

Análisis de la producción científica en educación STEAM: una revisión desde la base de datos web of science.

Analysis of the scientific production in STEAM education: a review from the web of science database.

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

¹Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta - Colombia

²Universidad Simón Bolívar, Cúcuta – Colombia

³Universidad de Jaén, Jaén - España

ORCID: ¹[0000-0001-6145-1786](https://orcid.org/0000-0001-6145-1786), ²[0000-0002-3863-0580](https://orcid.org/0000-0002-3863-0580), ³[0000-0002-5890-3654](https://orcid.org/0000-0002-5890-3654)

Recibido: 17 de abril de 2024.

Aceptado: 16 de agosto de 2024.

Publicado: 01 de septiembre de 2024.

Resumen- Esta revisión bibliométrica de 223 artículos sobre el enfoque educativo STEAM, extraídos de la base de datos WoS, muestra comportamientos diversos a lo largo de la ventana de observación, con lo que demuestra que el enfoque educativo STEAM ha evolucionado en respuesta a la creciente demanda de habilidades interdisciplinarias y creativas, especialmente impulsado por la pandemia de COVID-19, que reforzó la necesidad de estrategias pedagógicas innovadoras. Se identifican como principales hallazgos el predominio de la investigación empírica por encima de cualquier otra opción de publicación académica. A nivel de autores se resaltan los aportes de Lavicza y Quigley, y las investigaciones han despertado el interés en todos los continentes, pero se destaca Estados Unidos y España como los pioneros en las publicaciones en esta base de datos alrededor del enfoque educativo STEAM. Las principales tendencias investigativas se concentran alrededor de un conjunto de áreas que reflejan un interés creciente en aplicar STEAM para desarrollar habilidades críticas y técnicas en los estudiantes, donde las metodologías y tecnologías emergentes, junto con la creatividad y la integración transdisciplinar se convierten en los pilares sobre los cuales se garantiza el éxito de este enfoque educativo en diversos contextos educativos.

Palabras clave: análisis bibliométrico, tendencias investigativas alrededor de STEAM, enfoque educativo STEAM, base de datos WoS.

Abstract— This bibliometric review of 223 articles on the STEAM educational approach, extracted from the WoS database, shows diverse behaviours across the observation window, demonstrating that the STEAM educational approach has evolved in response to the growing demand for interdisciplinary and creative skills, especially driven by the COVID-19 pandemic, which reinforced the need for innovative pedagogical strategies. The main findings are identified as the predominance of empirical research over any other academic publishing option. At the level of authors, the contributions of Lavicza and Quigley stand out, and the research has aroused interest in all continents, but the United States and Spain stand out as the pioneers in publications in this database on the STEAM educational approach. The main research trends are concentrated around a set of areas that reflect a growing interest in applying STEAM to develop critical and technical skills in students, where emerging methodologies and technologies, together with creativity and transdisciplinary integration become the pillars on which the success of this educational approach is guaranteed in diverse educational contexts.

Keywords: bibliometric analysis, STEAM research trends, STEAM educational approach, WoS database.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: raulprada@ufps.edu.co (Raúl Prada Núñez).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad de Santander.

Este es un artículo bajo la licencia CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Como citar este artículo: R. Prada-Núñez, M. E. Peñaloza-Tarazona y F. J. Rodríguez-Moreno, "Análisis de la producción científica en educación STEAM: una revisión desde la base de datos web of science", *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, vol. 12, no. 3, pp. 214-227 2024, doi: [10.15649/2346030X.4414](https://doi.org/10.15649/2346030X.4414)

I. INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de transformación digital y desafíos globales, el enfoque educativo STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) se presenta como una solución clave para preparar a los estudiantes frente a las demandas del mercado laboral futuro. Este enfoque integra disciplinas que tradicionalmente se han enseñado de manera aislada, promoviendo una educación más interdisciplinaria. STEAM no solo fomenta habilidades técnicas en áreas como ciencia y tecnología, sino también competencias transversales como la creatividad, el pensamiento crítico y la resolución de problemas, habilidades esenciales en un entorno laboral en constante evolución, haciendo que los estudiantes sean más versátiles ante la presencia de profesiones emergentes.

En la última década, diversas organizaciones internacionales han resaltado la relevancia de las competencias STEAM en el proceso educativo; pero para la correcta implementación del enfoque educativo STEAM se requiere el uso de metodologías activas dado que no solo motivan a los estudiantes, sino que también les permite aplicar lo aprendido en situaciones del mundo real; que junto con el uso de tecnologías que hagan el aprendizaje más participativo, luego herramientas como la robótica educativa y el aprendizaje basado en proyectos fomentan la creatividad, la autonomía y el trabajo en equipo, las cuales son consideradas como las competencias clave para el siglo XXI, con lo que se logra involucrar a los estudiantes de manera significativa. Estas estrategias permiten a los estudiantes aplicar los conocimientos teóricos en situaciones prácticas, mejorando la retención del aprendizaje y el desarrollo de competencias transferibles.

La flexibilidad del enfoque STEAM permite a los estudiantes enfrentar desafíos complejos de manera interdisciplinaria, combinando conocimientos técnicos y creativos, con lo que impulsa a los estudiantes a desarrollar soluciones innovadoras en colaboración, un aspecto crucial en un mundo donde las habilidades transversales son esenciales. Este análisis bibliométrico, a partir de la base de datos Web of Science (WoS), busca evaluar la producción científica relacionada con el enfoque educativo STEAM entre 2010 y 2024, con lo que se espera identificar las tendencias más relevantes en la investigación de STEAM, los autores e instituciones influyentes, y las competencias clave para su implementación, proporcionando así una base sólida para futuras investigaciones en este campo.

II. MARCO TEÓRICO

La preparación para el futuro laboral exige un enfoque educativo que desarrolle competencias versátiles y adaptativas, especialmente en un mundo donde las profesiones emergentes están cada vez más vinculadas a las áreas STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas, por sus siglas en inglés). En una economía basada en el conocimiento, las habilidades relacionadas con estas cinco disciplinas no solo son fundamentales para acceder a los empleos mejor remunerados, sino que también permiten a los individuos adaptarse a un entorno laboral en constante evolución [1]. Dado que muchas de las profesiones a las que se dedicarán los estudiantes aún no existen, resulta crucial que adquieran habilidades transferibles, como el pensamiento crítico, la resolución creativa de problemas y la capacidad de innovar, lo que les permitirá enfrentarse a los retos del futuro con mayor flexibilidad y éxito, tal como lo refieren Segovia et al. “en un mundo donde la información fluye de manera constante y la toma de decisiones influye en todos los aspectos de nuestras vidas, el pensamiento crítico se ha convertido en una habilidad esencial” [2](p. 6453).

En este sentido, el Foro Económico Mundial ha publicado informes que destacan la importancia de las competencias STEAM para enfrentar el futuro laboral. Según el informe *The Future of Jobs Report 2020*, muchas de las profesiones del futuro aún no existen, y las habilidades necesarias para esos empleos estarán centradas en la resolución de problemas, pensamiento crítico y la innovación [3]. Siguiendo esta misma línea argumentativa, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico – OCDE subraya en su informe *Skills for 2030* la necesidad de formar a los estudiantes en habilidades transferibles para que puedan adaptarse a los cambios constantes en el mercado laboral y desarrollarse en un entorno global competitivo [4].

En su informe *Education for the 21st Century: Creative and Critical Thinking*, UNESCO enfatiza que la educación para el siglo XXI debe incorporar tanto las habilidades científicas y tecnológicas como las artísticas para preparar a los estudiantes a enfrentar los desafíos globales; por lo que el enfoque educativo STEAM integra creatividad con ciencia y tecnología, formando estudiantes más completos y mejor preparados para el futuro [5].

Al respecto, la National Science Foundation (NSF) de Estados Unidos destaca en múltiples investigaciones el valor de integrar las artes en las disciplinas STEM para mejorar la creatividad y la capacidad de innovación. Estudios han demostrado que la incorporación del arte en el currículum STEM (transformándolo en STEAM) potencia la capacidad de los estudiantes para resolver problemas de manera creativa y multidisciplinaria [6].

Como se ha mencionado, este enfoque educativo ha demostrado ser una herramienta poderosa para el desarrollo de habilidades clave en los estudiantes, las cuales que han sido reconocidas por varios autores como las competencias para el siglo XXI, dentro de las que se destacan el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la creatividad y el trabajo en equipo [7], [8]. Al integrar las cinco disciplinas del acrónimo, STEAM promueve una educación más holística que prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos complejos del mundo moderno. Este enfoque fomenta una mentalidad interdisciplinaria que mejora la capacidad de los estudiantes para analizar situaciones desde múltiples perspectivas y generar soluciones innovadoras [9]. Adicionalmente, este enfoque educativo se apoya en la implementación de metodologías activas que transforman la manera en que los estudiantes aprenden, permitiéndoles involucrarse de manera más directa y significativa en su proceso educativo [10].

Ruiz [11] resalta que una de las ventajas del enfoque STEAM es su capacidad para incorporar metodologías empíricas y tecnológicas que facilitan el aprendizaje mediante la observación y la experimentación con problemas del mundo real. Por su parte, en Cavus et al. [12] y Vega [13] se reconoce que estrategias como la gamificación, el uso de la robótica, y el trabajo por proyectos permiten a los estudiantes aplicar los conocimientos teóricos en contextos prácticos y relevantes, mejorando así la retención del aprendizaje y el desarrollo de competencias transferibles. La robótica educativa, por ejemplo, ha sido ampliamente utilizada en el enfoque STEAM para enseñar conceptos de ingeniería y programación de una manera atractiva y accesible, promoviendo simultáneamente el pensamiento crítico y la resolución de problemas [14].

