAM. También, se debe motivar y capacitar a los docentes en ejercicio de forma práctica para garantizar un uso adecuado de las estrategias de enseñanza-aprendizaje, como lo indican Martín-Cudero et al. (2024) en la revisión sobre la educación matemática desde el enfoque STEAM.

El estudio sobre la incorporación del aprendizaje interdisciplinario, realizada por White y Delaney (2021), mostró que el ABP es la metodología comúnmente usada para la implementación exitosa del STEAM, caracterizada por involucrar de una manera más activa a los estudiantes (Fernández-Terol & Domingo, 2021), y contribuye al fortalecimiento de las habilidades de trabajo colaborativo, resolución de problemas y toma de decisiones (Ortiz Ortiz y Hernández Yomayusa, 2023). Sin embargo, la presente revisión muestra que en la actualidad hay múltiples estrategias metodológicas que arrojan resultados exitosos a la hora de llevar el STEAM a las aulas, entre las cuales se encuentra el aprendizaje inmersivo, que según el análisis bibliométrico realizado por

Silva-Díaz et al. (2022) ha sido una tecnología emergente para la enseñanza científica desde 2018, permitiendo pasar de la enseñanza particular de las ciencias a un proceso interdisciplinario.

En Indonesia, la implementación del STEAM, según Ilma et al. (2023), se realiza mediante el ABP, aprendizaje basado en problemas e indagación, enfocándose en desarrollar las habilidades de pensamiento crítico y aprendizaje científico. Según los hallazgos realizados, actualmente a nivel global se propende por que el STEAM desarrolle diversas habilidades del siglo XXI, promover la motivación de los estudiantes para formarse en las áreas STEAM, el manejo de la tecnología y el arte, buscando hacer más atractivas las áreas de ciencias, ingeniería y matemáticas.

Los diversos estudios analizados convergen en señalar múltiples beneficios de la implementación del enfoque STEAM en el desarrollo integral de los estudiantes. En cuanto a los procesos cognitivos, se evidencia una mejora sustancial en la comprensión y aplicación del conocimiento en contextos reales, lo cual se traduce en mejores resultados académicos, como lo corroboran White y Delaney (2021). Estos autores, además, destacan la contribución del STEAM en el fortalecimiento del trabajo colaborativo y comunitario.

Por su parte, Martín-Cudero et al. (2024) resaltan la capacidad del enfoque STEAM para desarrollar una amplia gama de habilidades, desde las científicas y matemáticas hasta las artísticas y personales. Estos autores concluyen que el STEAM estimula el crecimiento académico y personal de los estudiantes, permitiéndoles abordar de manera más efectiva problemas complejos y variados.

En relación con la dimensión actitudinal, el STEAM fomenta una mayor motivación y afinidad hacia disciplinas como las ciencias y las matemáticas, al permitir a los estudiantes visualizar la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos (Aghasafari et al., 2021; Delgado-Rodríguez et al., 2023). Asimismo, el trabajo colaborativo y la presentación de proyectos ante la comunidad educativa promueven el desarrollo de habilidades sociales esenciales, como la tolerancia, la negociación y la capacidad de trabajar en equipo, preparando a los estudiantes para desempeñarse de manera exitosa en la sociedad (Aghasafari, 2023; Rahmawati et al., 2022).

Con base en los hallazgos y la discusión de esta revisión sistemática de literatura, se propone la siguiente hoja de ruta para futuras investigaciones enfocadas en implementar de manera exitosa el enfoque STEAM en el aula. Se sugiere iniciar la planificación definiendo un tema central y estableciendo una secuencia lógica de actividades. Es fundamental comenzar con una actividad

reflexiva, como una discusión grupal, una salida de campo o una socialización, que permita a los estudiantes conectar con la temática y generar preguntas iniciales. A partir de este punto, se recomienda diseñar actividades que integren de manera significativa las disciplinas STEAM, priorizando el trabajo colaborativo y fomentando la equidad de género. Esta secuencia permitirá a los estudiantes desarrollar habilidades de pensamiento crítico, creatividad y resolución de problemas, al tiempo que promueve una comprensión más profunda de los conceptos científicos y tecnológicos.

