



REVISIÓN

Trends and challenges of integrating the STEAM approach in education: A scopus literature review

Tendencias y desafíos de la integración del enfoque STEAM en la educación: un análisis de la literatura en Scopus

Raúl Prada Núñez¹  , Mariana Elena Peñaloza Tarazona²  , Javier Rodríguez Moreno³  

¹Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia.

²Universidad Simón Bolívar. Cúcuta, Colombia.

³Universidad de Jaén, Jaén. España.

Citar como: Prada Núñez R, Peñaloza Tarazona ME, Rodríguez Moreno J. Tendencias y desafíos de la integración del enfoque STEAM en la educación: un análisis de la literatura en Scopus. Data and Metadata. 2024; 3:.424. <https://doi.org/10.56294/dm2024.424>

Enviado: 04-02-2024

Revisado: 21-05-2024

Aceptado: 15-09-2024

Publicado: 16-09-2024

Editor: Adrián Alejandro Vitón-Castillo 

Autor para la correspondencia: Raúl Prada Núñez 

ABSTRACT

Introduction: Scopus is a bibliographic database recognized globally for its breadth and depth, and plays a vital role in identifying research trends in education, particularly in the STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) approach. Its vast collection of scientific articles, journals, conferences and patents provides researchers with access to a wide and diverse range of relevant studies. Scopus' ability to provide a comprehensive and up-to-date view of the development and implementation of the STEAM approach is crucial.

Method: using advanced bibliometric search and analysis tools, researchers can identify emerging patterns, evaluate pedagogical methodologies, and recognize areas that require further attention. In addition, Scopus facilitates the detection of international collaborations and the identification of leaders in STEAM research, allowing educators and policymakers to make decisions based on solid evidence and current trends.

Results: in this bibliometric analysis of publications in Scopus between 2010 and 2024, the terms Educational approach STEAM, STEAM approach and STEAM were used as search metadata, yielding 254 303 results. After applying filters, 263 documents directly related to STEAM were selected. The results, analyzed using Vosviewer, revealed six affinity clusters based on keyword recurrence. Terms associated with STEAM include transdisciplinarity, instructional design, pedagogy, and technology. STEAM education is linked to teacher education, computational thinking, and art education. STEM relates to science and educational robotics. Primary education encompasses preschool and secondary education, comprehensive education, and inquiry-based design. Less frequently, the nodes education and teaching are associated with curriculum, science education, motivation, and pedagogical methods.

Conclusion: this keyword analysis demonstrates the wide range of competencies and terms associated with STEAM, providing valuable information for identifying key competencies in this educational approach.

Keywords: STEAM Educational Approach; Bibliometric Analysis; Scopus.

RESUMEN

Introducción: Scopus es una base de datos bibliográfica reconocida globalmente por su amplitud y profundidad, y juega un papel vital en la identificación de tendencias investigativas en el ámbito educativo, particularmente en el enfoque STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas). Su vasta colección de artículos científicos, revistas, conferencias y patentes proporciona a los investigadores acceso a una gama amplia y diversa de estudios pertinentes. La capacidad de Scopus para ofrecer una visión integral

y actualizada del desarrollo y la implementación del enfoque STEAM es crucial.

Método: utilizando herramientas avanzadas de búsqueda y análisis bibliométrico, los investigadores pueden identificar patrones emergentes, evaluar metodologías pedagógicas, y reconocer áreas que requieren mayor atención. Además, Scopus facilita la detección de colaboraciones internacionales y la identificación de líderes en la investigación STEAM, permitiendo a educadores y formuladores de políticas tomar decisiones basadas en evidencias sólidas y tendencias actuales.

Resultados: en este análisis bibliométrico de publicaciones en Scopus entre 2010 y 2024, se utilizaron las expresiones educational approach STEAM, STEAM approach y STEAM como metadatos de búsqueda, obteniendo 254 303 resultados. Tras aplicar filtros, se seleccionaron 263 documentos directamente relacionados con STEAM. Los resultados, analizados mediante Vosviewer, revelaron seis clusters de afinidad según la recurrencia de palabras clave. Los términos asociados con STEAM incluyen transdisciplinariedad, diseño instruccional, pedagogía y tecnología. STEAM education se vincula con formación docente, pensamiento computacional y educación artística. STEM se relaciona con ciencia y robótica educativa. Primary education abarca educación preescolar y secundaria, educación integral y diseño basado en la investigación. Menos frecuentes, los nodos education y teaching se asocian con currículo, enseñanza científica, motivación y métodos pedagógicos.

Conclusiones: este análisis de palabras clave demuestra la amplia gama de competencias y términos asociados con STEAM, proporcionando información valiosa para identificar competencias clave en este enfoque educativo.

Palabras clave: Enfoque Educativo STEAM; Análisis Bibliométrico; Scopus.

INTRODUCCIÓN

El proceso educativo en el mundo y en países en vía de desarrollo como Colombia enfrenta una serie de retos significativos que impactan la calidad y la equidad en la educación: se inicia resaltando que la brecha digital continúa siendo un desafío significativo en la era de la educación digital, especialmente para estudiantes en comunidades rurales y de bajos recursos. Este concepto hace referencia a la desigualdad en el acceso a tecnologías de la información y la comunicación (TIC), y en particular, al acceso a internet. Esta disparidad limita la capacidad de ciertos grupos para participar plenamente en la educación en línea y beneficiarse de los recursos educativos digitales. En muchas regiones rurales, el acceso a internet es limitado o inexistente debido a la falta de infraestructura, altos costos de conexión, o baja calidad del servicio. Esta situación pone en desventaja a los estudiantes de estas áreas, quienes enfrentan obstáculos adicionales para acceder a información y recursos educativos que son fundamentales para su aprendizaje. De acuerdo con el Informe sobre la Brecha Digital en América Latina y el Caribe publicado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)⁽¹⁾, en algunos países de la región, hasta el 46 % de los hogares rurales carecen de acceso a internet, contrastando con el 23 % en zonas urbanas.

Además, la pandemia de COVID-19 exacerbó esta desigualdad. A medida que las instituciones educativas adoptaron modelos de aprendizaje remoto, quedó en evidencia que miles de estudiantes no tenían los medios tecnológicos necesarios para continuar su educación. Un informe del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) destaca que, en 2020, más del 50 % de los estudiantes en áreas rurales de América Latina no pudieron participar en actividades educativas remotas debido a la falta de dispositivos o conectividad adecuada.⁽²⁾ Esto ha tenido un impacto directo en la calidad de la educación recibida, ampliando aún más las disparidades educativas. Asimismo, esta situación perpetúa ciclos de pobreza y exclusión social, ya que los estudiantes con menor acceso a la tecnología tienen menos oportunidades de adquirir habilidades digitales críticas para el futuro laboral. Es crucial que los gobiernos y las instituciones educativas implementen políticas efectivas para reducir esta brecha digital, proporcionando acceso equitativo a tecnologías y capacitación en habilidades digitales, con el fin de garantizar una educación inclusiva y de calidad para todos.^(3,4)

Ahora se avanza hacia la calidad educativa siendo un concepto integral que implica asegurar que todos los estudiantes reciban una educación que no solo sea accesible, sino también relevante, inclusiva y efectiva. Para lograr esto, es esencial ir más allá de la mera mejora de la infraestructura educativa y enfocarse en otros factores clave como la capacitación continua de los docentes, la implementación de métodos pedagógicos innovadores y la adaptación de la enseñanza a las necesidades cambiantes de los estudiantes y del contexto social. Según el informe Global Education Monitoring Report de la UNESCO⁽⁵⁾, garantizar una educación de calidad exige, en primer lugar, la existencia de infraestructuras adecuadas, que incluyen desde aulas bien equipadas hasta acceso a tecnologías que permitan la integración digital en los procesos educativos. Sin embargo, la infraestructura por sí sola no asegura una educación de calidad si no va acompañada de políticas orientadas a mejorar la formación docente y la efectividad de los métodos de enseñanza empleados.

En este sentido, la capacitación continua de los docentes juega un papel crucial. Un informe del Banco

Mundial⁽⁶⁾ señala que los países con sistemas educativos de alto rendimiento han priorizado la formación profesional de sus maestros, centrada no solo en la actualización de conocimientos, sino también en el desarrollo de habilidades pedagógicas adaptativas, que permitan a los docentes responder a las necesidades diversas de los estudiantes. La implementación de métodos de enseñanza más efectivos, basados en enfoques centrados en el estudiante, es otro componente indispensable. La investigación educativa contemporánea ha demostrado que metodologías como el aprendizaje basado en proyectos, la enseñanza diferenciada y la evaluación formativa pueden mejorar significativamente los resultados de aprendizaje cuando se implementan de manera coherente y contextualizada.⁽⁷⁾

Además, la calidad educativa también está vinculada a la equidad, es decir, se debe asegurar que todos los estudiantes, independientemente de su origen socioeconómico, tengan acceso a una educación de calidad con lo que se aporta al cierre de brechas de aprendizaje. De acuerdo con la CEPAL⁽⁸⁾, es fundamental diseñar e implementar políticas educativas que prioricen a las comunidades más vulnerables, garantizando recursos adicionales y apoyos específicos. Luego para alcanzar una educación de calidad se requiere un enfoque sistémico y multidimensional que abarque desde la mejora de la infraestructura hasta la profesionalización docente y la adopción de métodos de enseñanza innovadores que promuevan un aprendizaje significativo para todos los estudiantes.^(3,4)

Otro aspecto que afecta el proceso educativo es la inclusividad y la equidad, los cuales son pilares fundamentales para lograr un sistema educativo justo y accesible para todos los estudiantes, independientemente de su origen, condición socioeconómica, o posibles discapacidades. En un contexto global donde la diversidad dentro de las aulas es cada vez más evidente, las instituciones educativas tienen la responsabilidad de garantizar que cada estudiante reciba una educación que atienda sus necesidades particulares. Esto requiere políticas y prácticas educativas que promuevan la igualdad de oportunidades y la reducción de las barreras que tradicionalmente han marginado a ciertos grupos.

Según la UNESCO⁽⁹⁾, la inclusión educativa es un proceso continuo que busca eliminar las exclusiones y discriminar en la educación, favoreciendo la participación de todos los estudiantes, especialmente aquellos que han sido históricamente marginados, como las personas con discapacidades o aquellos que provienen de entornos socioeconómicos desfavorecidos. Para lograrlo, es crucial adoptar un enfoque centrado en el estudiante que reconozca las diferentes formas de aprender y las necesidades particulares de cada individuo. La educación inclusiva no solo implica la integración física de los estudiantes en el aula, sino también la adaptación de los currículos, métodos de enseñanza y evaluaciones para que todos los estudiantes puedan alcanzar su máximo potencial.