Por su parte, en Santillán-Aguirre et al. [15] se reconoce que, al integrar la tecnología y las metodologías activas dentro de este enfoque educativo, no solo hace que el aprendizaje sea más dinámico y participativo, sino que también prepara a los estudiantes para una realidad laboral donde las competencias tecnológicas y colaborativas son esenciales. Las metodologías activas no solo motivan a los estudiantes a involucrarse vivamente en su proceso de aprendizaje, sino que también les brindan la oportunidad de aplicar los conocimientos teóricos en situaciones prácticas, lo que potencia su comprensión y retención. Al respecto de las metodologías activas, López-Noguero [16] afirma que “son un proceso interactivo basado en la comunicación profesor-estudiante, estudiante-estudiante, estudiante-material didáctico y estudiante-medio que potencia la implicación responsable de este último y conlleva la satisfacción y enriquecimiento de docentes y estudiantes” (p. 471). Estudios como los de Carmona et al. [17] o el de Capraro et al. [18] indican que el aprendizaje basado en proyectos, es una herramienta valiosa dentro del enfoque STEAM, dado que fomenta una mayor autonomía y colaboración entre los estudiantes, al mismo tiempo que potencia habilidades como la creatividad y la resolución de problemas complejos.

Con respecto a las potencialidades de este enfoque educativo, parafraseando a Quigley et al. [19], al integrar estas cinco disciplinas dentro de una misma estrategia pedagógica se promueve una mentalidad interdisciplinaria que mejora la capacidad de los estudiantes para enfrentar desafíos complejos en el mundo real, puesto que impulsa a los estudiantes a dar valor a lo que aprenden. Para Yakman & Lee [20] y Beers [21], al abordar problemas mediante la combinación de conocimientos técnicos y creativos, los estudiantes son impulsados a desarrollar soluciones innovadoras, fundadas en la colaboración y la interactividad, preparando a los estudiantes a participar en un entorno laboral donde las habilidades transversales y el trabajo en equipo son esenciales para el éxito.

Una de las principales ventajas de conectar las disciplinas STEAM con situaciones concretas es la mejora en la retención y comprensión de los conceptos. En este sentido, Li [22] indica que cuando los estudiantes pueden relacionar lo que aprenden con aplicaciones prácticas, su motivación y compromiso aumentan, lo que a su vez mejora la calidad de su aprendizaje. En lugar de enfocarse únicamente en la memorización de hechos, este enfoque educativo promueve la exploración empírica, la experimentación y el análisis crítico de datos en escenarios del mundo real. Este proceso ayuda a los estudiantes a internalizar los conceptos de manera más efectiva, lo que facilita su capacidad para recordar y aplicar lo aprendido en situaciones similares fuera del entorno académico, asegurando que no solo comprendan los conceptos en un nivel abstracto, sino que también puedan utilizar esos conocimientos para desarrollar soluciones innovadoras y adaptativas en contextos reales [23].

Como se ha venido resaltando, este enfoque pedagógico representa una renovación significativa en el campo educativo al romper con las limitaciones del modelo tradicional, centrado en la memorización y la segmentación de conocimientos [24]. Este modelo integrador combina disciplinas que tradicionalmente se han enseñado por separado, promoviendo una experiencia de aprendizaje más práctica y holística. Al integrar estas cinco disciplinas, STEAM transforma las aulas convencionales en espacios dinámicos donde los estudiantes no solo reciben información, sino que la aplican de manera directa en proyectos y desafíos que simulan situaciones del mundo real [25].

Otra característica representativa del enfoque STEAM es la incorporación del juego y la creatividad como herramientas pedagógicas para incentivar las capacidades cognitivas de los estudiantes. Según estudios recientes, el juego en entornos educativos, cuando se aplica de forma estructurada y orientada a objetivos específicos, mejora la participación y la motivación de los estudiantes, facilitando la comprensión y la retención de los contenidos [26]. Además, esta metodología lúdica fomenta un ambiente de aprendizaje colaborativo donde los estudiantes pueden explorar soluciones creativas y compartir ideas, lo que refuerza su capacidad de trabajar en equipo y tomar decisiones informadas.

La educación STEAM también responde a la creciente necesidad de alfabetización digital y a la preparación de los estudiantes para los avances tecnológicos. En un mundo donde la tecnología avanza a un ritmo acelerado, es crucial que los sistemas educativos adapten sus métodos para garantizar que los estudiantes estén equipados con las competencias digitales necesarias. STEAM aborda esta necesidad al integrar herramientas tecnológicas y enfoques pedagógicos que preparan a los estudiantes para un entorno laboral cada vez más digitalizado. Li & Schoenfeld [27] resaltan que la incorporación de elementos como la programación, la robótica y el diseño digital en el currículo fomenta no solo habilidades técnicas, sino también una mentalidad flexible y adaptable, crucial para enfrentar los cambios tecnológicos venideros. De esta forma, STEAM no solo moderniza la educación, sino que la alinea con las demandas de la sociedad contemporánea.

Como ya se resalta en párrafos anteriores, la creciente importancia del enfoque educativo STEAM se refleja en un número cada vez mayor de investigaciones que abordan este enfoque desde múltiples perspectivas, que parten desde la implementación pedagógica hasta su impacto en el desarrollo de competencias transversales. Sin embargo, para poder generar un conocimiento sólido y fundamentado sobre STEAM, es esencial recurrir a fuentes de información válidas y reconocidas globalmente, como es el caso de la base de datos Web of Science – WoS.

Al respecto, la base de datos WoS se ha consolidado como una herramienta esencial para la revisión de antecedentes investigativos en el ámbito académico, especialmente en investigaciones a nivel doctoral que demanda de fuentes serias, con referentes sólidos de calidad académica reconocida alrededor del tema de interés del investigador. WoS se caracteriza por su amplia cobertura multidisciplinaria y la rigurosa indexación de revistas científicas de alto impacto, lo que permite a los investigadores acceder a una fuente confiable y exhaustiva de literatura académica. Esto es crucial para establecer un marco teórico robusto, identificar vacíos en el conocimiento existente y asegurar que la investigación doctoral esté fundamentada en los estudios más recientes y relevantes. Para el caso de esta intención investigativa se reconoce que la capacidad de rastrear citas y evaluar el impacto de publicaciones anteriores en WoS facilita una comprensión profunda de la evolución del enfoque educativo STEAM, lo que permite a los investigadores situar sus aportes en el contexto adecuado dentro del panorama científico global.

Para garantizar la calidad académica de esta revisión bibliográfica, este artículo se construye a partir de la colección de documentos reportados en la base de datos WoS, siguiendo el objetivo de analizar la producción científica relacionada con el enfoque educativo STEAM en la base de datos WoS durante el periodo 2010-2024, para lo cual se emplean técnicas avanzadas de análisis bibliométrico con lo que se desea identificar las principales tendencias en la investigación sobre STEAM, incluyendo los temas más estudiados, las metodologías pedagógicas más comunes, las competencias clave asociadas a este enfoque, la identificación de redes de colaboración entre autores, al tiempo que se identificarán las instituciones y países que han contribuido significativamente al desarrollo de este enfoque educativo, lo que facilitará la evaluación de la evolución temporal de la investigación en este campo, destacando los períodos de mayor crecimiento en la producción científica y las áreas emergentes que requieren mayor atención. Se pretende obtener una clasificación de los clusters de afinidad en torno a términos clave relacionados con STEAM, utilizando VOSviewer como herramienta para mapear las relaciones entre conceptos y detectar patrones relevantes,

contribuyendo así al conocimiento sobre las competencias necesarias para la implementación exitosa de STEAM en diferentes niveles educativos.

III. METODOLOGÍA O PROCEDIMIENTOS

Este documento ofrece los resultados derivados de la revisión bibliométrica de la producción científica relacionada con el enfoque educativo STEAM en la base de datos WoS durante la ventana de observación comprendida entre 2010-2024, considerando la información registrada en la Tabla 1 como los parámetros iniciales de búsqueda.

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 Astronomy, Computer Science, Mathematics, Social Sciences, Art and Humanities, Multidisciplinary, Agricultural and Biological Sciences
Tipo de Documento	Article, Review
Idioma	English
Tipo de Fuente	Journal

Fuente: Elaboración propia.

Este análisis bibliométrico se concentra únicamente en los resultados obtenidos de la base de datos WoS, con lo que se espera reportar antecedentes de calidad y con rigurosidad académica e investigativa dado el prestigio de esta base de datos, pero esta concentración de los resultados se convierte a su vez en una limitación puesto que no se consideraron resultados de otras bases de datos de uso académico como el caso de Scopus, lo cual estaría llevando a la omisión de investigaciones relevantes que no están indexadas en WoS en áreas emergentes o en revistas menos conocidas [28]. Otra limitación relevante se asocia con el sesgo asociado con la representación geográfica, dado que un alto porcentaje de las publicaciones de WoS provienen de países con sistemas de investigación más desarrollados como Estados Unidos y Europa [29]. Adicionalmente, al depender solo de esta base de datos, se podría perder diversidad temática que se agudiza con los términos específicos utilizados como criterios de búsqueda [29]. Además, la selección de un rango temporal específico puede afectar la identificación de tendencias, ya que algunos temas pueden haber comenzado a emerger antes de ser capturados en WoS. Esto puede dar una visión distorsionada de la evolución del enfoque STEAM en la educación.

El alcance de un análisis bibliométrico utilizando solo WoS es robusto en términos de calidad y profundidad de la investigación identificada, especialmente en áreas consolidadas del enfoque STEAM. Sin embargo, se ve limitado en su capacidad para ofrecer una visión completa y diversa del campo. 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 de resaltar que este informe investigativo se concentró alrededor de la literatura académica y científica, excluyendo aquellos informes de otra naturaleza. A pesar de estas limitaciones, el análisis bibliométrico realizado aporta información valiosa para comprender el estado de la investigación en STEAM, lo que permite identificar líneas futuras de investigación alrededor de la correcta implementación de este enfoque educativo.