Antes de la implementación, es fundamental realizar una prueba exhaustiva de los materiales, herramientas y equipos necesarios para garantizar el éxito de las actividades. Durante el proceso, se sugiere: (1) visualizar la conexión entre cada actividad y las distintas áreas del STEAM; (2) motivar constantemente a los estudiantes, resaltando la relevancia de estas habilidades para su futuro; (3) relacionar los contenidos con situaciones de la vida cotidiana para hacerlos más significativos; y (4) culminar cada proyecto con la creación de un producto tangible, ya sea científico, tecnológico o artístico. Como cierre, se propone organizar un evento donde los estudiantes puedan presentar sus trabajos a toda la comunidad educativa, fomentando así la comunicación efectiva y la valoración del esfuerzo individual y colectivo.

La evaluación en el contexto del STEAM en la educación media exige una perspectiva holística. Es fundamental emplear una variedad de instrumentos que permitan evaluar no solo los conocimientos teóricos, sino también las habilidades prácticas, las actitudes y las competencias socioemocionales de los estudiantes. La observación directa, la coevaluación y la heteroevaluación son estrategias clave para fomentar la participación, la colaboración y la reflexión crítica. Al evaluar de manera integral, se obtiene una visión más completa del aprendizaje y se promueve un desarrollo integral de los estudiantes.

La presente investigación, a pesar de sus valiosos hallazgos, presenta ciertas limitaciones. La selección de artículos se circunscribió a revistas indexadas en tres bases de datos específicas, lo cual implicó la exclusión de otros documentos relevantes como tesis doctorales, libros y trabajos institucionales que pueden contener información adicional sobre implementaciones en otros contextos educativos. Asimismo, al restringir el análisis a artículos de acceso abierto, se dejó de lado una porción significativa de la literatura científica publicada por diferentes autores, los cuales también podrían dar más luces sobre la implementación del STEAM. No obstante, las

publicaciones analizadas abarcan diferentes países, continentes, objetivos, se realizan bajo diversos enfoques, abarcan distintas temáticas y varias estrategias educativas; por tanto, los resultados obtenidos aportan una visión sólida sobre la implementación del enfoque STEAM en la educación media.

Con base en estas limitaciones, se propone una agenda investigativa incluyendo futuras líneas de investigación. En primer lugar, se plantea realizar revisiones sistemáticas más exhaustivas que incluyan todas las bases de datos disponibles, tanto de acceso abierto como de pago. En segundo lugar, sería enriquecedor incorporar tesis doctorales al análisis, dado el profundo nivel de investigación que suelen presentar. Finalmente, considerando la naturaleza transversal de la educación ambiental, se sugiere explorar la articulación del enfoque STEAM con estrategias pedagógicas como la ecoalfabetización, las cuales promueven un ABP que integra diversas áreas del conocimiento.

Los hallazgos indican la necesidad de fortalecer la dimensión ambiental en los proyectos STEAM. La integración de la ecoalfabetización puede contribuir a formar ciudadanos más conscientes y comprometidos con la sostenibilidad. Como trabajo futuro, se propone investigar cómo integrar la ecoalfabetización en los proyectos STEAM para fomentar una ciudadanía ambientalmente responsable. Esto implica analizar las mejores prácticas para incorporar conceptos y principios ecológicos en las actividades STEAM, así como evaluar el impacto de estas iniciativas en el desarrollo de competencias ambientales y en la formación de actitudes proambientales en los estudiantes.

Conclusiones

La revisión sistemática evidencia que los enfoques metodológicos de investigación que se han empleado al investigar la implementación del enfoque STEAM en educación media son preferentemente métodos cualitativos. Esta tendencia se justifica por la necesidad de comprender en profundidad los procesos de enseñanza y aprendizaje, así como el contexto en el cual se desarrollan las iniciativas STEAM. Los estudios cualitativos permiten explorar las experiencias de los estudiantes, docentes y otros actores involucrados, lo que facilita identificar tanto las fortalezas como las limitaciones de estas propuestas educativas. Además, este enfoque permite analizar la

complejidad de los procesos de integración disciplinar y la influencia de factores contextuales en la implementación del STEAM.