En el caso de los estudiantes con discapacidades, un informe del Banco Mundial⁽¹⁰⁾ destaca la importancia de invertir en tecnologías de asistencia y en la formación docente para implementar estrategias pedagógicas inclusivas. Esto incluye desde el uso de herramientas digitales accesibles hasta la implementación de planes de apoyo educativo individualizados. Además, la equidad educativa implica atender las necesidades de aquellos estudiantes que provienen de contextos socioeconómicos desfavorecidos. Un estudio de la CEPAL⁽⁸⁾ señala que, para reducir las brechas de acceso y calidad en la educación, es fundamental ofrecer apoyos adicionales, como programas de becas, alimentación escolar, y materiales educativos gratuitos.

Estas medidas deben ser complementadas con la formación de una cultura escolar que promueva la empatía, la aceptación y el respeto por la diversidad. Según la OECD⁽⁷⁾, los sistemas educativos más exitosos son aquellos que combinan una alta calidad educativa con un enfoque claro en la equidad, garantizando que todos los estudiantes, independientemente de sus circunstancias, puedan acceder a una educación significativa y transformadora.^(4,11)

A partir de los retos educativos mencionados, se hace urgente la adaptación a nuevas metodologías en el proceso educativo, puesto que la actualidad está fuertemente permeada por la tecnología lo cual influye en que las demandas del entorno laboral evolucionan de forme exponencial. Resaltando que la transformación digital está generando cambios significativos en la forma en que se concibe y se imparte la educación, requiriendo una modernización de las estrategias pedagógicas para alinearse con las competencias que los estudiantes necesitan en la actualidad. Este proceso incluye, por un lado, la integración de herramientas digitales en el aula y, por otro, la adopción de enfoques educativos centrados en el estudiante y en la resolución de problemas del mundo real, como lo es el enfoque educativo STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas, por sus siglas en inglés).

La incorporación de herramientas digitales no se limita a utilizar dispositivos en el aula, sino que también implica la integración de plataformas educativas, aplicaciones interactivas y recursos en línea que potencian el aprendizaje personalizado. Según un informe de la UNESCO⁽⁵⁾, las tecnologías digitales pueden aumentar significativamente el compromiso de los estudiantes y facilitar un aprendizaje más adaptativo, especialmente cuando se utilizan en combinación con pedagogías centradas en el estudiante. Además, la tecnología permite un aprendizaje más colaborativo, promoviendo la interacción entre pares a través de actividades que trascienden los límites físicos del aula. Esta colaboración, que se potencia en entornos digitales, es clave para desarrollar

habilidades como el trabajo en equipo, la comunicación efectiva y la resolución conjunta de problemas.

Por otra parte, el enfoque STEAM ha ganado protagonismo como una metodología que fomenta el aprendizaje interdisciplinario y la creatividad, vinculando el conocimiento técnico con las artes y la resolución de problemas complejos. Este enfoque promueve un aprendizaje basado en proyectos, donde los estudiantes aplican conceptos científicos y tecnológicos en contextos prácticos y creativos. De acuerdo con estudios recientes del Banco Interamericano de Desarrollo (BID)⁽¹²⁾, el enfoque STEAM mejora no solo el rendimiento académico en áreas técnicas, sino también las habilidades críticas y creativas de los estudiantes, preparándolos mejor para los desafíos del siglo XXI.

A manera de síntesis, la adaptación a nuevas metodologías educativas no solo implica la incorporación de tecnología, sino también la adopción de enfoques pedagógicos modernos que prioricen la colaboración, la creatividad y el aprendizaje centrado en el estudiante. Este cambio en las prácticas educativas requiere un esfuerzo conjunto de formación docente, inversión en infraestructura y la disposición a transformar las estructuras tradicionales hacia un modelo educativo más dinámico y acorde a las necesidades contemporáneas como lo es el enfoque educativo STEAM, por lo que realizar el análisis del estado actual de la investigación en este tema se ha convertido en un campo de interés creciente en la última década, dada la relevancia de esta metodología en la educación contemporánea.

Una revisión bibliométrica es una herramienta poderosa para comprender cómo se ha desarrollado este campo, permitiendo identificar patrones en la producción científica a nivel global, puesto que proporciona un panorama general sobre las tendencias y vacíos en la investigación, lo cual es fundamental para enmarcar adecuadamente un nuevo estudio. La revisión de la literatura permite construir una sólida fundamentación teórica sobre el enfoque STEAM, puesto que aporta al conocimiento de las definiciones, características y modelos conceptuales propuestos en estudios previos lo cual es esencial para diseñar un instrumento de medición válido y confiable que facilite el diagnóstico de la apropiación de sus competencias dentro de la planificación docente.^(13,14)

Pero para garantizar la calidad académica de esta revisión bibliográfica es necesario apoyarse en una fuente de información confiable que garantice la rigurosidad académica e investigativa de los estudios analizados, por ello este artículo se construye a partir de la base de datos Scopus, la cual es una de las bases de datos bibliográficas más reconocidas a nivel mundial, caracterizada por ofrecer a los investigadores una vasta colección de artículos científicos, revistas, conferencias y patentes. El objetivo principal de esta revisión bibliométrica es analizar la producción científica relacionada con el enfoque educativo STEAM en la base de datos Scopus durante el periodo 2010-2024, utilizando técnicas avanzadas de análisis bibliométrico, con lo que se espera identificar las principales tendencias en la investigación sobre STEAM, incluyendo los temas más estudiados, las metodologías pedagógicas más frecuentes y las competencias clave asociadas con este enfoque; al tiempo que se analicen las redes de colaboración entre autores, instituciones y países que han contribuido significativamente al desarrollo del enfoque STEAM; para de esta forma evaluar la evolución temporal de la investigación en STEAM, destacando los períodos de mayor crecimiento en la producción científica y las áreas emergentes que requieren mayor atención. Se espera obtener una clasificación de los clusters de afinidad en torno a términos clave relacionados con STEAM, utilizando herramientas como Vosviewer para mapear las relaciones entre conceptos y detectar patrones relevantes y de esta forma contribuir al conocimiento sobre las competencias necesarias para la implementación exitosa de STEAM en diferentes niveles educativos.

MÉTODO

Este artículo pretende reportar los resultados de la revisión bibliométrica de la producción científica relacionada con el enfoque educativo STEAM en la base de datos Scopus durante el periodo 2010-2024, a partir de las características de búsqueda enunciadas por medio de la Tabla 1.

Tabla 1. Características generales de la estrategia de búsqueda de artículos	
Criterio	Descripción
Ruta	Educational approach STEAM or STEAM approach or STEAM
Temporalidad	2010 - 2024
Áreas de interés	Engineering, Chemical Engineering, Chemistry, Environmental Science, Physics and Antronomy, Computer Science, Mathematics, Social Sciences, Art and Humanities, Multidiciplnary, Agricultural and Biological Sciences
Tipo de Documento	Article, Review
Idioma	English
Tipo de Fuente	Journal

Es de resaltar que el presente análisis bibliométrico se centra exclusivamente en la base de datos Scopus,

lo que garantiza la calidad y pertinencia de los estudios seleccionados, pero también implica una limitación en términos de cobertura, ya que otras bases de datos relevantes como Web of Science, ERIC o Google Scholar no están incluidas. Si bien Scopus es ampliamente reconocida por su amplitud y profundidad, la exclusión de otras fuentes podría limitar la diversidad de perspectivas y enfoques presentes en la literatura revisada. Otra limitación relevante se asocia con los términos específicos que fueron utilizados como criterios de búsqueda. Aunque estos términos permiten un enfoque directo en el análisis, también podrían dejar fuera estudios relevantes que aborden STEAM bajo otras denominaciones o en contextos diferentes. Además, al centrarse en un periodo específico (2010-2024), se corre el riesgo de no considerar investigaciones previas que podrían haber sentado las bases para la implementación de STEAM en la educación; y finalmente, al seleccionar publicaciones en inglés se están excluyendo aquellas en otros idiomas, pero se reconoce que el idioma predominante en las publicaciones académicas es el inglés.

En cuanto al alcance de esta revisión, se destaca que proporciona una visión integral sobre la investigación en STEAM, enfocándose en temas como transdisciplinariedad, diseño instruccional, pedagogía, tecnología y formación docente. Los resultados obtenidos permiten identificar no solo los términos más recurrentes en la literatura, sino también las áreas de competencia que requieren mayor desarrollo. Sin embargo, el análisis está limitado por el uso de herramientas bibliométricas como Vosviewer, que, si bien son útiles para detectar patrones y clústeres de afinidad, pueden presentar sesgos en función de la frecuencia de palabras clave y la estructura de los datos.

Finalmente, es importante destacar que este análisis se enfoca principalmente en la literatura académica y científica, lo que deja de lado estudios empíricos o reportes de casos específicos que podrían ofrecer perspectivas complementarias. A pesar de estas limitaciones, el análisis bibliométrico realizado proporciona una base sólida para comprender el estado actual de la investigación en STEAM y para guiar futuras iniciativas tanto en la práctica educativa como en la investigación académica.

Mencionadas las limitaciones y los alcances de esta investigación, por medio de la tabla 2 se sintetiza el número de resultados obtenidos tras la aplicación de cada uno de los filtros aplicados durante la búsqueda, la cual tuvo lugar el día 31 de marzo del 2024.

Orden	Características de la búsqueda	Total de resultados
1	Condiciones referidas en la tabla 1	254303
2	Se excluyen de las áreas de interés: Chemical Engineering, Chemistry	171886
3	Se excluyen de las áreas de interés: Agricultural and Biological Sciences	158362
4	Se filtra por países que concentran el mayor número de publicaciones	8835
5	Los resultados se organizan por Relevancia y se revisa de forma individual los primeros 1000 registros para seleccionar por afinidad aquellos que aporten a la identificación de las competencias STEAM en la práctica docente	263

RESULTADOS

A partir de los 263 artículos identificados por afinidad con la investigación, se reportan los resultados obtenidos de un conjunto de indicadores clave que permiten evaluar la producción científica en torno al enfoque educativo STEAM.