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.

Tabla 2: Trazabilidad de la búsqueda realizada en Scopus.

Orden	Características de la búsqueda	Total de resultados
1	Condiciones referidas en la Tabla 1	27810
2	Se excluyen de las áreas de interés: Chemical Engineering, Chemistry	13465
3	Se excluyen de las áreas de interés: Agricultural and Biological Sciences	9769
4	Se filtra por países que concentran el mayor número de publicaciones	4812
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	223

Fuente: Elaboración propia.

IV. RESULTADOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

A partir de los 223 artículos identificados por afinidad con la investigación, se reporta a continuación una serie de descriptivos que permiten evaluar la producción científica en torno al enfoque educativo STEAM.

a. Caracterización generada por WoS

La Figura 1 muestra el número de publicaciones relacionadas con el enfoque educativo STEAM en la base de datos Web of Science (WoS) entre los años 2013 y 2024. A partir del análisis de las tendencias, se podrían definir cuatro intervalos de tiempo:

a) *Entre 2015 y 2017 hay un crecimiento inicial.* Es de resaltar que las publicaciones seleccionadas en esta base de datos inician a partir de 2015 y hasta 2017, observando un aumento gradual en el número de publicaciones, lo que indica un interés emergente en el enfoque STEAM en la comunidad académica. Este crecimiento puede estar relacionado con la creciente conciencia de la importancia de integrar disciplinas como la ciencia, la tecnología, la ingeniería, las artes y las matemáticas para abordar los desafíos educativos contemporáneos, demostrando ser crucial

para preparar a los estudiantes para un mundo que exige habilidades interdisciplinarias y pensamiento crítico. En su estudio Beers [10] destaca la importancia de crear entornos de aprendizaje que fusionen estas disciplinas para desarrollar competencias relevantes en los estudiantes.

b) *Entre 2018 y 2020 se caracteriza por la fluctuación y la consolidación.* Aunque hay una ligera disminución en 2018, el número de publicaciones vuelve a crecer en 2019 y 2020, lo que sugiere que el enfoque STEAM se está consolidando como un campo de estudio importante. Esto refleja la adopción creciente de estrategias pedagógicas STEAM en diversos contextos educativos, apoyada por investigaciones que subrayan la efectividad de STEAM para fomentar habilidades críticas y creativas en los estudiantes. Al respecto de este aspecto, Henriksen et al. [30] en su análisis, discuten cómo STEAM, como un enfoque educativo emergente, no solo mejora el conocimiento técnico, sino que también promueve la creatividad y la innovación, habilidades esenciales en el siglo XXI.

c) *Entre 2021 y 2023 se destaca una expansión significativa.* Este período muestra un incremento considerable en el número de publicaciones, alcanzando un pico en 2022. Este auge puede estar asociado con la respuesta educativa a los desafíos planteados por la pandemia de COVID-19, donde se ha visto la necesidad de enfoques educativos innovadores como STEAM para mantener el compromiso y el aprendizaje efectivo de los estudiantes en entornos híbridos y virtuales. El artículo de Liao [31] examina cómo la pandemia aceleró la adopción de pedagogías STEAM, con un énfasis en la necesidad de enfoques interdisciplinarios que puedan adaptarse a las necesidades de aprendizaje remoto y presencial.

d) *En lo corrido del 2024 se observa una disminución en el número de publicaciones.* Sin embargo, esta disminución podría ser temporal o parcial debido a la falta de recopilación completa de datos para el año en curso. Es posible que la publicación de investigaciones esté en proceso y que el número final de publicaciones para 2024 aún no refleje la totalidad de la producción académica. Holmlid & Blomkvist [32] señalan que, aunque los datos de publicaciones pueden mostrar fluctuaciones, estas a menudo reflejan ciclos de revisión y publicación, y no necesariamente una disminución en el interés o la relevancia del tema.

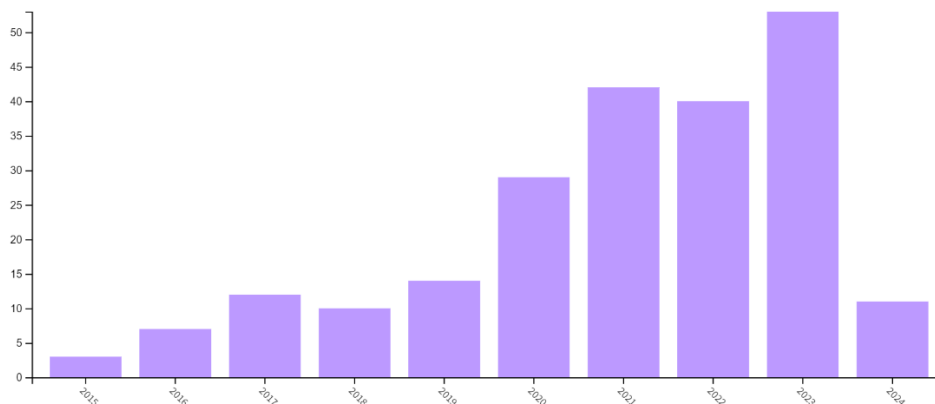


Figura 1: Línea de tiempo de la cantidad de documentos publicados en WoS.
Fuente: Elaboración propia.

A través de la Figura 2 se ilustra la tipología de documentos publicados sobre el enfoque educativo STEAM en la base de datos WoS, identificando en él las siguientes tendencias:

a) *Predominio de Artículos de Investigación (Articles).* Aproximadamente el 91% de las publicaciones en STEAM son artículos de investigación, como se muestra en la barra correspondiente, superando ampliamente a las demás categorías documentales. Esto indica que la investigación empírica y la producción de nuevo conocimiento en el campo de STEAM están en el centro de la actividad académica. Este predominio es coherente con la naturaleza emergente y en constante evolución de STEAM, donde la generación de datos y la validación empírica son fundamentales para avanzar en el entendimiento del enfoque y su aplicación en diversos contextos educativos. Para Henriksen et al. [30] destacan cómo STEAM, en su etapa emergente, ha generado una gran cantidad de investigaciones empíricas para validar su aplicación en diferentes contextos educativos, lo que justifica el predominio de artículos de investigación.

b) *Publicaciones de Artículos de Revisión (Review Articles):* Los artículos de revisión concentran aproximadamente el 9% de la producción alrededor del tema en estudio en esta base de datos, lo que sugiere un esfuerzo significativo por parte de la comunidad académica para sintetizar y consolidar la literatura existente. Los artículos de revisión son cruciales para mapear el estado del arte, identificar brechas en la investigación y proponer direcciones futuras. Para Li et al. [14] en su revisión sobre las tendencias en la investigación educativa, subrayan la importancia de los artículos de revisión como herramientas para consolidar el conocimiento y guiar futuras investigaciones en campos interdisciplinarios como STEAM, por lo que la presencia de un número considerable de revisiones indica que el campo de STEAM ha alcanzado un nivel de madurez donde la evaluación crítica de la literatura es necesaria para orientar la investigación futura.

c) *Bajo Número de Capítulos de Libro (Book Chapters) y Papers de Conferencias (Proceeding Papers):* La baja cantidad de capítulos de libro y papers de conferencias (4% y 1% respectivamente) sugiere que, aunque estos tipos de publicaciones también contribuyen al desarrollo del campo, no son la principal vía de difusión del conocimiento en STEAM. Adams et al. [33] señalan que la producción de capítulos de libro es más común en áreas donde se busca una reflexión teórica profunda, lo que puede explicar su menor representación en un campo tan práctico y aplicado como STEAM; luego la escasa representación de estos tipos de documentos podría indicar que el enfoque STEAM, aunque relevante, está siendo abordado principalmente desde la perspectiva de la investigación empírica y directa.

d) *Acceso Anticipado (Early Access):* La presencia de publicaciones en la categoría de acceso anticipado (4% aproximadamente) refleja la naturaleza dinámica del campo de STEAM, donde los investigadores buscan difundir rápidamente sus hallazgos. Esta práctica es cada vez más común en disciplinas en rápido desarrollo, permitiendo a la comunidad científica acceder a los resultados de manera más inmediata y adaptarse rápidamente a las nuevas tendencias [34].

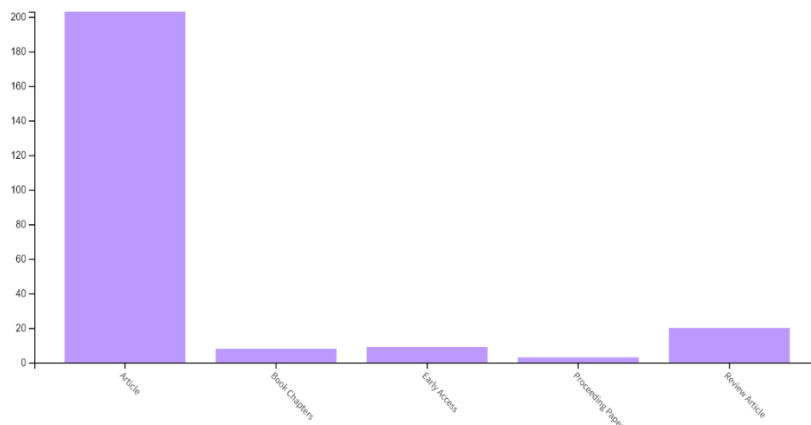


Figura 2: Tipología de los documentos publicados en WoS.
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 3 se resaltan los autores más destacados en el ámbito del enfoque educativo STEAM en la base de datos WoS, subrayando la influencia de ciertos autores en el campo de STEAM, reflejando tanto la diversidad como la profundidad de la investigación en esta área. Los autores destacados han hecho contribuciones importantes que han moldeado la dirección de la educación STEAM, explorando desde la integración tecnológica hasta la equidad educativa. Estas contribuciones son vitales para el crecimiento continuo del enfoque STEAM, ayudando a establecer prácticas efectivas y accesibles para todos los estudiantes. Es de resaltar diversos aspectos de algunos de estos autores, por ejemplo:

a) Zsolt Lavicza (8 publicaciones): Es el autor más destacado en esta gráfica. Su posición prominente sugiere que ha sido un contribuyente significativo al desarrollo y la difusión del enfoque STEAM. Lavicza ha trabajado extensamente en la integración de tecnologías en la educación STEAM, explorando cómo las herramientas digitales pueden enriquecer el aprendizaje en estas disciplinas [35]. Su investigación ha tenido un impacto considerable, ayudando a definir prácticas pedagógicas que combinan la tecnología con el currículo STEAM.