Los estudios analizados muestran que las ciencias naturales es el área predilecta desde la cual se ha pretendido realizar la implementación del enfoque STEAM; han sido abordadas desde este enfoque temáticas diversas tanto en biología, química y física, dada la facilidad para hacer un acercamiento al contexto y vincular las experiencias con el aprendizaje.

Se han utilizado estrategias educativas para implementar el STEAM, tales como el ABP, la indagación y el aprendizaje inmersivo, las cuales se presentan como metodologías prometedoras. Además, se destaca la importancia de fomentar la colaboración entre docentes, la creación de redes de apoyo y la inversión en el desarrollo profesional docente para garantizar el éxito de estas iniciativas. El enfoque STEAM en la educación media enfrenta retos significativos en su puesta en práctica, entre los que destacan la heterogeneidad de las estrategias educativas, la escasez de recursos tecnológicos y la formación docente. Sin embargo, también se identifican múltiples oportunidades para el desarrollo de habilidades del siglo XXI en los estudiantes.

La implementación del STEAM en la educación media prepara a los estudiantes para ser ciudadanos activos y agentes de cambio mediante la mejora de los procesos cognitivos, desarrollo de habilidades y actitudes frente al contexto social, con lo cual se forman estudiantes motivados por el aprendizaje, con mayor facilidad para la comprensión de situaciones del contexto y con capacidades necesarias para contribuir al desarrollo de la sociedad.

Referencias

- Aghasafari, S. (2023). Virtual Visual Art Integration and Biology: More Favor or Challenges for Emergent Bi/Multilingual High Schoolers [Integración de las artes visuales virtuales y la biología: ¿Más ventajas o desafíos para los estudiantes de secundaria bilingües emergentes?]. *Journal of Interdisciplinary Studies in Education*, 12(1), 44-61. <https://www.ojed.org/jise/Article/view/5184/2579>
- Aghasafari, S., Bivins, K., & Nordgren, B. (2021). Arts Integration and Culturally Sustaining Pedagogy: Supporting Bi/Multilingual High School Learners in Biology [Integración de las artes y pedagogía culturalmente sostenible: apoyo a estudiantes bilingües y multilingües

- de secundaria en biología]. *Journal of Interdisciplinary Studies in Education*, 10(1), 59-82.
<https://www.ojed.org/jise/Article/view/3172/1538>
- Aguilera, D., & Ortiz-Revilla, J. (2021). Stem vs. Steam education and student creativity: A systematic literature review [Educación STEM vs. STEM y creatividad estudiantil: una revisión sistemática de la literatura]. *Education Sciences*, 11(7), Article 331.
<https://doi.org/10.3390/educsci11070331>
- Aguilera, D., & Vílchez-González, J. M. (2024). What are we talking about when we talk about STEAM education? A review of educational experiences [¿De qué hablamos cuando hablamos de educación STEAM? Un análisis de experiencias educativas]. *Revista Fuentes*, 26(2), 211-224. <https://doi.org/10.12795/revistafuentes.2024.15412>
- Alexopoulos, A. N., Paolucci, P., Sotiriou, S. A., Bogner, F. X., Dorigo, T., Fedi, M., Menasce, D., Michelotto, M., Paoletti, S., & Scianitti, F. (2021). The colours of the Higgs boson: a study in creativity and science motivation among high-school students in Italy [Los colores del bosón de Higgs: un estudio sobre la creatividad y la motivación científica entre estudiantes de secundaria en Italia]. *Smart Learning Environments*, 8(1), Article 23.
<https://doi.org/10.1186/s40561-021-00169-4>
- Amaya, L. P., Rivera, R., & Acosta, H. U. (2020). Análisis de la relación entre el resultado de lectura crítica en las pruebas Saber 11, el promedio académico y el desempeño en tareas de atención y memoria en estudiantes universitarios. *Revista Temas*, 14, 99-108.
<https://doi.org/10.15332/rt.v0i14.2461>
- Ananda, L. R., Rahmawati, Y., & Khairi, F. (2023). Critical thinking skills of Chemistry students by integrating design thinking with STEAM-PjBL [Habilidades de pensamiento crítico de los estudiantes de Química mediante la integración del pensamiento de diseño con STEAM-PjBL]. *Journal of Technology and Science Education*, 13(1), 352-367.
<https://doi.org/10.3926/jotse.1938>
- Bassachs, M., Cañabate, D., Nogué, L., Serra, T., Bubnys, R., & Colomer, J. (2020). Fostering critical reflection in primary education through STEAM approaches [Fomentar la reflexión crítica en la educación primaria a través de enfoques STEAM]. *Education Sciences*, 10(12), 1-14. <https://doi.org/10.3390/educsci10120384>