Caracterización generada por Scopus

La Figura 1 muestra la evolución del número de documentos publicados entre 2013 y 2024 con la investigación en el enfoque educativo STEAM. A partir de la tendencia observada, se puede identificar un crecimiento significativo en la producción científica, especialmente a partir de 2019. Durante los primeros años del período (2013-2018), la cantidad de publicaciones se mantuvo relativamente baja y estable, con incrementos menores. Sin embargo, a partir de 2019, se observa un punto de inflexión en el que el número de documentos comienza a aumentar de manera considerable. Este crecimiento coincide con la creciente importancia del enfoque STEAM en la educación a nivel global, impulsado por la necesidad de adaptar la enseñanza a las demandas del siglo XXI y la inclusión de las artes en la educación científica y tecnológica.^(15,16) El pico más alto se alcanza en 2023, con alrededor de 70 documentos publicados, lo que refleja un máximo histórico en la producción académica. En cuanto a la distribución temporal de la producción, la gráfica muestra un crecimiento sostenido desde 2019 hasta 2023, que de acuerdo con Kim⁽¹⁷⁾, este tipo de patrones en la producción científica suelen ser indicativos de la madurez de un campo de investigación, donde el enfoque inicial en la exploración se desplaza hacia estudios más aplicados o interdisciplinarios.

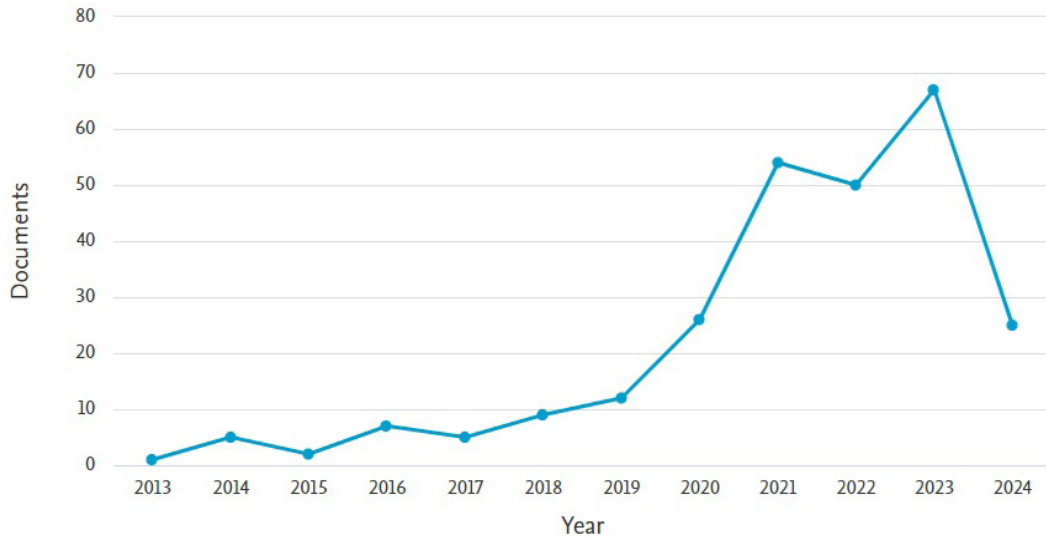
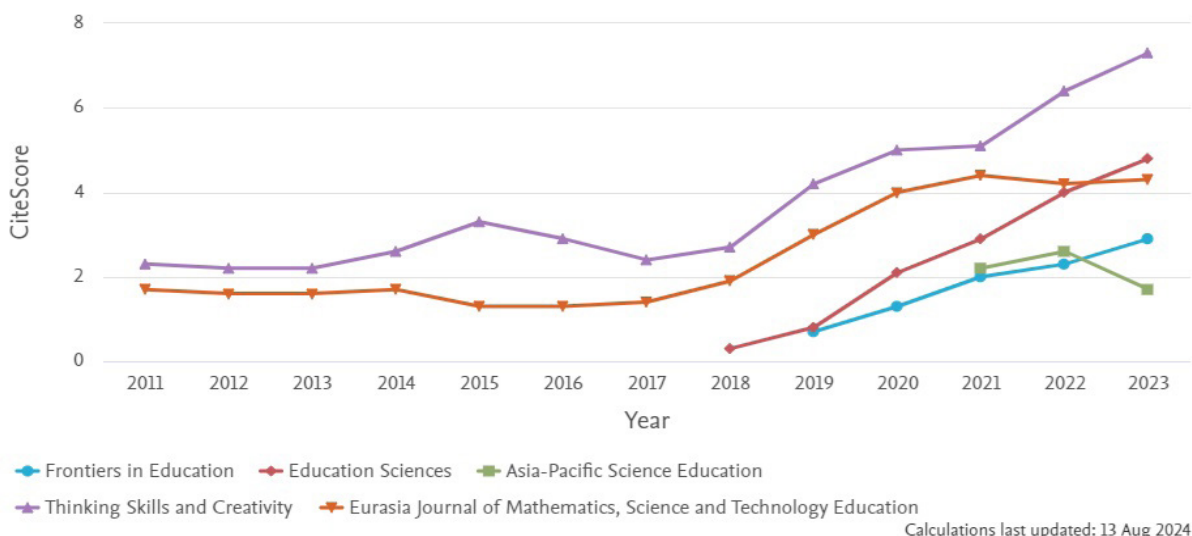


Figura 1. Línea de tiempo de la cantidad de documentos publicados en Scopus

La figura 2 muestra la evolución del índice de citación (CiteScore) de las cinco revistas académicas más destacadas para publicar resultados alrededor del enfoque STEAM. Se analiza dicho índice en el período comprendido entre 2011 y 2023. Este indicador mide la influencia y el impacto de una revista basándose en las citas recibidas por artículos publicados en los últimos tres años. Se resalta que en general, las revistas han mostrado un crecimiento sostenido en su CiteScore desde 2017, lo que sugiere un aumento en la relevancia de los temas que abordan y un mayor impacto en la comunidad académica. Este crecimiento es particularmente notable en revistas como Thinking Skills and Creativity (8 documentos publicados) y Education Sciences (17 documentos publicados).

Para 2023, Thinking Skills and Creativity lidera con un CiteScore superior a 7, lo que la posiciona como la revista de mayor impacto entre las mencionadas. Esta tendencia refleja un creciente interés en la creatividad y el pensamiento crítico en el ámbito educativo, temáticas que están siendo ampliamente investigadas dentro del enfoque STEAM. Ahora bien, la revista Education Sciences muestra un aumento constante en su CiteScore desde 2017, alcanzando un valor cercano a 6 en 2023. Este crecimiento sugiere que la revista ha ganado un lugar destacado en la publicación de investigaciones sobre educación, especialmente en temas relacionados con innovaciones pedagógicas y tecnología educativa.

Revistas Emergentes como Frontiers in Education muestra un aumento progresivo en su CiteScore, alcanzando un valor cercano a 4 en 2023. Este crecimiento refleja la consolidación de la revista en áreas clave como la innovación educativa y las metodologías emergentes, temas que son centrales en la investigación sobre STEAM. Finalmente, Asia-Pacific Science Education tiene un desempeño más fluctuante, con picos en 2020 y 2021, seguidos de una leve disminución. Este patrón puede indicar una producción académica menos constante o la presencia de investigaciones muy específicas con un menor alcance global.



Calculations last updated: 13 Aug 2024

Figura 2. Índice de citación - CiteScore por año de cinco revistas en Scopus que más publican artículos alrededor del enfoque STEAM

Por medio de la figura 3 se puede observar la distribución de la producción científica relacionada con el enfoque educativo STEAM por país, destacando a los principales contribuyentes en términos de número de documentos. Se observa que Estados Unidos lidera con una producción de cerca de 50 documentos, seguido por España y Corea del Sur, con alrededor de 30 publicaciones cada uno. Este patrón refleja la influencia que estas naciones tienen en la investigación educativa, particularmente en metodologías innovadoras como STEAM.

El liderazgo de Estados Unidos es consistente con la inversión que las instituciones estadounidenses realizan en investigación educativa, especialmente en enfoques interdisciplinarios como STEAM. Según White, como se citó en Azcaray⁽¹⁸⁾, el enfoque STEAM ha sido promovido ampliamente en Estados Unidos debido a su potencial para desarrollar habilidades críticas en los estudiantes, preparándolos para las demandas del mercado laboral actual. La gran cantidad de publicaciones también se debe a la sólida infraestructura de investigación y a la existencia de redes de colaboración académica establecidas en este país.

Por su parte, España y Corea del Sur ocupan posiciones destacadas, lo cual es indicativo del interés y la adopción de metodologías STEAM en sus sistemas educativos. En España, diversas iniciativas han impulsado la implementación de programas educativos basados en STEAM en diferentes niveles educativos, como lo señalan Fonseca et al.⁽¹⁹⁾. En Corea del Sur, el enfoque STEAM ha sido integrado en el currículo nacional desde hace más de una década, con un fuerte respaldo gubernamental y una amplia investigación en la evaluación de su impacto.^(20,21)

Además de Corea del Sur, otros países asiáticos como Indonesia, China y Taiwán también se destacan en la lista, reflejando la importancia de la investigación educativa en la región. En el caso de China, su rápido crecimiento en la producción científica se vincula con una estrategia nacional para mejorar la educación STEM y su integración con las artes, con el objetivo de promover la innovación.⁽²²⁾ La presencia de países como Austria y Malasia subraya la diversidad geográfica en la investigación sobre STEAM. Estos países han incrementado su producción científica en los últimos años, aunque su volumen aún es modesto en comparación con las naciones líderes. Sin embargo, su inclusión en la gráfica evidencia un interés global en la adopción y estudio de metodologías STEAM en contextos variados.