b) Cassie F. Quigley, Jairo Ortiz-Revilla, y Danielle Herro (5 publicaciones cada uno): Estos tres autores son también figuras destacadas en la investigación sobre STEAM. Cassie F. Quigley ha investigado cómo los enfoques STEAM pueden ser utilizados para promover la equidad en la educación, enfocándose en estrategias para hacer que la educación STEAM sea más accesible a diversos grupos de estudiantes [19]. Jairo Ortiz-Revilla ha contribuido al estudio de la implementación de STEAM en diferentes contextos educativos, enfatizando la importancia de un enfoque integrado para el desarrollo de competencias clave en estudiantes [36]. Danielle Herro, por su parte, ha explorado la intersección entre STEAM y la creatividad, destacando cómo los enfoques interdisciplinarios pueden fomentar un pensamiento innovador en los estudiantes [37].

c) Yves Kreis, Hannu Salmi, Ángel Alsina (3 publicaciones cada uno): Estos autores también han hecho contribuciones notables al campo, por ejemplo, Hannu Salmi ha investigado la enseñanza STEAM en entornos informales como museos de ciencia, subrayando cómo estos espacios pueden complementar la educación formal y proporcionar experiencias de aprendizaje ricas y diversas [38]. Yves Kreis y Ángel Alsina han trabajado en la integración de STEAM en los currículos escolares, abordando tanto los desafíos como las oportunidades que este enfoque presenta para el desarrollo curricular.

d) Li Kam Cheong y María-Esther Martínez-Figueira (2 publicaciones cada uno): Aunque con menos publicaciones, estos autores han hecho contribuciones específicas en áreas como la educación en línea para STEAM y la evaluación de competencias STEAM en diversos contextos educativos, reflejando la diversidad de enfoques dentro del campo.



Figura 3: Autores destacados en los documentos publicados en WoS.
Fuente: Elaboración propia.

Por medio de la Figura 4 se puede visualizar la distribución de los documentos seleccionados en función de las categorías definidas por WoS para esta revisión bibliométrica. La gráfica revela que la mayor parte de la investigación sobre STEAM se concentra en la educación y la investigación educativa, con una atención significativa en cómo las disciplinas científicas y ambientales pueden ser integradas en el currículo. Las categorías reflejan la naturaleza multidisciplinaria del enfoque STEAM, que abarca desde la educación en ciencias y tecnología hasta la inclusión de las artes y la sostenibilidad. Estas tendencias indican un creciente reconocimiento de la importancia de preparar a los estudiantes para enfrentar desafíos complejos a través de un enfoque educativo que sea tanto interdisciplinario como inclusivo. A nivel particular es de resaltar que:

a) *Educación e Investigación Educativa (Education Educational Research)* - 172 documentos: Esta es la categoría más prominente, indicando que la mayoría de las investigaciones sobre STEAM están centradas en cómo este enfoque se implementa y evalúa en contextos educativos. La fuerte presencia de esta categoría resalta la importancia del enfoque STEAM en la innovación pedagógica y en la mejora de las prácticas educativas, buscando preparar a los estudiantes para los desafíos multidisciplinares del futuro. Henriksen et al. [30] destacan cómo STEAM se ha convertido en un enfoque crucial para la innovación educativa, especialmente al combinar disciplinas científicas y artísticas para desarrollar un pensamiento más holístico en los estudiantes. La investigación en esta categoría también aborda cómo STEAM puede ser integrado en los currículos escolares y su impacto en el aprendizaje de los estudiantes.

b) *Disciplinas Científicas en Educación (Education Scientific Disciplines)* - 40 documentos: Esta categoría sugiere un enfoque más específico en la integración de disciplinas científicas dentro del marco educativo STEAM. La investigación aquí se enfoca en cómo la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM) pueden ser enseñadas de manera más efectiva, a menudo integrando las artes (la "A" en STEAM) para fomentar la creatividad y la innovación en la enseñanza de estas disciplinas. Al respecto en el estudio de Li et al. [14] se resalta la importancia de la integración de disciplinas científicas en la educación, señalando que la inclusión de las artes puede potenciar el aprendizaje en STEM, haciéndolo más accesible y atractivo para una mayor diversidad de estudiantes.

c) *Ciencias Ambientales (Environmental Sciences)* - 11 documentos: Esta categoría indica un interés en cómo STEAM puede aplicarse a la educación ambiental. Las ciencias ambientales, siendo inherentemente interdisciplinarias, se benefician del enfoque STEAM al permitir a los estudiantes abordar problemas complejos como el cambio climático y la sostenibilidad desde múltiples perspectivas [39]. Esto también subraya la relevancia de la educación ambiental en el marco de STEAM, al preparar a los estudiantes para ser ciudadanos responsables y conscientes de los desafíos globales.

d) *Ciencia Verde y Sostenible y Tecnología (Green Sustainable Science Technology)* - 10 documentos: Esta categoría refleja investigaciones que se centran en la intersección entre STEAM y la sostenibilidad. Aquí, los estudios exploran cómo las tecnologías verdes y sostenibles pueden ser enseñadas y promovidas a través del enfoque STEAM, proporcionando a los estudiantes las herramientas necesarias para innovar en áreas como la energía renovable y la reducción de desechos. En este aspecto, Klein [40] analiza cómo las tecnologías sostenibles pueden ser integradas en la educación STEAM, preparando a los estudiantes para innovar en áreas críticas como la sostenibilidad y la protección ambiental.

e) *Estudios Ambientales y Humanidades Multidisciplinares (Environmental Studies, Humanities Multidisciplinary)* - 9 y 5 documentos respectivamente: La inclusión de estas categorías indica un enfoque en la integración de aspectos humanísticos y medioambientales dentro de STEAM. Los estudios ambientales, probablemente abordan la enseñanza de la sostenibilidad desde una perspectiva interdisciplinaria; mientras que las humanidades multidisciplinares, sugieren un interés en cómo las artes y las ciencias sociales pueden enriquecer la educación STEAM al incluir consideraciones éticas, culturales y sociales.

f) *Ingeniería Multidisciplinaria y Arte (Engineering Multidisciplinary, Art)* - 9 y 4 documentos respectivamente: La ingeniería multidisciplinaria destaca la importancia de integrar múltiples disciplinas de la ingeniería en la educación STEAM, promoviendo un enfoque holístico en la solución de problemas técnicos y creativos. Por su parte el arte, reafirma la inclusión de las artes en STEAM, lo cual es crucial para fomentar la creatividad y la innovación en la educación científica y tecnológica [30].



Figura 4: Categorías en las que se ubican los documentos publicados en WoS.
Fuente: Elaboración propia.

Por medio de la Figura 5 se puede evidenciar que la investigación sobre STEAM tiene una fuerte presencia global, con Estados Unidos y España liderando la producción académica en esta área. También muestra que países de Asia y Oceanía, como Taiwán, Corea del Sur, Australia, y China, están haciendo contribuciones significativas, impulsados por políticas educativas que promueven la innovación y la integración de disciplinas. Esta distribución geográfica subraya la creciente importancia del enfoque STEAM en la educación global, reflejando un compromiso compartido por mejorar la preparación de los estudiantes para los desafíos del futuro. Es de resaltar que:

a) *Estados Unidos* con 49 publicaciones refleja su papel dominante en la investigación y desarrollo de enfoques educativos innovadores como STEAM, dado que las instituciones estadounidenses han sido pioneras en la implementación de este enfoque, lo que ha generado una abundancia de investigaciones y estudios de caso provenientes de este país. Esto es coherente con la extensa inversión que este país realiza en educación y tecnología, además de su liderazgo en la promoción de enfoques pedagógicos interdisciplinarios [21].

b) *España* con 36 publicaciones demuestra su creciente interés y participación en la educación STEAM. La adopción de STEAM en España ha sido notable en los últimos años, con varias iniciativas nacionales que buscan integrar estas disciplinas en el currículo educativo tal como se reseña en la investigación de Ortiz-Revilla et al. [36]. Esto sugiere un compromiso sólido por parte de los educadores y académicos españoles para innovar en la enseñanza a través de enfoques integrados que incluyen estas cinco disciplinas.

c) Algunos países asiáticos y Australia muestran una significativa producción de investigación en STEAM, cada uno con un número considerable de publicaciones. En Taiwán y Corea del Sur, la educación STEAM ha sido fuertemente promovida por los gobiernos como parte de sus estrategias para mejorar la competitividad global de sus sistemas educativos [31]. Australia también ha sido un actor clave en la investigación de STEAM, con un enfoque particular en la integración de tecnologías y la educación ambiental [31].

d) Por su parte, Inglaterra con 11 publicaciones se destaca como un centro de investigación en STEAM. El enfoque en este país se ha orientado hacia la creación de políticas educativas que favorezcan la integración de las artes con las disciplinas STEM, promoviendo una educación más equilibrada y holística [30].

e) Otros países como Austria, Turquía, Ucrania, entre otros, aunque con un menor número de publicaciones (entre 7 y 8 cada uno), también contribuyen a la investigación global en STEAM. Estos países están incrementando su presencia en este campo, reflejando un interés creciente en la innovación educativa y la adopción de enfoques interdisciplinarios para mejorar la educación [40].