- Cabara Bacus, R., & Coronado Alda, R. C. (2022). Senior high school teaching: a phenomenological inquiry [La enseñanza secundaria superior: una investigación fenomenológica]. *Malaysian Journal of Learning and Instruction*, 19(1), 242-276. <https://doi.org/10.32890/mjli2022.19.1.9>
- Camacho-Tamayo, E., & Bernal-Ballén, A. (2024). STEAM education as a pedagogical strategy in natural science teacher training: A systematic review [La educación STEAM como estrategia pedagógica en la formación del profesorado de ciencias naturales: una revisión sistemática]. *EduTec*, 87, 220-235. <https://doi.org/10.21556/edutec.2024.87.2929>
- Capone, R. (2022). Interdisciplinarity in Mathematics Education: From Semiotic to Educational Processes [Interdisciplinarietà en la Educación Matemática: De la Semiótica a los Procesos Educativos]. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(2). <https://doi.org/10.29333/EJMSTE/11508>
- Carter, C. E., Barnett, H., Burns, K., Cohen, N., Durall, E., Lordick, D., Nack, F., Newman, A., & Ussher, S. (2021). Defining STEAM Approaches for Higher Education [Definición de enfoques STEAM para la educación superior]. *European Journal of STEM Education*, 6(1), Article 13. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/11354>
- Celis Cuervo, D. A., & González Reyes, R. A. (2021). Aporte de la metodología Steam en los procesos curriculares. *Revista Boletín Redipe*, 10(8), 279-302. <https://revista.redipe.org/index.php/1/Article/view/1405>
- Chih-Chao, C., Chu-Lan, H., Yuh-Ming, C., & Shi-Jrt, L. (2022). Using an iSTEAM project-based learning model for technology senior high school students: Design, development, and evaluation [Uso de un modelo de aprendizaje basado en proyectos iSTEAM para estudiantes de tecnología de secundaria: diseño, desarrollo y evaluación]. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(2), 905-941. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09643-5>
- Chung, S. K., & Li, D. (2021). Issues-based steam education: A case study in a Hong Kong secondary school [Educación basada en problemas: un estudio de caso en una escuela secundaria de Hong Kong]. *International Journal of Education and the Arts*, 22(3), 1-22. <https://doi.org/10.26209/ijea22n3>

- Congreso de la República de Colombia. (1994, 8 de febrero). *Ley 115*, por la cual se expide la ley general de educación. https://www.mineducacion.gov.co/1621/Articles-85906_archivo_pdf.pdf
- Corbacho, A. M., Minini, L., Pereyra, M., González-Fernández, A. E., Echániz, R., Repetto, L., Cruz, P., Fernández-Damonte, V., Lorieto, A., & Basile, M. (2021). Interdisciplinary higher education with a focus on academic motivation and teamwork diversity [Educación superior interdisciplinaria con enfoque en la motivación académica y la diversidad del trabajo en equipo]. *International Journal of Educational Research Open*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2021.100062>
- Correia, M., Ribeirinha, T., Beirante, D., Santos, R., Ramos, L., Dias, I. S., Luís, H., Catela, D., Galinha, S., Arrais, A., Portelada, A., Pinto, P., Simões, V., Ferreira, R., Franco, S., & Martins, M. C. (2024). Outdoor STEAM Education: Opportunities and Challenges [Educación STEAM al aire libre: oportunidades y desafíos]. *Education Sciences*, 14(7), Article 688. <https://doi.org/10.3390/educsci14070688>
- Courtney, S. A., & Armstrong, B. (2021). Promoting Geometric Reasoning through Artistic Constructions [Fomentando el razonamiento geométrico a través de construcciones artísticas]. *European Journal of STEM Education*, 6(1), Article 09. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/11332>
- Deák, C., & Kumar, B. (2024). A Systematic Review of STEAM Education's Role in Nurturing Digital Competencies for Sustainable Innovations [Una revisión sistemática del papel de la educación STEAM en el fomento de competencias digitales para innovaciones sostenibles]. *Education Sciences*, 14(3), Article 226. <https://doi.org/10.3390/educsci14030226>
- Delgado-Rodríguez, S., Carrascal Domínguez, S., & Garcia-Fandino, R. (2023). Design, Development and Validation of an Educational Methodology Using Immersive Augmented Reality for STEAM Education [Diseño, Desarrollo y Validación de una Metodología Educativa Utilizando Realidad Aumentada Inmersiva para Educación STEAM]. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 12(1), 19-39. <https://doi.org/10.7821/naer.2023.1.1250>