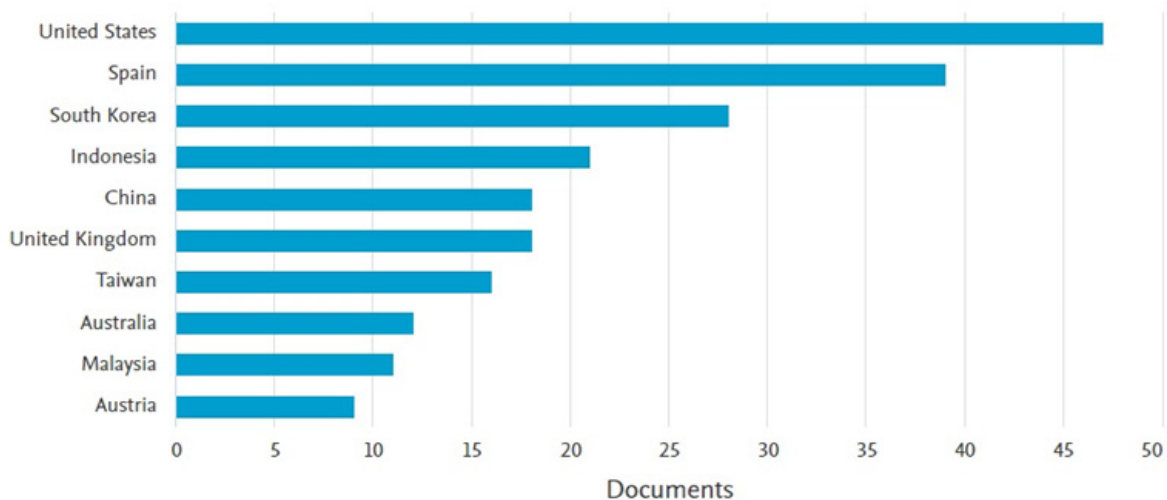


Figura 3. Comparativo por país de la cantidad de artículos publicados en Scopus alrededor del enfoque STEAM

Por medio de la figura 4 se muestra la distribución de la producción científica por área de conocimiento en relación con el enfoque educativo STEAM, destacando la interdisciplinariedad de las investigaciones en este campo. La categoría más representada es la de Ciencias Sociales, que abarca el 45,5 % de los documentos analizados. Esto es consistente con la naturaleza educativa de STEAM, ya que la mayoría de los estudios se centran en la implementación pedagógica en diversos niveles educativos, análisis de políticas educativas a partir de su integración curricular, y estudios de impacto en el aprendizaje y desarrollo de habilidades transversales.^(23,24)

Por su parte, las Ciencias de la Computación (14,1 %) y la Ingeniería (8,3 %) también tienen una participación significativa en la producción científica, lo cual refleja la integración de tecnología y herramientas digitales en la enseñanza STEAM. Estas áreas suelen estar vinculadas con estudios que desarrollan nuevas plataformas educativas, software didáctico, y metodologías para enseñar programación, robótica, y diseño en el contexto de STEAM.⁽²⁵⁾ La relación entre estas áreas y STEAM es crucial para preparar a los estudiantes para los desafíos tecnológicos del siglo XXI.

Le siguen, la Psicología (7,7 %) y las Matemáticas (6,0 %) quienes también juegan un papel importante

en la investigación sobre STEAM. En el caso de la Psicología, los estudios suelen centrarse en cómo las metodologías STEAM afectan el desarrollo cognitivo, la motivación y el pensamiento crítico de los estudiantes.⁽²⁶⁾ Por su parte, la Matemáticas, al ser una de las disciplinas centrales en STEAM, se encuentra involucrada en investigaciones sobre cómo mejorar la enseñanza y comprensión de conceptos matemáticos a través de enfoques interdisciplinarios. Finalmente, aunque con un menor porcentaje (5,4 %), las Artes y Humanidades son fundamentales en la conceptualización completa de STEAM, ya que este enfoque promueve la integración de la creatividad y el pensamiento artístico en áreas técnicas y científicas. Este campo aborda investigaciones sobre cómo las artes pueden enriquecer la enseñanza de ciencia y tecnología, generando un aprendizaje más equilibrado y holístico.⁽²⁷⁾

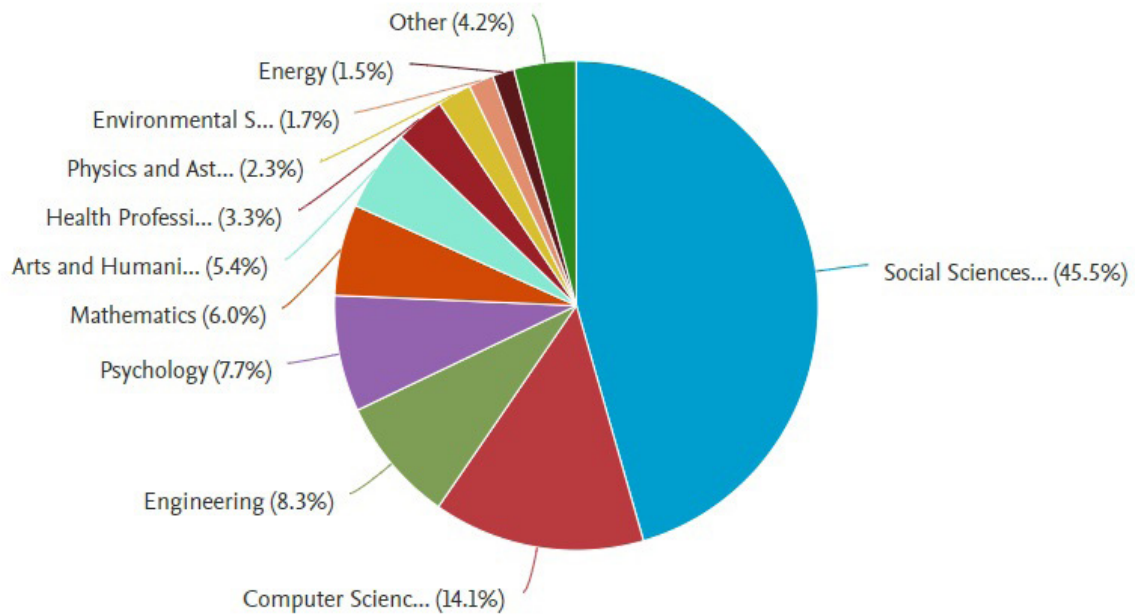


Figura 4. Comparativo por áreas de interés de artículos publicados en Scopus alrededor del enfoque STEAM

La figura 5 permite visualizar a los autores más prolíficos en términos de publicaciones relacionadas con la investigación educativa en el enfoque STEAM. Entre los autores destacados, Herro (8 publicaciones) es uno de los autores más influyentes en la investigación sobre STEAM con un enfoque particular en cómo integrar este enfoque en el currículo y en la formación docente.^(28,29,30) Sus trabajos suelen explorar el impacto de STEAM en el desarrollo de habilidades del siglo XXI, como la creatividad y la resolución de problemas. Según Herro y Qigley⁽²⁸⁾, la implementación efectiva de STEAM requiere un cambio pedagógico profundo, donde los docentes no solo adopten nuevas herramientas tecnológicas, sino también estrategias que promuevan la colaboración y el pensamiento interdisciplinario.

Greca ocupa el segundo lugar en la lista con 7 publicaciones, las cuales se enfocan en la integración de ciencias y tecnología a través de metodologías STEAM en contextos educativos diversos. Su línea investigativa se centra en el desarrollo de competencias científicas en los estudiantes mediante el uso de estrategias pedagógicas innovadoras. Greca et al.⁽³¹⁾ han destacado la importancia de un enfoque equilibrado que combine las ciencias duras con la creatividad, un concepto clave en STEAM.

Es de resaltar que los autores mencionados en esta gráfica provienen de diferentes contextos geográficos y áreas de especialización, lo que refleja la diversidad en la investigación sobre STEAM. Por ejemplo, Lavicza se ha centrado en el uso de tecnología y herramientas digitales en la enseñanza STEAM, mientras que Ortiz-Revilla ha investigado la formación de docentes y cómo adaptar el enfoque STEAM a diferentes realidades educativas. Esta variedad temática demuestra que STEAM es un campo que se está abordando desde múltiples perspectivas, lo cual es esencial para su consolidación global.⁽³²⁾ La presencia de autores como Chu⁽³³⁾ y Quigley^(34,35), también sugiere que existe una fuerte red de colaboración entre investigadores de diferentes países y disciplinas. Estas redes son fundamentales para avanzar en la investigación sobre STEAM, permitiendo la comparación de resultados y la adaptación de las metodologías a contextos específicos.⁽³⁶⁾

A manera de síntesis, se destaca a investigadores clave en el campo STEAM, autores como Herro^(28,29,30), Greca⁽³¹⁾ y Lavicza⁽³⁷⁾, han sido fundamentales para establecer las bases teóricas y metodológicas del enfoque STEAM; mientras que otros, como Aguilera^(38,39,40), están contribuyendo a su implementación práctica en entornos educativos diversos.

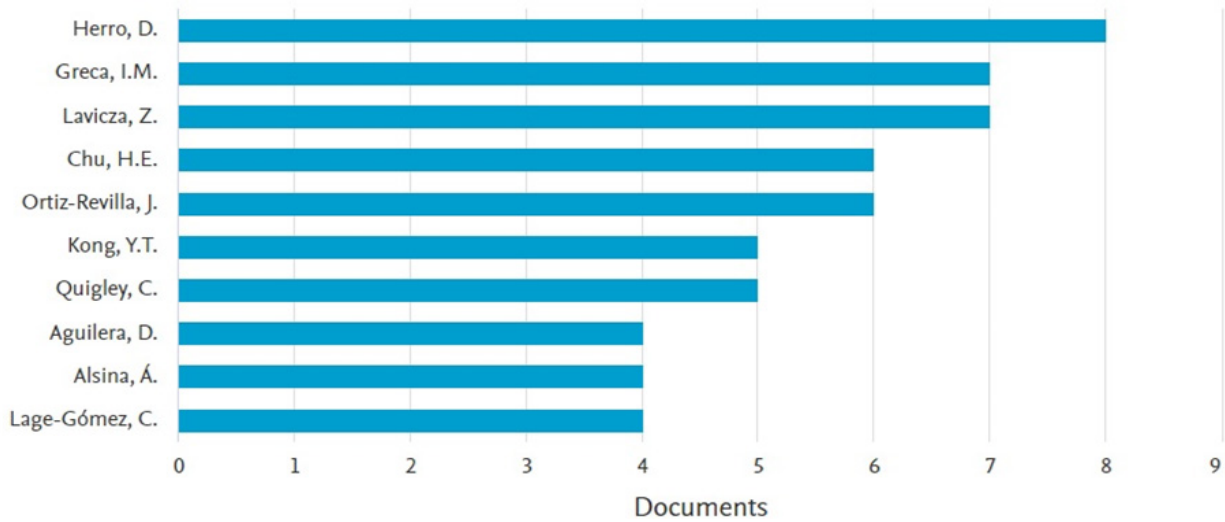


Figura 5. Documentos por autor publicados en Scopus alrededor del enfoque STEAM

Análisis de Redes y Visualización de Datos

Avanzado en el análisis de la producción académica alrededor del enfoque educativo STEAM reportada en la base de datos Scopus se recurre al software VOSviewer como herramientas de visualización de mapas de redes, diagramas de co-ocurrencia y gráficos que representen las relaciones entre autores, países, o palabras clave.