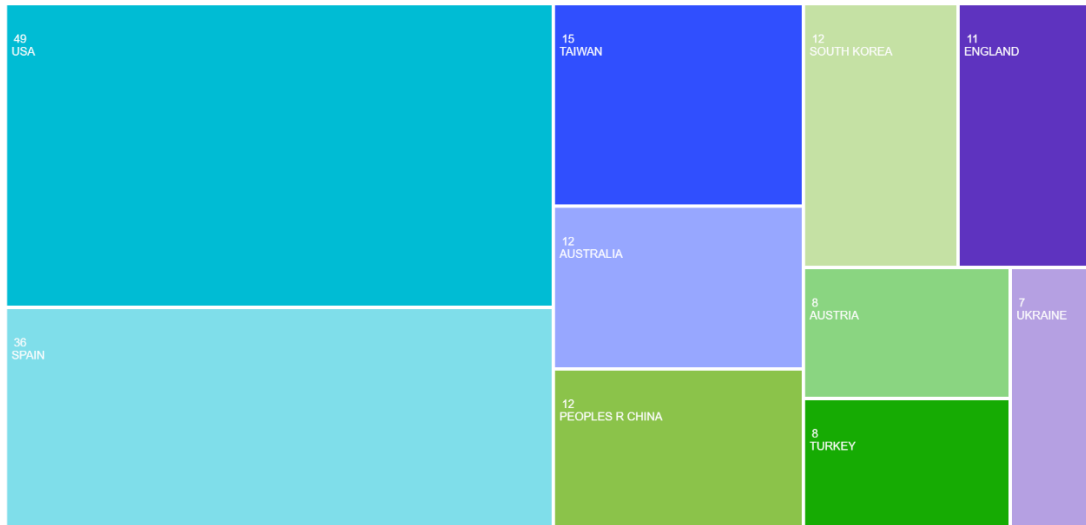


Figura 5: Distribución por países de donde se originan los documentos publicados en WoS.
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, por medio de la Figura 6 se evidencia que la investigación sobre STEAM está siendo publicada por una variedad de editores, con MDPI liderando en número de publicaciones, seguido por grandes editoriales académicas como Springer Nature, Taylor & Francis, y Elsevier. Esta distribución sugiere que el enfoque STEAM es un área de creciente interés y relevancia en la academia global, y que la publicación en acceso abierto está desempeñando un papel crucial en la disseminación de estas investigaciones. La diversidad editorial también refleja el carácter multidisciplinario de STEAM, abarcando una amplia gama de disciplinas y perspectivas. A continuación, se presenta una interpretación detallada de los datos, destacando la relevancia de cada grupo editorial en la disseminación de investigaciones sobre STEAM.

a) MDPI es el grupo editorial con el mayor número de publicaciones sobre STEAM, con 40 documentos. MDPI es conocido por su enfoque en la publicación en acceso abierto, lo que facilita la difusión y el acceso a la investigación. Su liderazgo en la publicación de artículos sobre STEAM sugiere que hay una gran demanda de investigaciones accesibles para la comunidad académica y educativa, promoviendo la innovación en enfoques pedagógicos. Al respecto en la investigación de Piwowar et al. [41] se destaca la creciente importancia de la publicación en acceso abierto, como la que proporciona MDPI, en la disseminación rápida y amplia de investigaciones, especialmente en áreas emergentes como STEAM. Este dominio también puede reflejar la rapidez y la eficacia con la que MDPI publica investigaciones emergentes en áreas multidisciplinarias como STEAM.

b) Springer Nature y Taylor & Francis son otros dos grandes actores en la publicación de investigaciones sobre STEAM, con 26 y 25 publicaciones, respectivamente. Estos editores son conocidos por su enfoque en la publicación académica rigurosa y revisada por pares, lo que refuerza la calidad y la credibilidad de la investigación que difunden [42]. La fuerte presencia de estas editoriales indica que STEAM es un tema de creciente interés en la academia, con investigaciones que están siendo publicadas en revistas bien establecidas y de alto impacto.

c) Elsevier con 14 publicaciones, también juega un papel importante en la disseminación de investigaciones sobre STEAM. Este editor es reconocido por sus revistas de alto impacto en ciencias y tecnología, lo que sugiere que las investigaciones sobre STEAM están siendo valoradas no solo en el contexto educativo, sino también en campos científicos más amplios [43].

d) Wiley y Frontiers Media SA, con 12 y 7 publicaciones respectivamente, son también importantes en la publicación de investigaciones sobre STEAM. Wiley, similar a Springer Nature y Taylor & Francis, es conocido por su enfoque en la calidad académica y la revisión por pares. Por otro lado, Frontiers Media SA es conocido por su enfoque en la publicación en acceso abierto y por su agilidad en la publicación de investigaciones innovadoras [44].

e) Otros editores relevantes como Brill, IGI Global y Sage, aunque con un menor número de publicaciones (alrededor de 4 o 5 cada uno), también contribuyen a la difusión de investigaciones en STEAM. Estos editores son reconocidos por sus enfoques en nichos específicos dentro de la academia, lo que sugiere que las investigaciones sobre STEAM están siendo abordadas desde múltiples perspectivas y disciplinas [45].



Figura 6: Distribución por grupos editoriales donde se publican los documentos de WoS. Fuente: Elaboración propia.

b. Análisis de Redes y Visualización de Datos

Apoyados en el software VOSviewer como herramienta de visualización para la generación de mapas de redes, diagramas de co-ocurrencia que representen las relaciones entre palabras clave, con la finalidad de analizar la producción académica alrededor del enfoque educativo STEAM reportada en la base de datos WoS.

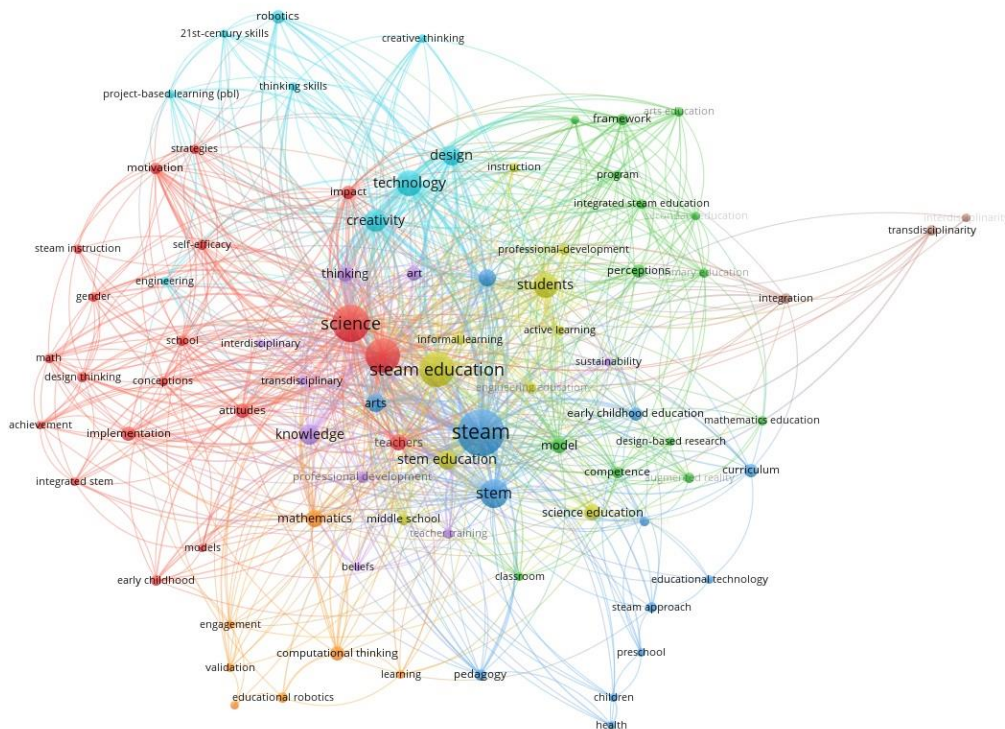


Figura 7: Análisis de co-ocurrencia de palabras clave alrededor del enfoque STEAM de los 223 documentos publicados en WoS. Fuente: Elaboración propia.

A través de la herramienta VOSviewer se consideran las 866 palabras claves que reportan los 223 artículos extraídos de WoS, definiendo mínimo 3 ocurrencias de cada palabra clave lo que genera 84 nodos, los cuales a su vez se agrupan en 8 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 las relaciones entre las palabras refleja la naturaleza multidisciplinaria del enfoque STEAM y su aplicación práctica en la educación [46]. La ciencia (science) aparece como el nodo central, lo que subraya su papel fundamental en el enfoque STEAM, estrechamente vinculado a términos como STEAM education, math, technology, y creativity, mostrando la importancia de integrar estas disciplinas para una educación holística. Términos como design thinking y conceptions destacan el rol del pensamiento creativo y las concepciones pedagógicas en la implementación de STEAM, mientras que self-efficacy y motivation enfatizan factores clave para el éxito de los estudiantes en este tipo de educación. El concepto de early childhood refuerza la relevancia de introducir STEAM desde etapas tempranas para fomentar habilidades críticas y de resolución de problemas. Finalmente, la implementation y las strategies educativas juegan un papel

crucial en cómo estos elementos se integran y aplican en el entorno escolar, destacando la necesidad de enfoques pedagógicos bien diseñados para maximizar el impacto del enfoque STEAM.