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2019). *Clasificación internacional normalizada de la educación. Niveles de educación adaptada para Colombia*. <https://www.dane.gov.co/index.php/sistema-estadistico-nacional-sen/normas-y-estandares/nomenclaturas-y-clasificaciones/clasificaciones/clasificacion-internacional-normalizada-de-la-educacion-cine>
- Diego-Mantecon, J.-M., Prodromou, T., Lavicza, Z., Blanco, T. F., & Ortiz-Laso, Z. (2021). An attempt to evaluate STEAM project-based instruction from a school mathematics perspective [Un intento de evaluar la instrucción basada en proyectos STEAM desde una perspectiva de matemáticas escolares]. *ZDM-Mathematics Education*, 53, 1137-1148. <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01303-9>
- Donia, D. T., Scibetta, E. V., Tagliatesta, P., & Carbone, M. (2021). Chemistry through Tattoo Inks: A Multilevel Approach to a Practice on the Rise for Eliciting Interest in Chemical Education [La química a través de las tintas del tatuaje: un enfoque multinivel para una práctica en auge que busca despertar el interés en la educación química]. *Journal of Chemical Education*, 98(4), 1309-1320. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01205>
- Fernández-Terol, L., & Domingo, J. (2021). Teachers' perceptions of the transition from the traditional classroom to project-based learning for student engagement [Percepciones de los docentes sobre la transición del aula tradicional al aprendizaje basado en proyectos para la participación estudiantil]. *Revista Iberoamericana Sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 19(4), 181-195. <https://doi.org/10.15366/reice2021.19.4.011>
- González-Pérez, L. I., & Ramírez-Montoya, M. S. (2022). Components of Education 4.0 in 21st Century Skills Frameworks: Systematic Review [Componentes de la Educación 4.0 en los marcos de competencias del siglo XXI: revisión sistemática]. *Sustainability*, 14(3), Article 1493. <https://doi.org/10.3390/su14031493>
- Guncaga, J., Korenova, L., Záhorec, J., & Ostradicky, P. (2024). Innovative Approach on Teaching and Learning with Technical Aids for STEM Education at the Primary Level [Enfoque innovador en la enseñanza y el aprendizaje con ayudas técnicas para la educación STEM en el nivel primario]. *Education Sciences*, 14(7), Article 682. <https://doi.org/10.3390/educsci14070682>