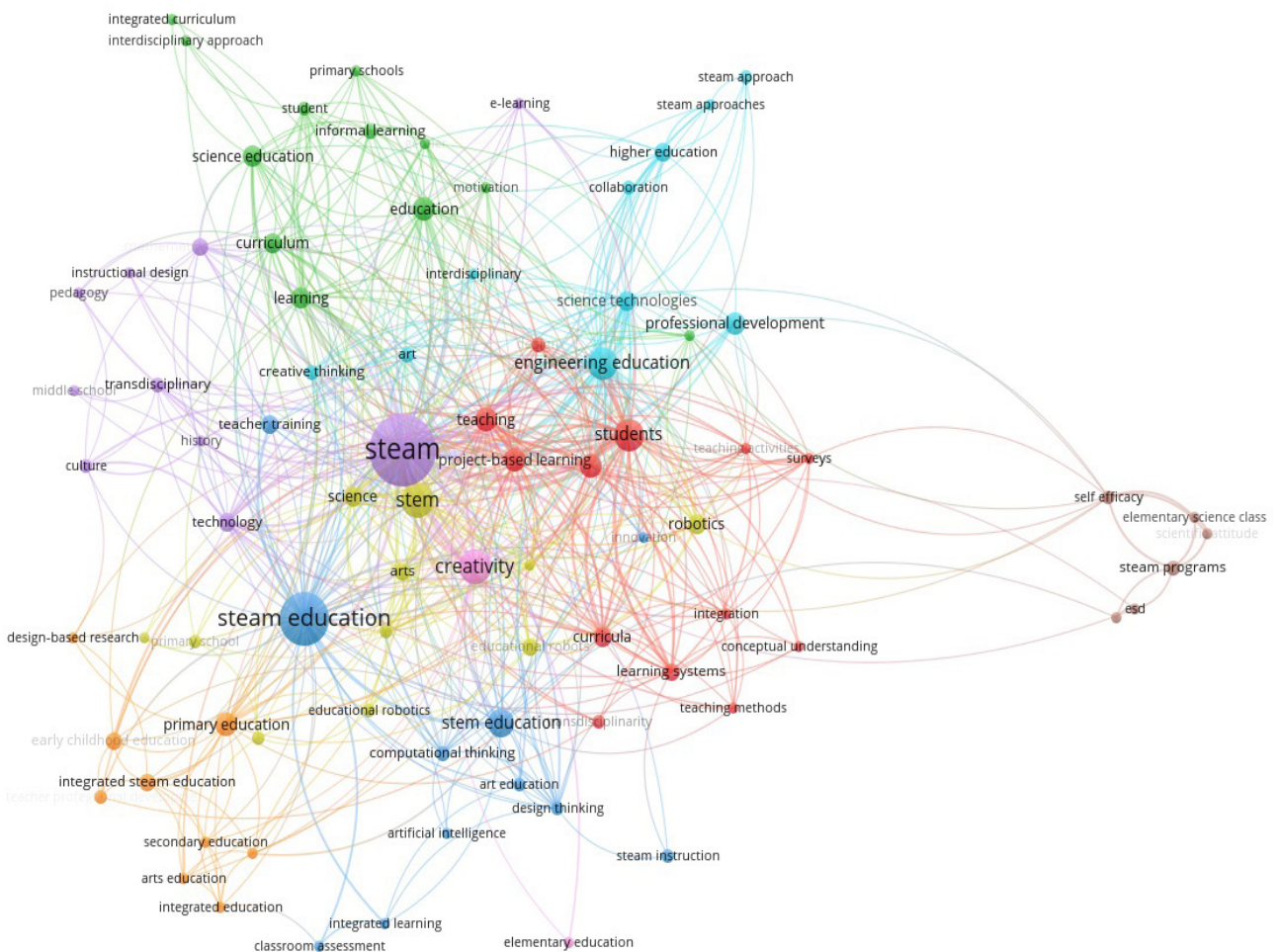


Figura 6. Análisis de co-ocurrencia de palabras clave alrededor del enfoque STEAM de los 263 documentos publicados en Scopus

A través de la herramienta VOSviewer se consideran las 931 palabras claves que reportan los 263 artículos extraídos de Scopus, definiendo mínimo 3 ocurrencias de cada palabra clave lo que genera 84 nodos, los cuales a su vez se agrupan en 9 clúster identificados con colores diferentes. A continuación, se realiza un análisis detallado de las redes que se generan al interior de cada clúster en función de las palabras vinculantes.

Clúster 1. El análisis de la figura revela una estructura clara de relaciones entre conceptos clave dentro del enfoque educativo STEAM. Se observa que términos como STEAM education, students, creativity y project-based learning actúan como nodos centrales, lo cual refleja la importancia de estos conceptos en la investigación educativa contemporánea. Estos términos destacan por su alta conectividad con otras ideas como engineering education, design e integration, mostrando cómo el enfoque STEAM no solo busca integrar disciplinas, sino también promover metodologías activas centradas en el estudiante, tales como el aprendizaje basado en proyectos. Este enfoque fomenta competencias críticas en los estudiantes, alineando sus experiencias de aprendizaje con las demandas del mundo real, una de las premisas más relevantes del modelo STEAM al promover la solución de problemas complejos mediante la combinación de ciencia, tecnología, arte y creatividad. Adicionalmente, las palabras clave que están en este clúster se tiene que incluye conceptos esenciales como teaching methods, transdisciplinarity, curricula y learning systems, que refuerzan la importancia de diseñar sistemas educativos integrados y flexibles dentro del enfoque STEAM. La presencia de términos como conceptual understanding e integration sugiere que las investigaciones en este ámbito priorizan la comprensión profunda de los conceptos a través de la integración disciplinar, un pilar del enfoque STEAM. Esto es especialmente relevante en el enfoque educativo STEAM, donde la transdisciplinariedad y la incorporación de múltiples métodos de enseñanza juegan un papel fundamental en la creación de entornos de aprendizaje dinámicos y significativos. En conjunto, estos conceptos refuerzan la visión de un modelo educativo que no solo promueve la innovación pedagógica a través de la interconexión disciplinar, sino que también se adapta a las necesidades cambiantes de los estudiantes y la sociedad, integrando habilidades críticas para el siglo XXI como la creatividad, el pensamiento crítico y la colaboración.

Clúster 2. En este clúster muestra un enfoque educativo centrado en el concepto de education dentro del contexto STEAM, destacando la relación estrecha entre este término y otros conceptos clave como curriculum, learning, science education e informal learning. En la figura, el concepto de education aparece como un nodo central, conectando diversas áreas que forman la base de la integración curricular y pedagógica dentro de STEAM. La presencia de términos como integrated curriculum e interdisciplinary approach refuerza la idea de que la educación STEAM busca romper las barreras tradicionales entre disciplinas, promoviendo un aprendizaje más holístico y contextualizado que se adapte a las necesidades contemporáneas tanto en la educación formal como en la informal. Esta perspectiva se complementa al incluir elementos como self-efficacy, motivation y primary schools, lo cual sugiere que las investigaciones actuales en educación STEAM prestan especial atención al desarrollo de la confianza en los estudiantes y a su motivación intrínseca desde edades tempranas. La combinación de enfoques interdisciplinarios con estrategias que promuevan la autoeficacia y el aprendizaje significativo resulta clave para potenciar las competencias del siglo XXI. En conjunto, estas relaciones resaltan cómo la educación STEAM no solo se enfoca en la integración de conocimientos, sino también en la creación de experiencias de aprendizaje que fomenten el desarrollo personal y la adaptación de los estudiantes a contextos diversos y cambiantes.

Clúster 3. El análisis de este clúster revela una interconexión entre conceptos clave que resaltan la naturaleza innovadora y multidisciplinaria del enfoque educativo STEAM. Los términos STEAM education, computational thinking, design thinking e integrated learning se destacan como componentes esenciales dentro del modelo, indicando un fuerte énfasis en la integración de la tecnología y el pensamiento crítico en las prácticas educativas. Estos conceptos no solo están interrelacionados con la teacher training y la innovation, sino que también muestran una clara afinidad con artificial intelligence y classroom assessment, sugiriendo que el enfoque STEAM promueve metodologías de enseñanza que combinan la creatividad, el análisis de datos y la inteligencia artificial para diseñar experiencias de aprendizaje significativas y adaptadas a las necesidades del siglo XXI. Además, la figura refleja cómo art education y design thinking se alinean con la educación STEAM para fomentar un aprendizaje más completo y profundo, en el que el arte se utiliza no solo como una herramienta creativa, sino como un motor para la innovación y el desarrollo de habilidades de resolución de problemas. La conexión entre STEAM instruction y computational thinking refuerza la idea de que estas metodologías se integran para preparar a los estudiantes en áreas clave como la programación, el diseño y la resolución de problemas complejos. En conjunto, los elementos mostrados en este cluster sugieren que el enfoque STEAM está diseñado para ser flexible y adaptable, combinando arte, ciencia y tecnología en un marco educativo que prioriza tanto el desarrollo de competencias técnicas como la creatividad y la innovación en la enseñanza.

Clúster 4. El análisis al interior de este clúster muestra un enfoque integrado del modelo educativo STEAM, donde conceptos como educational robotics, project-based learning, engineering y mathematics se conectan de manera prominente. Esto sugiere que la robótica y el aprendizaje basado en proyectos son componentes esenciales en la implementación efectiva de STEAM, especialmente en áreas como la ingeniería y las

matemáticas. La presencia de términos como *early childhood* y *primary school* resalta la importancia de iniciar este enfoque desde las primeras etapas educativas, permitiendo que los estudiantes desarrollen habilidades técnicas y creativas desde una edad temprana. La interrelación de arts con science y STEM demuestra cómo el enfoque STEAM busca equilibrar la enseñanza de las ciencias y la tecnología con la creatividad y la expresión artística. De la figura se evidencia cómo STEAM education actúa como un nodo central, conectando directamente con términos como robotics, science y creativity. Esta conexión refuerza la idea de que STEAM no solo integra diversas disciplinas, sino que también prioriza métodos de enseñanza innovadores como la robótica educativa y el aprendizaje basado en proyectos. Estos métodos promueven un aprendizaje activo y colaborativo que está alineado con las necesidades tecnológicas y sociales actuales. La inclusión de arts en el cluster también subraya la relevancia de un enfoque que no se limita a las ciencias duras, sino que integra aspectos creativos y artísticos para desarrollar competencias holísticas en los estudiantes.

