



Educación STEAM como estrategia pedagógica en la formación docente de ciencias naturales: Una revisión sistemática

*STEAM education as a pedagogical strategy in natural science teacher training:
A systematic review*

 Edison Camacho-Tamayo; edisoncamacho@gmail.com

 Andrés Bernal-Ballén; abernal@uan.edu.co

Universidad Antonio Nariño (Colombia)

Resumen

La tendencia por la educación STEAM ha despertado el interés de la comunidad académica. Dadas las revisiones no sistemáticas encontradas en la literatura sobre la formación en educación STEAM para docentes de ciencias naturales, es interesante realizar una clasificación sistemática y determinar los aportes que tiene esta desde un punto de vista empírico. El objetivo es caracterizar estudios que permitan conocer los aportes de la formación con este enfoque a los docentes. A partir de metodología de la declaración PRISMA se hace una revisión de estos estudios, desde el año 2017 al 2023. La recolección de datos se dio en los repositorios Google Académico, *Web of Science*, *Scopus* y *Science Direct*. Se definieron criterios de inclusión y exclusión para la selección de los artículos. En el análisis se categorizaron los estudios en muestra, diseño y resultados. Este tipo de formación para docentes de ciencias naturales mejora la actitud de motivación por la enseñanza científica en contextos reales, es útil para la solución de desafíos globales y promueve uso de las metodologías activas. Se evidencia que el enfoque es novedoso y puede desarrollar habilidades comunicativas y creativas en los docentes de ciencias. Se recomienda avanzar en más estudios de formación empíricos.

Palabras clave: Práctica pedagógica, formación del personal docente, educación, enfoque interdisciplinario, ciencias naturales, método de enseñanza, revisión sistemática, investigación educativa.

Abstract

The trend towards STEAM education has awakened the interest of the academic community. Given the non-systematic reviews found in the literature on STEAM education training for natural science teachers, it is interesting to carry out a systematic classification and determine the contributions of STEAM education from an empirical point of view. The objective is to characterize studies that allow us to know the contributions of training teachers with this approach. Based on the methodology of the PRISMA statement, a review of these studies is made, from 2017 to 2023. Data collection took place in Google Scholar, Web of Science, Scopus and Science Direct repositories. Inclusion and exclusion criteria were defined for the selection of articles. In the analysis, the studies were categorized into sample, design and results. This type of training for natural science teachers improves the attitude of motivation for scientific teaching in real contexts, is useful for the solution of global challenges and promotes the use of active methodologies. It is evident that the approach is novel and can develop communicative and creative skills in science teachers. It is recommended to advance in more empirical training studies.

Keywords: Pedagogical practice, teacher training, education, interdisciplinary approach, natural sciences, teaching method, systematic review, educational research.



1. INTRODUCCIÓN

La investigación en educación ha evidenciado que un buen ejercicio de las prácticas docentes tiene impactos positivos en la calidad educativa (Louzano y Moriconi, 2015). La sociedad y en general los centros educativos deberían contar con profesionales que evidencien una preparación oportuna y un conocimiento claro de su labor (Escribano, 2018). Sin embargo, uno de las brechas latentes en cuanto a la calidad educativa, por lo menos en América Latina, es la inadecuada formación docente (Praderio et al., 2019; Useche y Vargas, 2019; Vaillant, 2019) que poco apunta a resolver los desafíos del mundo moderno desde las habilidades científicas y en alguna medida estanca el desarrollo del estudiante en cuanto a un aprendizaje significativo (Soto et al., 2022; Soto y Rios, 2019).

La formación en enseñanza de las ciencias naturales, entendida desde la tradición clásica (áreas curriculares de biología, física y química) no es ajena a esta realidad (Flórez-Aguirre y López-Ríos, 2020; López-Ríos y Jiménez, 2020; Morrin, 2017). El personal investigador se ha centrado mucho más en el desarrollo de contenidos científicos-matemáticos que en la formación en metodologías y estrategias para que los docentes de ciencias naturales puedan transmitir estos saberes (Adúriz-Bravo et al., 2006; Ayala et al., 2011; Castiblanco, 2019; Chamizo y Pérez, 2017; Solbes et al., 2018). Esta situación trae posibles consecuencias tales como: una transmisión tradicional y poco participativa del conocimiento científico, escenarios de aula lineales, trabajo colaborativo nulo, una falta de dialogo entre pares, insuficientes habilidades integración disciplinar, escasa comunicación con docentes de otras áreas y poco uso de la innovación y la creatividad por medio de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en la preparación y ejecución de las clases de ciencias. Por tal motivo la práctica educativa que actualmente se viene presentando en el aula científica, requiere de una atención especial (Carrascosa et al., 2008; Macías et al., 2020).