Clúster 2. El análisis de las relaciones entre las palabras referidas muestra una clara afinidad entre conceptos clave del enfoque educativo STEAM, especialmente enfocados en la integración de la educación en matemáticas, ciencias y artes. Los términos como arts education, mathematics education y competence reflejan la importancia de desarrollar habilidades tanto en áreas STEM como en disciplinas artísticas, mostrando que el enfoque STEAM busca una formación integral [47]. Términos como design-based research y framework indican que la implementación de STEAM se fundamenta en marcos teóricos bien estructurados y metodologías innovadoras que permiten evaluar su impacto y efectividad en el aula. Se destacan nodos importantes como classroom, primary education y secondary education, lo que sugiere que la aplicación de STEAM es fundamental en diversos niveles educativos. Además, términos como augmented reality y program subrayan la integración de tecnologías emergentes en la enseñanza STEAM, lo que potencia el aprendizaje interactivo y práctico. En conjunto, el análisis refleja un enfoque holístico y transversal en la implementación de STEAM, promoviendo tanto el desarrollo de competencias académicas como el uso de tecnologías innovadoras en entornos educativos.

Clúster 3. El análisis de las relaciones entre las palabras en este clúster se relaciona con un enfoque especial en la educación en las primeras etapas y el uso de tecnologías educativas. Palabras como arts, curriculum, early childhood education y preschool sugieren que el enfoque STEAM está ganando tracción en la educación infantil, resaltando la importancia de introducir estas disciplinas a una edad temprana para fomentar el pensamiento crítico y la creatividad [48]. Conceptos como educational technology y project-based learning destacan la incorporación de tecnologías emergentes y metodologías pedagógicas activas, como el aprendizaje basado en proyectos, que son esenciales para implementar STEAM de manera efectiva. Es de resaltar la fuerte conexión entre STEAM, STEM y disciplinas como science and technology, lo que subraya el enfoque interdisciplinario de STEAM y cómo estas disciplinas se integran para ofrecer una educación holística. Términos como health and children enfatizan la importancia de cuidar tanto el bienestar físico como el desarrollo cognitivo de los niños, lo que refleja un enfoque integral en la educación STEAM. El uso de pedagogy y steam approach refuerza que el diseño curricular debe ser flexible e innovador, adaptándose a las necesidades educativas actuales y futuras.

Clúster 4. El análisis de las relaciones entre las palabras referidas en este clúster se asocia particularmente en los niveles educativos de middle school y en el contexto del active learning. El término students destaca como un nodo central, lo que subraya el papel activo que los estudiantes deben tener en su proceso de aprendizaje, especialmente en enfoques centrados en la educación STEM y STEAM. Conceptos como science education y engineering education muestran una fuerte interrelación, reflejando que tanto la ciencia como la ingeniería son componentes esenciales de un currículo STEAM bien implementado [49]. Además, se evidencia la importancia del professional development de los docentes, lo que es esencial para garantizar que los profesores estén capacitados para aplicar estrategias de enseñanza eficaces dentro del enfoque STEAM. El uso de enfoques como el informal learning e instruction sugiere que el aprendizaje no se limita al aula tradicional, sino que se expande a contextos informales, lo que fomenta una educación más dinámica y flexible.

Clúster 5. El análisis de las relaciones entre las palabras al interior de este clúster destaca un fuerte enfoque en la interdisciplinaria y el professional development de los docentes. Palabras como art y sustainability revelan que el enfoque STEAM busca integrar las artes y la sostenibilidad en la enseñanza, ampliando el espectro de disciplinas para ofrecer una educación más completa y relevante para los desafíos contemporáneos. El concepto de professional development y teacher training subraya la necesidad de preparar a los maestros para enseñar de manera eficaz en contextos STEAM, brindándoles las habilidades necesarias para implementar metodologías interdisciplinarias [50]. Esto está estrechamente relacionado con el término knowledge, lo que indica que la formación docente es clave para asegurar que los educadores tengan el conocimiento suficiente para aplicar enfoques transdisciplinarios y sostenibles. La transdisciplinaria y el thinking son nodos centrales que conectan con múltiples términos, lo que sugiere que el enfoque STEAM no solo busca la integración de diferentes disciplinas, sino que también promueve el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y creativo. Esto se complementa con las beliefs de los maestros y estudiantes, que influyen en cómo se percibe y aplica el enfoque STEAM en el entorno educativo.

Clúster 6. El análisis de las relaciones entre las palabras de este clúster revela una clara afinidad entre conceptos clave relacionados con el enfoque educativo STEAM, con un enfoque específico en el desarrollo de habilidades del siglo XXI y la creatividad. Conceptos como 21st-century skills, creative thinking y thinking skills resaltan la prioridad de desarrollar en los estudiantes capacidades de pensamiento crítico, resolución de problemas y creatividad, que son fundamentales para su éxito en el mundo moderno [51]. Términos como design, engineering y technology destacan la importancia de integrar la tecnología y el diseño en el currículo STEAM, no solo como disciplinas individuales, sino también como herramientas para abordar problemas de manera creativa y efectiva. El término project-based learning está estrechamente relacionado, lo que sugiere que el aprendizaje activo y la resolución de problemas a través de proyectos son enfoques pedagógicos cruciales en STEAM. Robotics también aparece como un nodo importante, indicando que la robótica es una herramienta clave en el desarrollo de habilidades técnicas y en la implementación de proyectos prácticos dentro del marco STEAM.

Clúster 7. El análisis de las relaciones entre las palabras revela una afinidad significativa entre conceptos clave del enfoque STEAM, con un enfoque particular en el pensamiento computacional y la robótica educativa. Palabras como computational thinking y educational robotics son nodos centrales que indican la relevancia de estas herramientas tecnológicas en el desarrollo de habilidades lógicas y de resolución de problemas, elementos clave dentro del enfoque STEAM. El término mathematics también está fuertemente relacionado con el pensamiento computacional, lo que resalta la interconexión entre las matemáticas y las habilidades tecnológicas en la educación STEAM [52]. Además, engagement y learning sugieren que el uso de estas tecnologías promueve un aprendizaje más participativo y activo, lo cual es crucial para motivar a los estudiantes a involucrarse en su proceso de aprendizaje. Adicionalmente, conceptos como social justice y validation destacan que el enfoque STEAM no solo se centra en el desarrollo de habilidades técnicas, sino también en su aplicación para abordar problemas sociales y fomentar la equidad. La inclusión de la justicia social en este contexto muestra un compromiso con el uso de la educación STEAM para promover el bienestar y la igualdad en la sociedad.

Clúster 8. El análisis de las relaciones entre las palabras al interior de este clúster muestra una estrecha afinidad entre conceptos clave relacionados con la integración y el enfoque interdisciplinario en la educación STEAM. Los términos integration, interdisciplinarity y transdisciplinarity destacan como nodos centrales que conectan múltiples disciplinas dentro del enfoque STEAM [53]. Estas palabras sugieren que el éxito de la educación STEAM depende de la capacidad de integrar diferentes áreas del conocimiento, no solo desde un enfoque

interdisciplinario (donde las disciplinas trabajan juntas), sino también desde una perspectiva transdisciplinaria, que abarca la integración de conocimientos y habilidades más allá de los límites tradicionales de las disciplinas. Adicionalmente, se muestra una fuerte relación de estos conceptos con términos como students, perceptions y curriculum, lo que indica que la integración de disciplinas es fundamental para diseñar programas educativos que respondan a las necesidades y percepciones de los estudiantes. Además, la presencia de science education y STEAM education en las conexiones refleja que la ciencia es una base clave, pero que debe estar interconectada con otras áreas para proporcionar una educación completa y holística.

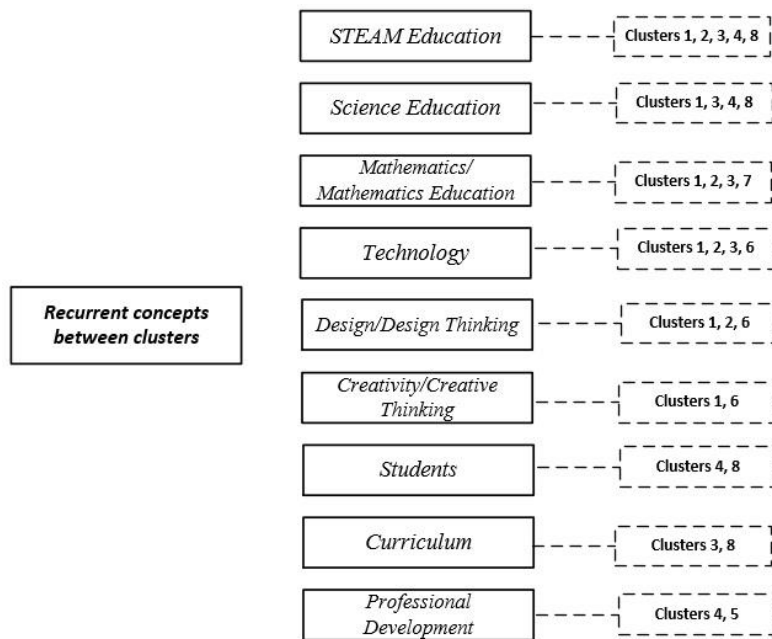


Figura 8: Palabras recurrentes en los clústeres generados alrededor del enfoque STEAM de los 223 documentos publicados en WoS. Fuente: Elaboración propia.