- Ha, N. T. T. (2024). Applying Physics Knowledge and STEAM Education in High School: Connecting Traditional Vietnamese Culture Through the Moon-Shaped Lute Production Project [Aplicación de conocimientos de física y educación STEAM en la escuela secundaria: Conexión con la cultura tradicional vietnamita a través del proyecto de producción de laúdes con forma de luna]. *European Journal of Educational Research*, 13(1), 325-339. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.13.1.325>
- Ilma, A. Z., Wilujeng, I., Widowati, A., Nurtanto, M., & Kholifah, N. (2023). A Systematic Literature Review of STEM Education in Indonesia (2016-2021): Contribution to Improving Skills in 21st Century Learning [Una revisión sistemática de la literatura sobre la educación STEM en Indonesia (2016-2021): contribución a la mejora de las habilidades en el aprendizaje del siglo XXI]. *Pegem Egitim ve Ogretim Dergisi*, 13(2), 134-146. <https://doi.org/10.47750/pegegog.13.02.17>
- Irma, Z. U., Kusairi, S., & Yuliati, L. (2023). STREM PBL with e-authentic assessment: its impact to students' scientific creativity on static fluid [STREM PBL con evaluación electrónica auténtica: su impacto en la creatividad científica de los estudiantes sobre fluidos estáticos]. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(1), 80-95. <https://doi.org/10.15294/jpii.v12i1.40214>
- Ishartono, N., Razak, R. B. A., Kholid, M. N., Arlinwibowo, J., & Afyah, A. N. (2024). Integrating steam into flip flop model to improve students' understanding on composition of functions during online learning [Integración de STEAM en el modelo de flip flop para mejorar la comprensión de los estudiantes sobre la composición de funciones durante el aprendizaje en línea]. *Infinity Journal*, 13(1), 45-60. <https://doi.org/10.22460/infinity.v13i1.p45-60>
- Kesuma, A. T., Retnawati, H., & Putranta, H. (2021). Analysis of Self-Regulated Learning Skills in Senior High School Students: A Phenomenological Study [Análisis de las habilidades de aprendizaje autorregulado en estudiantes de secundaria: un estudio fenomenológico]. *TEM Journal*, 10(3), 1285-1293. <https://doi.org/10.18421/TEM103-35>
- Kim, E. S., Chu, H.-E., & Song, J. (2023). Development and Impact of an Intercultural STEAM Program on Science Classroom Creativity [Desarrollo e impacto de un programa STEAM intercultural en la creatividad en el aula de Ciencias]. *Asia-Pacific Science Education*, 3(1), 1-36. <https://doi.org/10.1163/23641177-bja10058>

- Laboratorio de Economía de la Educación. (2024). *Prueba Saber 11: una Década de Análisis*.
<https://lee.javeriana.edu.co/w/lee-informe-92>
- Leytón Yela, G. V., Bucheli Guerrero, V. A., & Ordoñez Erazo, H. A. (2021). Revisión sistemática de literatura: MOOC K-12 y STEAM. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 9(3), 57-81. <https://doi.org/10.17081/invinno.9.3.5546>
- Limbu, S. (2024). Fostering Peer Evaluation and Cognitive, Affective, and Psychomotor (CAP) Domains in School Level Science Education: A Critical Reflection on the STEAM Approach [Fomento de la evaluación entre pares y los dominios cognitivo, afectivo y psicomotor (CAP) en la educación científica a nivel escolar: una reflexión crítica sobre el enfoque STEAM]. *International Journal of Research in Education and Science*, 10(2), 446-472. <https://doi.org/10.46328/ijres.3403>
- López-Yáñez, J., & Sánchez-Moreno, M. (2021). Red, Comunidad, Organización. La Escuela como Ecosistema de la Innovación Educativa. *Revista Iberoamericana Sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 19(4), 31-54. <https://doi.org/10.15366/reice2021.19.4.002>
- Mariano, W. K., & Chiappe, A. (2021). 21st-century skills and their relationship to STEAM learning environments: A review [Habilidades del siglo XXI y entornos de aprendizaje STEAM: una revisión]. *Revista de Educación a Distancia*, 21(68). <https://doi.org/10.6018/red.470461>
- Marín-Marín, J. A., Moreno-Guerrero, A. J., Dúo-Terrón, P., & López-Belmonte, J. (2021). STEAM in education: a bibliometric analysis of performance and co-words in Web of Science [STEAM en educación: un análisis bibliométrico del rendimiento y las palabras clave en Web of Science]. *International Journal of STEM Education*, 8(1), Article 41. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00296-x>
- Marques, D., Neto, T. B., Guerra, C., Viseu, F., Aires, A. P., Mota, M., & Ravara, A. (2023). A STEAM Experience in the Mathematics Classroom: The Role of a Science Cartoon [Una experiencia STEAM en el aula de matemáticas: el papel de una caricatura científica]. *Education Sciences*, 13(4), Article 392. <https://doi.org/10.3390/educsci13040392>
- Martín-Cudero, D., Cid-Cid, A. I., & Guede-Cid, R. (2024). Analysis of mathematics education from a STEAM approach at secondary and pre-universitary educational levels: a systematic