Clúster 5. El análisis de este clúster revela un enfoque en la integración de la pedagogía y el diseño instruccional con elementos de tecnología y cultura dentro del modelo educativo STEAM. Conceptos como e-learning, instructional design y transdisciplinary se presentan como fundamentales en este cluster, lo que indica una tendencia hacia la incorporación de enfoques pedagógicos que trascienden las disciplinas tradicionales y se apoyan en herramientas digitales. Este enfoque es especialmente relevante en niveles educativos como la middle school, donde la enseñanza requiere ser flexible y adaptativa para fomentar tanto el aprendizaje contextualizado como la comprensión profunda de conceptos en un ambiente digital y tecnológico. Además, la figura global muestra que STEAM education se conecta con conceptos clave como technology, pedagogy y mathematics education. La inclusión de culture e history dentro del cluster sugiere que la educación STEAM busca no solo enseñar habilidades técnicas, sino también proporcionar un contexto cultural e histórico que enriquezca el aprendizaje y lo haga más significativo. Estas relaciones resaltan la necesidad de un enfoque educativo transdisciplinario que incorpore tanto la tecnología como la historia y la cultura, integrando múltiples perspectivas para preparar a los estudiantes para los desafíos complejos del mundo actual.

Clúster 6. El análisis revela una fuerte conexión entre conceptos como art, collaboration, interdisciplinary, y creative thinking en el enfoque educativo STEAM. Estos términos resaltan la importancia de integrar el arte y la creatividad en la enseñanza de disciplinas técnicas como la ingeniería y las ciencias, promoviendo un aprendizaje colaborativo y multidisciplinario. Además, higher education y professional development se destacan como elementos clave, lo que sugiere que la implementación del enfoque STEAM en niveles avanzados de educación y la capacitación docente son áreas prioritarias para asegurar la efectividad de esta metodología. Estas conexiones no solo fortalecen la enseñanza técnica, sino que también potencian la formación de competencias creativas y colaborativas necesarias en entornos educativos contemporáneos. La figura global subraya la relevancia de términos como science technologies, engineering education y STEAM approach en la configuración de modelos educativos que integran de manera efectiva múltiples disciplinas. Estas conexiones reflejan un enfoque en el desarrollo de metodologías pedagógicas que combinan tecnología, arte y ciencia, con un énfasis en la creatividad y el pensamiento crítico. La presencia de interdisciplinary y collaboration como conceptos centrales sugiere que el enfoque STEAM busca romper las barreras tradicionales entre disciplinas, permitiendo un aprendizaje más holístico y relevante para los estudiantes en un contexto global. En conjunto, estos elementos demuestran cómo el enfoque STEAM está diseñado para preparar a los estudiantes para un mundo interconectado y en constante evolución, donde la capacidad de trabajar en equipo y pensar de manera creativa es fundamental.

Clúster 7. El análisis del cluster resalta la relación entre conceptos clave como arts education, design-based research, integrated education y teacher professional development dentro del enfoque educativo STEAM. Este cluster se enfoca en la educación integrada y el desarrollo profesional docente, enfatizando la necesidad de investigaciones basadas en el diseño para optimizar la implementación del enfoque STEAM. La presencia de términos como early childhood education, primary education y secondary education muestra la importancia de iniciar la integración de STEAM desde las primeras etapas del sistema educativo, asegurando una continuidad en la formación de los estudiantes que abarca desde la educación infantil hasta la secundaria. En la figura global, se observa que integrated STEAM education y systematic review están conectados con áreas clave como la educación primaria y la formación profesional docente, lo que sugiere que la investigación educativa actual se centra en desarrollar y validar enfoques pedagógicos que puedan aplicarse de manera efectiva en diferentes contextos educativos. Este enfoque integrado permite no solo la transferencia de conocimientos técnicos y artísticos, sino también la formación de docentes capaces de implementar metodologías STEAM con un enfoque en la creatividad y la innovación. Estas conexiones reflejan una tendencia hacia la construcción de modelos educativos que no solo son interdisciplinarios, sino también sostenibles y escalables a través de diversas etapas del proceso educativo.

Clúster 8. El análisis destaca la relación entre conceptos como self-efficacy, scientific attitude, elementary science class y STEAM programs; centrándose en la integración de programas STEAM en la educación primaria y secundaria, con un enfoque especial en cómo desarrollar la autoeficacia y una actitud científica en los

estudiantes. La conexión entre estos conceptos refleja la importancia de implementar programas que no solo enseñen conocimientos científicos, sino que también fortalezcan la confianza de los estudiantes en sus propias capacidades para aplicar esos conocimientos de manera práctica y efectiva. La presencia de Educación para el Desarrollo Sostenible - ESD en el cluster sugiere una tendencia hacia la incorporación de principios de sostenibilidad en los programas STEAM, alineando la educación científica con los desafíos globales contemporáneos. Aunque este cluster es relativamente pequeño en comparación con otros y se reporta aislado de los demás, sus componentes están estrechamente conectados, indicando una alta afinidad entre los conceptos. La relación entre self-efficacy, scientific attitude y elementary science class resalta la importancia de fomentar habilidades científicas desde etapas tempranas, preparándolas para desafíos más avanzados en la educación secundaria y superior. Al mismo tiempo, STEAM programs se posiciona como un núcleo integrador que conecta el aprendizaje científico con el desarrollo de competencias actitudinales y de autoeficacia, elementos críticos para el éxito de los estudiantes en un contexto educativo cada vez más enfocado en la interdisciplinariedad y la solución de problemas reales. Estos vínculos muestran que los programas STEAM deben ser diseñados no solo para transmitir conocimientos, sino también para moldear actitudes y creencias positivas hacia la ciencia y la tecnología desde edades tempranas.

Clúster 9. Este clúster está compuesto por los términos *creativity* y *elementary education*, destaca la relevancia de integrar la creatividad en la educación primaria dentro del enfoque STEAM. La relación entre estos conceptos sugiere que, desde una etapa temprana, la educación debe priorizar el desarrollo del pensamiento creativo como parte esencial de la formación integral de los estudiantes. En el contexto STEAM, la creatividad no solo es un complemento, sino una competencia fundamental para la innovación y la resolución de problemas. Este cluster resalta la importancia de iniciar a los estudiantes en un proceso educativo que promueva tanto las habilidades técnicas como el pensamiento divergente, especialmente en la educación elemental. Adicionalmente, se observa cómo *creativity* se conecta fuertemente con otros términos como *STEAM education*, *project-based learning* y *arts*, reforzando la noción de que la creatividad es un componente central en la metodología STEAM. Esta conexión también muestra que, al fomentar la creatividad desde la educación primaria, se sientan las bases para un aprendizaje más profundo y significativo en etapas posteriores. En conjunto, estas relaciones destacan un enfoque educativo que no solo busca la integración disciplinaria, sino también la estimulación de la imaginación y la creatividad desde una edad temprana, preparando a los estudiantes para enfrentar retos complejos con una mentalidad flexible y orientada a la innovación.

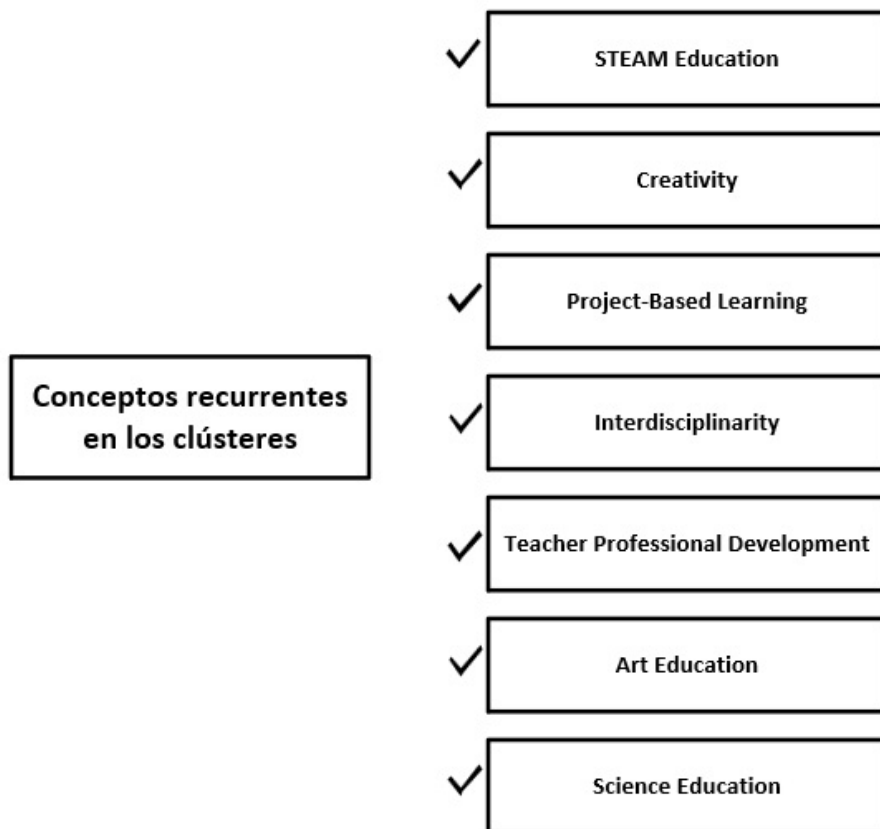


Figura 7. Conceptos recurrentes en los clústeres generados desde VOSviewer a partir del análisis de co-ocurrencia de palabras clave alrededor del enfoque STEAM

Como se puede evidenciar en los clúster identificados (ver figura 7) y descritos anteriormente, hay conceptos presentes en varios de ellos los cuales se han organizado de forma prioritaria tal como se resalta a continuación:

- *STEAM Education*. Este concepto aparece como eje central en los clústeres 1, 3, 4, 5, y 6, destacando la relevancia de este enfoque interdisciplinario en múltiples contextos educativos, desde la integración de disciplinas hasta la implementación de metodologías activas.
- *Creativity*. La creatividad es un concepto recurrente en los clústeres 1, 3, 4, 6, y 9, lo que subraya su importancia como competencia clave en la educación STEAM, conectando las ciencias y la tecnología con la expresión artística y la innovación.
- *Project-Based Learning*. Presente en los clústeres 1, 4, y 9, este término se asocia estrechamente con la pedagogía activa y centrada en el estudiante, lo que refuerza su rol en la preparación de los estudiantes para enfrentar desafíos del mundo real.
- *Interdisciplinarity*. Este concepto aparece en los clústeres 1, 2, 5, y 6, reflejando el carácter integrador y flexible del enfoque STEAM, que promueve la conexión de múltiples disciplinas para una comprensión más profunda y contextualizada.
- *Teacher Professional Development*. Aparece en los clústeres 3 y 7, resaltando la necesidad de formar docentes capaces de implementar metodologías STEAM con enfoques innovadores y adaptados a las demandas del siglo XXI.
- *Arts Education*. Aparece en los clústeres 3, 4, y 7, evidenciando la importancia de incluir el arte como componente fundamental en la integración de disciplinas en STEAM.
- *Science Education*. Este concepto se encuentra en los clústeres 2, 4, y 8, destacando su rol central en la enseñanza de las ciencias dentro del marco STEAM, desde la educación elemental hasta la secundaria.