Los análisis de los clústeres revelan que no son disyuntos, sino que comparten una red de conceptos clave que son centrales en el enfoque educativo STEAM (ver Figura 8). Conceptos como STEAM education, science education, mathematics, technology y design/design thinking aparecen en múltiples clústeres, lo que resalta la naturaleza interrelacionada e interdisciplinaria de este enfoque. Estos conceptos actúan como pilares fundamentales para desarrollar un aprendizaje que integre disciplinas y promueva habilidades clave del siglo XXI, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la creatividad. La professional development y el diseño del curriculum también son recurrentes, indicando la necesidad de preparar a los educadores para implementar enfoques pedagógicos flexibles y efectivos. La integración, tanto interdisciplinaria como transdisciplinaria, es central en el éxito del enfoque STEAM, lo que permite a los estudiantes y docentes abordar los desafíos educativos de manera holística y colaborativa. Hay conceptos presentes en varios de ellos los cuales se han organizado de forma prioritaria tal como se resalta a continuación:

Análisis de los resúmenes obtenidos de Scopus. A partir del análisis de las 223 investigaciones filtradas y reportadas como antecedentes de esta revisión bibliográfica identificados en WoS con las características de la búsqueda ya mencionadas, se pudo identificar cinco categorías que reflejan aspectos fundamentales y actuales en la educación (ver Figura 9). Estas tendencias muestran cómo el enfoque STEAM está evolucionando para abordar no solo el desarrollo de competencias técnicas en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, sino también habilidades creativas y prácticas a través de la integración de las artes y el pensamiento crítico. Las investigaciones revisadas resaltan la importancia de la capacitación docente, la evaluación adecuada y el uso de tecnologías emergentes para la implementación exitosa de STEAM en diferentes niveles educativos y contextos culturales.

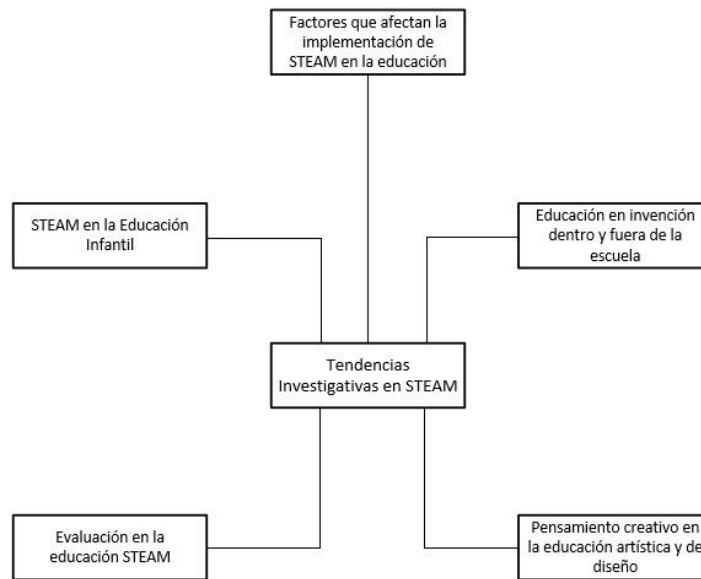


Figura 9: Tendencias investigativas a partir de los antecedentes obtenidos en WoS alrededor del enfoque STEAM.
Fuente: Elaboración propia.

Factores que afectan la implementación de STEAM en la educación. Autores como Duong, NH; Nam, NH; Trung, TT., identifican los factores que impactan la implementación de STEAM en diferentes contextos educativos, destacando la importancia de la capacitación docente, los recursos tecnológicos y la necesidad de enfoques curriculares bien diseñados para facilitar la adopción de STEAM. Es esencial comprender los desafíos y oportunidades para la implementación de STEAM, ya que estos determinan la efectividad de su adopción en diversas instituciones educativas.

Educación en invención dentro y fuera de la escuela. Autores como Jackson, DW; Zhang, H; Asante, CK; Semerjian, A., exploran la educación en invención, que se está posicionando como un campo emergente dentro del enfoque STEAM, señalando cómo el aprendizaje práctico, tanto en el aula como en entornos informales, fomenta la creatividad y la innovación. La educación en invención complementa el enfoque STEAM al potenciar la creatividad, lo que es crucial para preparar a los estudiantes para desafíos del siglo XXI, destacando que estas experiencias ayudan a desarrollar habilidades críticas en los estudiantes.

Pensamiento creativo en la educación artística y de diseño. Autores como Samaniego, M; Usca, N; Salguero, J; Quevedo, W., resaltan cómo el pensamiento creativo en las disciplinas artísticas y de diseño se relaciona con el enfoque STEAM, Examinar cómo las artes contribuyen al desarrollo de habilidades críticas, como la innovación y el pensamiento divergente, necesarias en la solución de problemas complejos, promoviendo una educación integral.

Evaluación en la educación STEAM. Autores DeLuca, C; Dubek, M; Rickey, N., investigaron cómo la hermenéutica puede guiar la evaluación en entornos de aprendizaje integrados STEAM. Los autores abogan por el desarrollo de teorías de evaluación que se alineen con los objetivos transdisciplinarios del enfoque, promoviendo una evaluación justa y equitativa.

STEAM en la educación infantil. Autores como Su, JH; Yim, IHY; Wegerif, R; Chu, SKW., revisan el crecimiento de la investigación sobre STEAM en la educación infantil, subrayando la importancia de introducir STEAM desde una edad temprana, resaltando cómo este enfoque fomenta el desarrollo cognitivo, creativo y de resolución de problemas en los niños, dado que la introducción de STEAM en las primeras etapas de la educación es clave para sentar las bases de habilidades críticas y creativas que se desarrollarán a lo largo de la vida académica de los estudiantes.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta revisión bibliométrica del enfoque educativo STEAM, basada en el análisis de 223 artículos en la base de datos WoS, revela un crecimiento constante de la investigación en el tema desde 2015. Durante los primeros años (2015-2017), se observó un interés emergente, seguido de una fase de consolidación entre 2018 y 2020, y un auge significativo entre 2021 y 2023. Este aumento está vinculado a la adopción de enfoques interdisciplinarios y la necesidad de desarrollar habilidades críticas y creativas en los estudiantes.

El predominio de artículos de investigación empírica refleja la necesidad de generar evidencia que valide las prácticas pedagógicas de STEAM, mientras que los artículos de revisión permiten consolidar el conocimiento existente. En cuanto a la contribución de autores influyentes, Zsolt Lavicza y Cassie F. Quigley han sido claves en la investigación sobre la integración de tecnologías y la equidad educativa en STEAM. Además, la investigación tiene una fuerte presencia global, con Estados Unidos y España liderando la producción académica.

STEAM se destaca por su relevancia en múltiples disciplinas, con un enfoque predominante en la educación y la investigación educativa, seguido de la integración de las ciencias y las artes. Esto refuerza su capacidad para abordar problemas complejos de manera interdisciplinaria.

Respecto a las tendencias emergentes surgen estudios sobre la implementación de STEAM, la educación en invención, el pensamiento creativo en las artes y el diseño, la evaluación educativa y la educación infantil. Estas líneas de investigación subrayan el papel crucial de STEAM en la formación integral de los estudiantes, preparándolos con habilidades críticas, creativas y técnicas necesarias para enfrentar los desafíos del siglo XXI.

Finalmente, la educación STEAM se presenta como un enfoque integral y versátil para responder a las demandas de la sociedad y el mercado laboral actuales. Al integrar disciplinas científicas y tecnológicas con las artes, STEAM no solo promueve el desarrollo de competencias técnicas, sino que también potencia la creatividad, la innovación y el pensamiento crítico. En este sentido, la educación STEAM no es solo una respuesta a las necesidades económicas, sino también una vía para el progreso social y la formación de ciudadanos comprometidos y capaces de enfrentar los desafíos globales.