- review [Análisis de la educación matemática desde el enfoque STEAM en los niveles educativos secundario y preuniversitario: una revisión sistemática]. *Journal of Technology and Science Education*, 14(2), 507-528. <https://doi.org/10.3926/jotse.2349>
- Melchiades Castelli Fernandes, N. M., & Volante Zanon, D. A. (2022). Integration between educational robotics and the STEAM approach: development of prototypes on the topic of social responsibility and sustainability [Integración entre la robótica educativa y el enfoque STEAM: desarrollo de prototipos sobre el tema de responsabilidad social y sostenibilidad]. *Dialogia*, (40), Article 21600. <https://doi.org/10.5585/40.2022.21600>
- Nindiasari, H., Pranata, M. F., Sukirwan, S., Sugiman, S., Fathurrohman, M., Ruhimat, A., & Yuhana, Y. (2024). The use of augmented reality to improve students' geometry concept problem-solving skills through the STEAM approach [El uso de la realidad aumentada para mejorar las habilidades de resolución de problemas de conceptos geométricos de los estudiantes a través del enfoque STEAM]. *Infinity Journal*, 13(1), 119-138. <https://doi.org/10.22460/infinity.v13i1.p119-138>
- Novitra, F., Festiyed, Yohandri, & Asrizal. (2021). Development of Online-based Inquiry Learning Model to Improve 21st-Century Skills of Physics Students in Senior High School [Desarrollo de un modelo de aprendizaje indagatorio en línea para mejorar las habilidades del siglo XXI de los estudiantes de física de secundaria]. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(9), 1-20. <https://doi.org/10.29333/ejmste/11152>
- Ortiz Ortiz, M. L., & Hernández Yomayuza, O. M. (2023, mayo-agosto). Aprendizaje basado en problemas mediado por una aplicación educativa móvil. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (69), 43-69. <https://doi.org/10.35575/rvucn.n69a3>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews [Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la presentación de informes de revisiones sistemáticas]. *The BMJ*, 372(71). <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

- Patiño García, S. J., & Garzón, J. (2024). Efectos de un videojuego en el aprendizaje y la motivación de los alumnos en un curso de Ciencias Naturales. *Revista Virtual Universidad Católica Del Norte*, 71, 81–104. <https://doi.org/10.35575/rvucn.n71a5>
- Pico, A., & Caicedo, L. (2020). Correlación de los resultados de las pruebas ICFES –Saber 11 y Saber Pro de los estudiantes del programa de Ingeniería de Sistemas, sede San Gil UNISANGIL, periodo 2012-2017. *Revista Matices Tecnológicos*, 12, 34–39. <http://138.117.111.22/index.php/revistamaticestecnologicos/Article/view/144/169>
- Polmart, P., & Nuangchalerm, P. (2023). Promoting productive thinking and physics learning achievement of high school students through STEAM education [Promover el pensamiento productivo y el rendimiento académico en física en estudiantes de secundaria a través de la educación STEAM]. *Journal of Green Learning*, 3(1), 27-35. <https://doi.org/10.53889/jgl.v3i1.218>
- Raento, P. (2020). Interdisciplinarity [Interdisciplinarietà]. En *International Encyclopedia of Human Geography* (2 Ed., pp. 357-363). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102295-5.10659-6>
- Rahmawati, Y., Erdawati, E., Ridwan, A., Veronica, N., & Hadiana, D. (2024). Developing students' chemical literacy through the integration of dilemma stories into a STEAM project on petroleum topic [Desarrollar la alfabetización química de los estudiantes a través de la integración de historias de dilemas en un proyecto STEAM sobre el tema del petróleo]. *Journal of Technology and Science Education*, 14(2), 376-392. <https://doi.org/10.3926/jotse.2221>
- Rahmawati, Y., Taylor, E., Taylor, P. C., Ridwan, A., & Mardiah, A. (2022). Students' Engagement in Education as Sustainability: Implementing an Ethical Dilemma-STEAM Teaching Model in Chemistry Learning [La participación de los estudiantes en la educación como sostenibilidad: Implementación de un modelo de enseñanza STEAM-Dilema ético en el aprendizaje de la química]. *Sustainability*, 14(6), Article 3554. <https://doi.org/10.3390/su14063554>
- Raposo-Rivas, M., García-Fuentes, O., & Martínez-Figueira, M. E. (2022). La robótica educativa desde las áreas STEAM en educación infantil. *Revista Prisma Social*, (38), 94-113. <https://revistaprismasocial.es/Article/view/4779/5361>