Análisis de los resúmenes obtenidos de Scopus

A partir del análisis de las 263 investigaciones filtradas y reportadas en los antecedentes identificados en Scopus con las características de la búsqueda definidas, se pueden identificar cinco categorías que reflejan aspectos fundamentales y actuales en la educación (ver Figura 8), particularmente en la necesidad de preparar a los estudiantes para un mundo interconectado y en constante cambio. Las tendencias investigativas identificadas no solo impulsan el desarrollo académico, sino que también promueven una educación más inclusiva y equitativa.

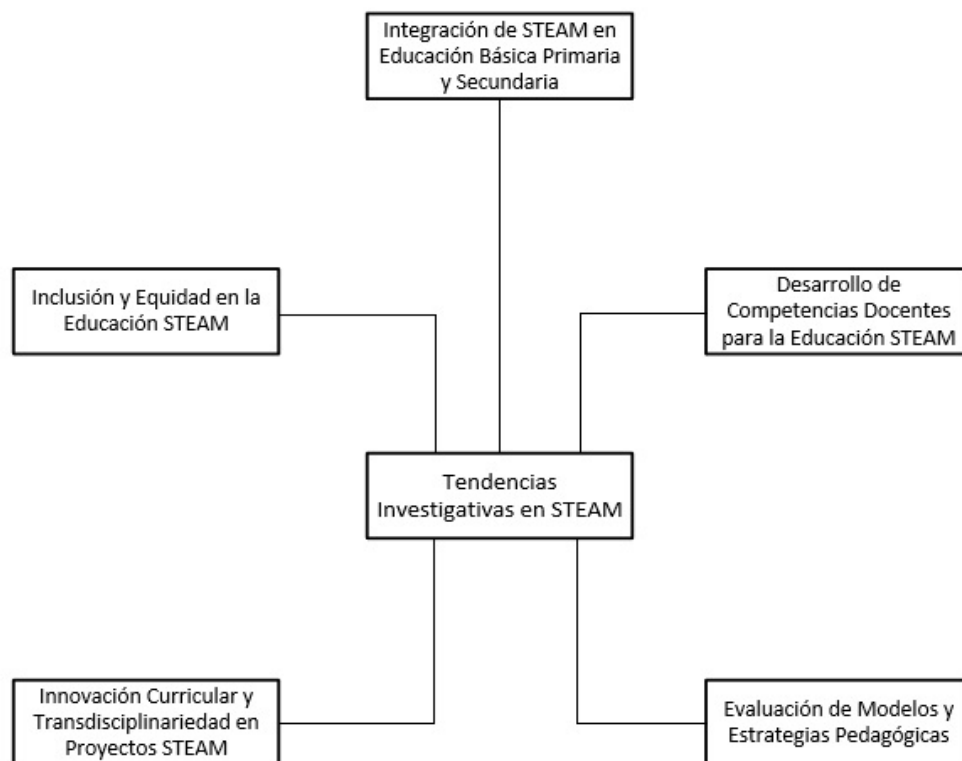


Figura 8. Tendencias investigativas a partir de los antecedentes obtenidos en Scopus alrededor del enfoque STEAM

Integración de STEAM en Educación Básica Primaria y Secundaria

Muchas investigaciones abordan la incorporación de STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y

Matemáticas) en contextos de educación primaria y secundaria. Autores Significativos: El Bedewy, Lavicza, Sabitzer, Chappell, Hetherington, Martins, Baptista, Fernández, Checa-Romero, Aguilera y Lupiáñez-Gómez. Esta categoría es fundamental ya que se enfoca en la implementación práctica de enfoques STEAM en etapas críticas de la educación básica, promoviendo un aprendizaje más holístico y conectado con la realidad. Además, permite a los estudiantes desarrollar competencias transversales como el pensamiento crítico, la colaboración entre ellos y la resolución de problemas desde una edad temprana, lo cual es vital en el mundo contemporáneo, integrando disciplinas que van desde la ingeniería hasta las artes.

Desarrollo de Competencias Docentes para la Educación STEAM

Un área central es la formación y capacitación de docentes para implementar metodologías STEAM. Autores Significativos como DeLuca, Dubek, Rickey, Hsu, Chang, Camacho-Tamayo, Bernal-Ballen, Chansaengsee, Mang, Chu y Martin. La formación docente en STEAM es clave para asegurar la correcta implementación y efectividad de estas metodologías. Los estudios en esta área exploran cómo los docentes pueden adquirir habilidades pedagógicas para integrar múltiples disciplinas de manera efectiva, garantizando que la enseñanza sea innovadora y adaptada a las demandas del siglo XXI. Aquí, las investigaciones analizan las percepciones y necesidades de los docentes, así como las estrategias para mejorar su preparación en un entorno educativo en constante evolución.

Evaluación de Modelos y Estrategias Pedagógicas en STEAM

Otro grupo importante de investigaciones se centra en la evaluación y validación de modelos pedagógicos que integran STEAM, analizando su impacto en el desarrollo de competencias específicas como el pensamiento computacional y la alfabetización científica. Se destacan los trabajos de autores como: Lage-Gómez, Chatelain, Cremades-Andreu, Sari, Çevik, Çevik., Houghton, Lavicza, Diego-Mantecón, Leavy, Dick, Martins y Baptista. La evaluación de los modelos pedagógicos que integran STEAM es crucial para validar su impacto real en el desarrollo de competencias específicas en los estudiantes. Esta categoría de investigación proporciona evidencias sobre la efectividad de las metodologías aplicadas y ofrece guías para mejorar la enseñanza en diferentes contextos educativos.

Innovación Curricular y Transdisciplinariedad en Proyectos STEAM

Esta tendencia explora la integración de múltiples disciplinas de manera profunda, promoviendo la enseñanza transdisciplinaria en proyectos educativos. Se destacan los trabajos de autores como Sun, Ni., Lin, Aguilera, García-Yeguas, Perales-Palacios, Saputra, Satriawan, Hermanto, Spyropoulou, Kameas, Del Moral, Neira-Piñeiro y Castañeda. La integración de disciplinas diversas en proyectos curriculares es vital para desarrollar una educación que refleje la complejidad de los problemas contemporáneos. Los estudios en esta área destacan cómo la combinación de ciencia, la historia, la cultura, el arte y la tecnología puede generar experiencias de aprendizaje significativas, fomentando la creatividad y la innovación en los estudiantes.

Inclusión y Equidad en la Educación STEAM

Investigaciones como las realizadas por autores como: Muzakkir, Zulnaidi, Abd, El Bedewy, Lavicza, Lyublinskaya, Videla Ravanal, Aros, Ibacache, Ortiz-Revilla, Ruiz-Martín, Greca, Herrero y Recio; abordan cómo la educación STEAM puede ser adaptada para contextos inclusivos, considerando estudiantes con necesidades especiales y promoviendo la equidad en el acceso a estas metodologías. La inclusión es un componente central en la educación moderna. Estas investigaciones abordan cómo STEAM puede ser adaptado para contextos inclusivos, asegurando que estudiantes con diversas capacidades y contextos socioeconómicos puedan acceder y beneficiarse de estos enfoques. La equidad en el acceso es clave para reducir brechas educativas y promover la justicia social. abordan cómo la educación STEAM puede ser adaptada para contextos inclusivos, considerando estudiantes con necesidades especiales y promoviendo la equidad en el acceso a estas metodologías.

CONCLUSIONES

En cuanto a las áreas temáticas más estudiadas, la investigación sobre STEAM se centra predominantemente en la educación primaria y secundaria, con un énfasis particular en cómo la integración de las artes puede potenciar el aprendizaje en ciencias y tecnología. Estudios recientes también han explorado el impacto de STEAM en la formación de docentes y su efectividad para promover habilidades del siglo XXI, como la creatividad, el pensamiento crítico y la resolución de problemas. Según un análisis bibliométrico publicado en *Journal of Science Education and Technology* del año 2022, estas áreas representan un 60 % de los estudios realizados en los últimos cinco años.

Respecto a los países líderes en producción científica, Estados Unidos y Corea del Sur destacan como los mayores productores de investigación sobre STEAM, seguidos por China, España y el Reino Unido. Un informe del *Scimago Journal Rank* del año 2023 muestra que Estados Unidos lidera con más del 35 % de las publicaciones

globales en este campo, debido a una mayor inversión en investigación educativa y la adopción temprana de políticas que promueven la integración de STEAM en los currículos escolares.

En términos de revistas de mayor impacto, títulos como *International Journal of STEM Education* y *Journal of Science Education and Technology* se encuentran entre las publicaciones más influyentes, con un alto índice de citación y una fuerte presencia en las bases de datos académicas como Scopus y Web of Science. Estas revistas han sido clave en la difusión de investigaciones sobre la implementación de STEAM en diversos contextos educativos y han permitido consolidar las redes de colaboración entre investigadores.

Finalmente, en cuanto a los autores más influyentes y sus redes de colaboración, nombres como Herro, Quiley, Lavicza, Ortiz-Revilla., Mark, Gura y Yonghoon Lee destacan por su contribución a la conceptualización y difusión de prácticas STEAM en la educación. Estos autores no solo lideran en producción científica, sino que también son fundamentales en la creación de redes globales de colaboración académica. De acuerdo con un estudio de *Research in Science Education* del año 2021, los investigadores clave en este campo tienden a estar concentrados en instituciones de alto prestigio, lo que facilita el establecimiento de colaboraciones internacionales y la diseminación de sus hallazgos a través de conferencias y seminarios de alcance global.

Los análisis de los clústeres generado por medio de la herramienta VOSviewer muestran que estos no son disyuntos, sino que están fuertemente interconectados a través de conceptos clave que actúan como pilares dentro del enfoque educativo STEAM. Términos como STEAM education, creativity, project-based learning, interdisciplinarity, y teacher professional development son transversales y aparecen en múltiples clústeres, lo que indica que estos elementos son fundamentales y compartidos en la investigación y práctica de la educación STEAM. Este solapamiento demuestra que, aunque los clústeres abordan diferentes aspectos y niveles del enfoque educativo, están unidos por principios comunes que buscan una educación holística, innovadora y adaptativa. La interdisciplinaria, la creatividad y la formación integral del docente son ejes centrales que conectan las diferentes áreas de estudio, reforzando la idea de un modelo educativo que no solo integra conocimientos técnicos, sino que también fomenta habilidades críticas, creativas y colaborativas para enfrentar los desafíos de un mundo en constante cambio.