VI. REFERENCIAS

- [1] O. Contreras, «Educación STEAM: Integración Transdisciplinaria curricular en la enseñanza de las matemáticas, ciencias, tecnología y arte en la educación media,» Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Rubio, 2021.
- [2] A. P. Segovia, C. E. Mejía, S. R. Figueroa y S. D. Encalada, «Inferencia de un Enfoque Educativo Steam para el Desarrollo de un Pensamiento Crítico en Estudiantes de Básica Superior,» Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar,, vol. 7, n° 6, pp. 6451-6475, 2024.
- [3] World Economic Forum, «The Future of Jobs Report 2020,» 20 Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://es.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2020/>.
- [4] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, «An OECD Learning Framework 2030,» de The Future of Education and Labor, Cham, Springer, 2019, pp. 23-25.
- [5] Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, The right to education in the 21st century: background paper for the international seminar on the evolving right to education, UNESCO, 2021.
- [6] National Science Foundation , «When science meets art: 6 NSF research projects that turn STEM into STEAM,» Higher Education in Science and Engineering, 2020. [En línea]. Available: <https://nces.nsf.gov/pubs/nsb20197/>.
- [7] V. T. Díaz, I. M. Salazar y R. López, «Steam: Una breve conceptualización de una metodología orientada al desarrollo de competencias del siglo XXI,» Revista EDUCARE - UPEL-IPB - Segunda Nueva Etapa 2.0, vol. 27, n° 2, pp. 73-91, 2023.
- [8] C. Latorre-Coscolluela, S. Latorre-Coscolluela, A. Rodríguez-Martínez y M. Liesa-Orús, «Design Thinking: creatividad y pensamiento crítico en la universidad,» Revista Electrónica de Investigación Educativa, vol. 22, n° e28, pp. 1-13, 2020.
- [9] D. Herro y C. Quigley, «STEAM Enacted: A Case Study of a Middle School Teacher Implementing STEAM Instructional Practices,» Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, vol. 35, n° 4, pp. 319-342, 2016.
- [10] S. Z. Beers, «21st Century Skills: Preparing,» 2011. [En línea]. Available: http://cosee.umaine.edu/files/coseeos/21st_century_skills.pdf.
- [11] F. A. Ruiz, «Diseño de proyectos STEAM a partir del currículum actual de Educación Primaria utilizando Aprendizaje Basado en Problemas, Aprendizaje Cooperativo, Flipped Classroom y Robótica Educativa,» Universidad Cardenal Herrera, Valencia, 2017.
- [12] N. Cavus, I. Ibrahim y M. Ogbonna, «The Effects of Gamification in Education: A Systematic Literature Review,» BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience, vol. 14, n° 2, pp. 211-241, 2023.
- [13] V. Vega, «Project-Based Learning Research Review,» Edutopia, 01 Diciembre 2015. [En línea]. Available: <https://www.edutopia.org/pbl-research-learning-outcomes>.
- [14] Y. Li, L. Wang y . Y. J. He, «Promoting STEM Education in K-12: A Review of Research and Practices on Educational Robotics,» Journal of Educational Computing Research, vol. 59, n° 2, pp. 358-386, 2021.
- [15] J. P. Santillán-Aguirre,, E. M. Jaramillo-Moyano, R. D. Santos-Poveda y V. D. Cadena-Vaca, «STEAM como metodología activa de aprendizaje en la educación superior,» Polo del Conocimiento, vol. 5, n° 8, pp. 467-492, 2020.
- [16] F. López-Noguero, Metodologías participativas en la enseñanza universitaria, Narcea: España, 2005.
- [17] J. A. Carmona , J. Arias y J. A. Villa , «Formación inicial de profesores basada en proyectos para el diseño de lecciones STEAM,» de Educación técnica, educación vocacional, formación profesional, UNESCO, 2016, pp. 483-492.
- [18] R. M. Capraco, M. M. Capraco y J. Morgan, STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach, The Netherlands: Sense Publishers, 2013.
- [19] C. F. Quigley, D. Herro y A. Baker, «Moving Toward Transdisciplinary Instruction: A Longitudinal Examination of STEAM Teaching Practices,» de STEAM Education, Cham, Springer, 2019.
- [20] G. Yakman y H. Lee, «Exploring the Benefits and Challenges of STEAM Integration: A Review of the Literature,» Journal of Science Education and Technology, vol. 29, p. 663-674, 2020.
- [21] S. Z. Beers, «21st Century Skills: Preparing Students for Their Future,» National Science Teachers Association, 2019. [En línea]. Available: <https://www.nsta.org/>(<https://www.nsta.org>).
- [22] Y. Li, «STEM Education and Learning: Research and Policy Implications,» Educational Researcher, vol. 49, n° 2, pp. 142-150, 2020.
- [23] H. Kim y D. Chae, «Impact of STEAM Education on the Learning Motivation and Problem-Solving Skills of High School Students,» International Journal of Science and Mathematics Education, vol. 19, n° 1, pp. 45-62, 2021.
- [24] D. Y. Pineda, «Enfoque STEAM: Retos y oportunidades para los docentes,» Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa, vol. 3, n° 1, pp. 229-244., 2023.
- [25] C. Quigley, D. Herro y M. Baker, «Moving toward transdisciplinary instruction: A longitudinal examination of STEAM teaching practices,» International Journal of Science and Mathematics Education, vol. 17, n° 1, pp. 25-45, 2019.
- [26] H. Kim, S. Park y . S. Choi, «The Role of Gamification in Enhancing Learning Engagement: A Systematic Review of Literature,» Journal of Educational Technology Development and Exchange, vol. 11, n° 1, pp. 1-17, 2018.
- [27] Y. Li y A. Schoenfeld , «Preparing Students for the Digital World: Integrating Technology and Pedagogy in STEAM Education,» Journal of Educational Computing Research, vol. 57, n° 6, pp. 1339-1358, 2019.
- [28] C. Ferrada, D. Díaz-Levicoy, N. Salgado-Orellana y E. Puraivan, «Análisis bibliométrico sobre educación STEM,» Revista Espacios, vol. 40, n° 8, p. 2, 2019.

- [29] F. R. Silva , G. Fernández-Ferrer, M. Vázquez-Vilchez, C. Ferrada, R. Narváez y J. Carrillo-Rosúa, «Tecnologías emergentes en la educación STEM. Análisis bibliométrico de publicaciones en Scopus y WoS (2010-2020),» *Bordón. Revista De Pedagogía*, vol. 74 , nº 4, p. 25–44, 2022.
- [30] D. Henriksen, M. DeSchryver, P. Mishra y Deep-Play Research Group, «ethinking technology & creativity in the 21st century transform and transcend: Synthesis as a trans-disciplinary approach to thinking and learning,» *TechTrends*, vol. 59, nº 4, p. 5, 2015.
- [31] C. Liao, «From Interdisciplinary to Transdisciplinary: An Arts-Integrated Approach to STEAM Education,» *Art Education*, vol. 69, nº 6, pp. 44-49, 2016.
- [32] S. Holmlid y J. Blomkvist, «Service Archetypes; A Methodological Consideration,» de *ServDes. 2014 Service Future*, Linköping. , Linköping University Electronic Pres, 2014, pp. 418-422.
- [33] A. Barber, M. Adams, K. Champagne, A. Mays y G. Lanclos, «STEAM into,» de *Póster presentado en la Asociación de Investigación Educativa de Luisiana.*, 2016.
- [34] C. Sugimoto, S. Work, V. Larivière y S. Haustein, «Scholarly use of social media and altmetrics: A review of the literature,» *Journal of the Association for Information Science and Technology*, vol. 68, nº 9, pp. 2037-2062, 2017.
- [35] J. M. Diego-Mantecón, T. F. Blanco, Z. Ortíz-Laso y Z. Lavicza, «STEAM projects with KIKS format for developing key competences,» *Comunicar*, vol. 29, pp. 33-43, 2020.
- [36] J. Ortiz-Revilla, A. Adúriz-Bravo y I. M. Greca, «A framework for epistemological discussion on integrated STEM education,» *Science & Education*, vol. 29, nº 4, pp. 857-880, 2020.
- [37] D. Herro, C. Quingley y H. Cian, «The challenges of STEAM instruction: Lessons from the field,» *Action in Teacher Education*, vol. 41, nº 2, pp. 172-190, 2019.
- [38] E. Piila, H. Salmi y H. Thuneberg, «STEAM-learning to Mars: Students' ideas of space research,» *Education Sciences*, vol. 11, nº 3, p. 122, 2021.
- [39] J. McDonald y A. Cater-Steel, *Implementing Communities of Practice*, Singapore: Springer, 2017.
- [40] J. T. Klein, «Beyond interdisciplinarity: Boundary work, collaboration, and communication in the 21st century,» *Manuscript in preparation.*, 2019.
- [41] H. Piwowar, J. Priem, V. Lariviere, J. P. Alperin, L. Matthias, B. Norlander, A. Farley, J. West y S. Haustein, «The state of OA: a large-scale analysis of the prevalence and impact of Open Access articles,» *PeerJ.*, vol. 6, nº e4375, 2018.
- [42] J. P. Tennant, F. Waldner, D. C. Jacques , P. Masuzzo , L. B. Collister y C. H. Hartgerink, «The academic, economic and societal impacts of Open Access: an evidence-based review,» *F1000Res*, vol. 5, nº 632, 2016.
- [43] V. Larivière , S. Haustein y P. Mongeon, «The Oligopoly of Academic Publishers in the Digital Era,» *PLoS ONE*, vol. 10, nº 6, p. e0127502, 2015.
- [44] C. Neylon y S. Wu, «Open Science: Tools, approaches, and implications,» *Pacific Symposium on Biocomputing. Pacific Symposium on Biocomputing*, vol. 14, pp. 540-544, 2009.
- [45] S. Pinfield, J. Salter y P. A. Bath, «A "Gold-Centric" Implementation of Open Access: Hybrid Journals, the "Total Cost of Publication," and Policy Development in the UK and Beyond,» *Journal of the Association for Information Science and Technology*, vol. 68, nº 9, pp. 2248-2263, 2017.
- [46] J. E. Arango-Trillos, Y. Ruiz-Morales, E. Aguilar-Carrillo y D. Navarro-Pino, «Curriculum Analysis for the Design of a Training Project Oriented to Learning Electrical Circuits,» *Revista Tecnológica-Educativa Docentes*, vol. 17, nº 1, pp. 271-282, 2024.
- [47] M. J. Espigares-Gámez, A. Fernández-Oliveras y M. L. Oliveras, «Games as STEAM learning enhancers. Application of traditional Jamaican games in Early Childhood and Primary Intercultural Education.,» *Acta Sci*, vol. 22, nº 4, 2020.
- [48] Y. Li y C. A. Talib, «Developing a Knowledge Map for the Early Childhood STEAM Education: A Visual Analysis Using CiteSpace and HistCite,» *Journal of Baltic Science Education*, vol. 23, nº 1, pp. 56-75, 2024.
- [49] M. A. López, «Revisión sistemática del enfoque STEAM en la enseñanza de ciencias e investigación en la educación superior (2014-2024).,» M.S. Tesis, Universidad César Vallejo, Lima, 2024.
- [50] E. Winner, T. R. Goldstein y S. Vicent-Lancrin, *¿El arte por el arte? La influencia de la educación artística: La influencia de la educación artística.*, París: OECD, 2014.
- [51] P. Meller, *Claves para la educación del futuro: Creatividad y pensamiento crítico*, Santiago de Chile: Editorial Catalonia, 2019.
- [52] S. E. Gutiérrez-Núñez y J. M. Rincón, «Pensamiento computacional a través de STEAM con Sphero: Un ejercicio con estudiantes de nivel secundaria,» *Revista Estudios de la Información*, vol. 2, nº 1, pp. 4-26, 2024.
- [53] V. Murillo-Ligorred, N. Ramos-Vallecillo y M. Enfedaque, «Explorando la transdiscipliniedad en el Banquete_nodos y redes: un estudio cualitativo del proyecto de Karin Ohlenschläger para la formación en magisterio,» *Arte, Individuo y Sociedad*, vol. 36, nº 4, pp. 935-950, 2024.