- Redondo, J. Y. (2018). La pasión de aprender: Un estudio correlacional entre los estilos de aprendizaje y el rendimiento académico. *Revista Perspectivas*, 3(2), 34-45. <https://doi.org/10.22463/25909215.1585>
- Rodrigues-Silva, J., & Alsina, Á. (2023). Conceitualização e modelo da educação STEAM: o que é (e o que não é) essa abordagem educacional? [Conceptualización y modelo de educación STEAM: ¿qué es (y qué no es) este enfoque educativo?]. *Texto Livre*, 16. <https://doi.org/10.1590/1983>
- Sáenz, P., & Toro, S. (2023). Acciones de mejora para la formación en educación media según el análisis de resultados en Saber 11. *Praxis & Saber*, 14(39), e14617. <https://doi.org/10.19053/22160159.v14.n39.2023.14617>
- Sánchez-Serrano, S., Pedraza-Navarro, I., & Donoso-González, M. (2022). How to conduct a systematic review under PRISMA protocol? Uses and fundamental strategies for its application in the educational field through a practical case study [¿Cómo realizar una revisión sistemática según el protocolo PRISMA? Usos y estrategias fundamentales para su aplicación en el ámbito educativo mediante un estudio de caso práctico.]. *Bordon. Revista de Pedagogía*, 74(3), 51-66. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2022.95090>
- Shukshina, L. V., Gegel, L. A., Erofeeva, M. A., Levina, I. D., Chugaeva, U. Y., & Nikitin, O. D. (2021). STEM and STEAM Education in Russian Education: Conceptual Framework [Educación STEM y STEAM en la educación rusa: marco conceptual]. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(10), 1-14. <https://doi.org/10.29333/ejmste/11184>
- Sigit, D. V., Ristanto, R. H., & Mufida, S. N. (2022). Integration of Project-Based E-Learning with STEAM: An Innovative Solution to Learn Ecological Concept [Integración del aprendizaje electrónico basado en proyectos con STEAM: una solución innovadora para aprender el concepto ecológico]. *International Journal of Instruction*, 15(3), 23-40. <https://doi.org/10.29333/iji.2022.1532a>
- Silva-Díaz, F., Fernández-Ferrer, G., Vásquez-Vilchez, M., Ferrada, C., Narváez, R., & Carrillo-Rosúa, J. (2022). Emerging technologies in STEM education. A bibliometric analysis of publications in Scopus & WoS (2010-2020) [Tecnologías emergentes en la educación

- STEM. Análisis bibliométrico de publicaciones en Scopus y WoS (2010-2020).]. *Bordon. Revista de Pedagogía*, 74(4), 25-44. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2022.94198>
- Sukmawati, E., Imanah, N. D. N., & Rantauni, D. A. (2023). Implementation and challenges of project-based learning of STEAM in the university during the pandemic: A systematic literature review [Implementación y desafíos del aprendizaje basado en proyectos de STEAM en la universidad durante la pandemia: una revisión sistemática de la literatura]. *JINoP (Jurnal Inovasi Pembelajaran)*, 9(1), 128-139. <https://doi.org/10.22219/jinop.v9i1.25177>
- White, D., & Delaney, S. (2021). Full STEAM ahead, but who has the map for integration? - A PRISMA systematic review on the incorporation of interdisciplinary learning into schools [STEAM a toda marcha, pero ¿quién tiene el mapa para la integración? - Una revisión sistemática PRISMA sobre la incorporación del aprendizaje interdisciplinario en las escuelas]. *LUMAT*, 9(2), 9.32. <https://doi.org/10.31129/LUMAT.9.2.1387>
- Wrahatnolo, T., & Munoto. (2018). 21st centuries skill implication on educational system [Implicaciones de las habilidades del siglo XXI en el sistema educativo]. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 296(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/296/1/012036>
- Zamorano Escalona, T., García Cartagena, Y., & Reyes González, D. (2018). Educación para el sujeto del siglo XXI: principales características del enfoque STEAM desde la mirada educacional. *Contextos: Estudios de Humanidades y Ciencias Sociales*, (41). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6985006>