En resumen, la revisión bibliométrica de la literatura sobre STEAM en la base de datos Scopus entre 2010 y 2024 permite trazar un panorama amplio y detallado del desarrollo y la implementación de este enfoque educativo. A través del análisis de clústeres de afinidad y la identificación de tendencias clave, se obtienen insights valiosos para mejorar la integración de STEAM en los sistemas educativos, así como para orientar futuras investigaciones hacia áreas emergentes. La justificación de esta revisión se fundamenta en la necesidad de consolidar el conocimiento existente sobre STEAM y proporcionar herramientas para la toma de decisiones fundamentadas en evidencia, contribuyendo al fortalecimiento de la educación STEAM en el siglo XXI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Datos y hechos sobre la transformación digital. Santiago: CEPAL; 2011.
2. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Informe de seguimiento de la educación en el mundo, 2020, América Latina y el Caribe: inclusión y educación: todos y todas sin excepción. París: UNESCO; 2020.
3. Euroinnova Business School SL Blog. Retos de la educación actual. 2024 -. <https://www.euroinnova.com/blog/retos-de-la-educacion-actual>
4. Cabrera R. Blog. 10 retos de la educación actual. 2023. <https://www.rededuca.net/blog/actualidad-educativa/10-retos-de-la-educacion-actual>
5. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Global education monitoring report, 2021/2: non-state actors in education: who chooses? who loses? París: UNESCO; 2021.
6. BancoMundial. Docentes exitosos, alumnos exitosos: Reclutamiento y apoyo de la profesión más importante para la sociedad. 2021. <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/3689db0f9e93723505d32abf81d7d311-0200022023/original/SuccessfulTeachers-esp.pdf>
7. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. Panorama de la educación. Madrid: Instituto Nacional de Evaluación Educativa; 2021.
8. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2022). Panorama Social de América Latina y el Caribe 2022: la transformación de la educación como base para el desarrollo sostenible. Santiago: CEPAL; 2022.

9. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Blog. La inclusión en la educación. 2021. <https://www.unesco.org/es/education/inclusion>
10. Banco Mundial. Inclusión de las personas con discapacidad en América Latina y el Caribe:Un camino hacia el desarrollo sostenible. Washington: Grupo Banco Mundial; 2021.
11. Ministerio de Educación Nacional. El ideal educativo del nuevo siglo. Altablero, 2009;(52). <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-209856.html>
12. Banco Interamericano de Desarrollo. Apoyo para Asegurar la Sostenibilidad del Programa de Mejoramiento de la Calidad Educativa (EQIP): Desarrollo de una Escuela STEAM. Belice: BID; 2018.
13. Ferrada C, Díaz-Levicoy D, Salgado-Orellana N, Puraivan E. Análisis bibliométrico sobre educación STEM. Revista Espacios. 2019;40(8):2. <http://www.revistaespacios.com/a19v40n08/19400802.html>
14. Tapullima-Mori C, Pizzán-Tomanguillo S, Pizzán-Tomanguillo N, Gómez L, Vásquez M, Iñipe M. Una revisión bibliométrica del enfoque STEAM en educación universitaria 2010-2022. Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria. 2024;18(1):e1790. <https://doi.org/10.19083/ridu.2024.1790>
15. Santillán-Aguirre JP, Jaramillo-Moyano EM, Santos-Poveda RD, Cadena-Vaca VC. STEAM como metodología activa de aprendizaje en la educación superior. Polo Conocimiento. 2020;5(8):467-492. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i8.1599>
16. Roh J, Jang S, Kim S, Cho H, Kim J. Steam Trap Maintenance-Prioritizing Model Based on Big Data. ACS Omega. 2021;6(6):4408-4416. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c05784>
17. Kim S. El metaverso. Un viaje hacia la tierra digital. Madrid: Anaya Multimedia; 2022.
18. Azcaray J K. Metodología para integrar el diseño en un proceso curricular STEAM a través del uso de las nuevas tecnologías creativas [tesis]. Lorena: Universitat Politècnica de València; 2019. <https://riunet.upv.es/handle/10251/125704>
19. Fonseca F, García-Holgado A, García-Peñalvo FJ, Jurado E, Olivella R, Amo D, Maffeo G, Yigit O, Keskin Y, Sevinç G, Quass K, Hofmann C. CreaSTEAM. Hacia la mejora de brechas en diversidad mediante la recopilación de proyectos, buenas prácticas y espacios STEAM. VI Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Cooperación, 20-22 de octubre de 2021; Madrid, España: Universidad Zaragoza; 2021. <https://doi.org/10.26754/CINAIC.2021.0007>
20. Yakman G. STΣ@M education: an overview of creating a model of integrative education. ITEA Annual Conference, 2008; Salt Lake City: Estados Unidos; 2008.
21. Yakman G, Lee H. Exploring the exemplary steam education in the U.S. as a practical educational framework for Korea. Journal of The Korean Association For Science Education. 2012;32(6):1072-1086. <https://doi.org/10.14697/jkase.2012.32.6.1072>
22. Zhou C, Li Y. The Focus and Trend of STEM Education Research in China—Visual Analysis Based on CiteSpace. Open Journal of Social Sciences. 2021;9:168-180. <https://doi.org/10.4236/jss.2021.97011>
23. García-Holgado A, García-Peñalvo FJ. A Model for Bridging the Gender Gap in STEM in Higher Education Institutions.Women in STEM in Higher Education. Good Practices of Attraction, Access and Retainment in Higher Education. Singapore: Springer; 2022. págs.1-19. https://doi.org/10.1007/978-981-19-1552-9_1
24. Jantakun K, Jantakoon T, Laoha R. STEAM Learning Environment on Gamification System to Promote Innovators: A Bibliometric Analysis and Systematic Review. International Education Studies. 2024;17(3):62-74. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1428730>
25. Celis DA, González RA. Aporte de la metodología Steam en los procesos curriculares. Boletín Redipe. 2021;10(8):279-302. <https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/1405>

26. Kim M. Early Childhood Teachers' Core Competency in the era of Artificial Intelligence. *Korean Journal of Teacher Education*. 2022;38(5):27-49. <https://doi.org/10.14333/kjte.2022.38.5.02>
27. Henriksen D, Creely E, Henderson M. Folk Pedagogies for Teacher Transitions: Approaches to Synchronous Online Learning in the Wake of COVID-19. *Journal of Technology and Teacher Education*, 2020;28(2):201-209. <https://www.learntechlib.org/primary/p/216179/>
28. Herro D, Quigley C. Exploring teachers' perceptions of STEAM teaching through professional development: implications for teacher educators. *Professional Development in Education*. 2017;43(3):416-438, <https://doi.org/10.1080/19415257.2016.1205507>
29. Herro D, Quigley C, Cian H. The challenges of STEAM instruction. Lessons from the field, *Action in Teacher Education*. 2019;41(2):172-190. <https://doi.org/10.1080/01626620.2018.1551159>
30. Herro D, Quigley C, Andrews J, Delacruz G. Co-measure: Developing an assessment for student collaboration in STEAM activities. *International Journal of STEM Education*. 2017;4(1):2-12. <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0094-z>
31. Greca IM, Ortíz-Revilla J, Arriasecq I. Diseño y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje STEAM para Educación Primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 2020;18(1):1802. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1802
32. Dignam C, Taylor D. Beyond the Acronym: Entwining STEAM Education, Self-Regulation, and Mindfulness. *Journal of STEAM Education*. 2024;7(2):159-190. <https://doi.org/10.55290/steam.1473884>
33. Chu HE, Martin SN, Park JA. Theoretical Framework for Developing an Intercultural STEAM Program for Australian and Korean Students to Enhance Science Teaching and Learning. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 2019;17:1251-1266. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9922-y>
34. Quigley CF, Herro D. Finding the joy in the unknown: Implementation of STEAM teaching practices in middle school science and math classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 2016;25(3):410-426. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9602-z>
35. Quigley C, Herro D, King E, Plank H. STEAM designed and enacted: understanding the process of design and implementation of STEAM curriculum in an elementary school. *Journal of Science Education and Technology*. 2020;29(4):499-518. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09832-w>
36. Chien-Liang L, ChunYen T. The Effect of a Pedagogical STEAM Model on Students' Project Competence and Learning Motivation. *Journal of Science Education and Technology*. 2021;30:112-124. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09885-x>
37. El Bedewy SE, Lavicza Z. STEAM + X - Extending the transdisciplinary of STEAM-based educational approaches: A theoretical contribution. *Thinking Skills and Creativity*. 2023;48:101299. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101299>
38. Aguilera D, Lupiáñez JL, Vílchez-González JM, Perales-Palacios FJ. In search of a long-awaited consensus on disciplinary integration in stem education. *Mathematics*. 2021;9(6):597. <https://doi.org/10.3390/math9060597>
39. Aguilera D, Lupiáñez JL, Vílchez-González JM, Perales-Palacios FJ. In search of a long-awaited consensus for STEM education: A framework proposal. *Topics in Science Education*; New York: Nova Science Publishers; 2021. págs. 101-136.
40. Aguilera D, Ortiz-Revilla J. Stem vs. Steam education and student creativity: A systematic literature Review. *Education Sciences*. 2021;11(7):331. <https://doi.org/10.3390/educsci11070331>

FINANCIACIÓN

Ninguna.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Raúl Prada Núñez, Mariana Elena Peñaloza Tarazona, Javier Rodríguez Moreno.

Curación de datos: Raúl Prada Núñez, Mariana Elena Peñaloza Tarazona, Javier Rodríguez Moreno.

Análisis formal: Raúl Prada Núñez, Mariana Elena Peñaloza Tarazona, Javier Rodríguez Moreno.

Investigación: Cesar Augusto Hernández Suárez, Juan Diego Hernández Albarracín, Javier Rodríguez Moreno.

Metodología: Raúl Prada Núñez, Mariana Elena Peñaloza Tarazona, Javier Rodríguez Moreno.

Administración del proyecto: Raúl Prada Núñez.

Software: Raúl Prada Núñez.

Supervisión: Mariana Elena Peñaloza Tarazona, Javier Rodríguez Moreno.

Validación: Mariana Elena Peñaloza Tarazona, Javier Rodríguez Moreno.

Visualización: Mariana Elena Peñaloza Tarazona, Javier Rodríguez Moreno.

Redacción - borrador original: Raúl Prada Núñez, Mariana Elena Peñaloza Tarazona, Javier Rodríguez Moreno.

Redacción - revisión y edición: Raúl Prada Núñez, Mariana Elena Peñaloza Tarazona, Javier Rodríguez Moreno.