Estudios han advertido frente a este panorama la importancia de una educación integral para favorecer los procesos de enseñanza-aprendizaje en relación a resolver problemas del mundo moderno (Adúriz-Bravo et al., 2006; Delord, 2018; Ortiz-Sacro et al., 2020). Y es que, debido al desarrollo tecnológico, ha surgido la necesidad de la especialización de saberes científicos. No obstante, también se ha requerido del desarrollo de disciplinas científicas integradoras. Por ejemplo, la bioquímica, la ecología y la astrofísica (López et al., 2020; Villa y Mendoza, 2020). Esta integración de saberes (disciplinas) es relevante para el abordaje de nuevas preguntas científicas y los desafíos globales complejos (el cambio climático, el agua potable, la seguridad alimentaria, la energía atómica y la salud) (De Rivas et al., 2022) lo cual sin duda alguna ha abierto el camino a enfoques integrados en la educación científica con consecuencias que impactan la formación docente en la enseñanza de las ciencias, que si bien tienen algún sentido desde una visión teórica aun necesitan de una mayor comprobación empírica.

Dentro de estos enfoques integrados se destaca el enfoque *Science, Technology, Engineering and Mathematics* (STEM por sus siglas en inglés) que recoge entre otras la interdisciplinariedad. Esta última es entendida a manera de un tipo de transferencia de métodos de una disciplina a otra, como ejes para mejorar las prácticas educativas en un ambiente creativo e innovador (Alan et al., 2019; White y Delaney, 2021). Precisamente, el origen este acrónimo y su uso se hizo popular en Estados Unidos en la década de los 90, con la intención de fomentar la opción por estas áreas poco interesantes a la vida profesional. Según Marrero et al (2014) "SMET" fue

la primera sigla que usa la *National Science Foundation* (NSF) para referirse a esta visión. Como consecuencia de su impacto menor, a partir del 2001 se propuso usar el término STEM con el objetivo de hacer énfasis en las disciplinas que se involucran. La expresión evoluciona y Georgette Yakman en 2008, propone STEAM como un enfoque que integra muy evidentemente el arte en STEM (Yakman, 2008; Yakman y Lee, 2012) y amplía la perspectiva hacia la creatividad y la innovación. Es así que STEAM se identifica como una visión y en términos de formación como una acción interdisciplinar para hacer confluir metodologías de una disciplina con al menos otra STEAM en la resolución de un problema en un contexto real (Breiner et al., 2012; Cardona y Rodríguez, 2021; Quigley et al., 2020).

Mientras estudios sobre los aportes de esta visión en la enseñanza-aprendizaje de manera general muestran algunos resultados positivos en cuanto al aprendizaje significativo en todos sus niveles (Aguilera y Ortiz-Revilla, 2021; Castro y Montoro, 2021; Kelley y Knowles, 2016; Leytón-Yela et al., 2021; Moratonas y Ayats, 2021), otras investigaciones evidencian poca formación docente con enfoque STEAM en especial en la las ciencias naturales lo cual trae como consecuencia un escaso desarrollo práctico (investigaciones empíricas) en el aula científica con este enfoque (Celis y González, 2021; Lee et al., 2018; Siew et al., 2015; Toma y García-Carmona, 2021, Quigley y Herro, 2016). En este sentido, para esta investigación el objetivo es encontrar información relevante sobre los estudios empíricos con enfoque STEAM en la formación docente de ciencias naturales para analizar su estado actual.

2. MÉTODO

Para este estudio se ha hecho una revisión sistemática de literatura científica publicada en el tema de formación docente en enseñanza de las ciencias naturales con un enfoque STEAM. Para la correcta realización de revisiones sistemáticas se han seguido las pautas propuestas en la declaración PRISMA (Page et al., 2021). Esto con el fin de responder a la pregunta ¿qué aporta el enfoque STEAM a la formación docente de ciencias naturales?, ¿es útil? A partir de las siguientes etapas.

2.1. Búsqueda inicial

Las primeras búsquedas se realizaron a finales del año 2022, combinando los términos “formación docente”, “enseñanza de las ciencias” y enfoque STEAM, en las bases de datos Google académico, *Web of Science*, *Scopus* y *Science Direct*, debido a que son repositorios que reportan más documentos sobre el enfoque (Li et al., 2022). Posteriormente se amplió con operadores booleanos *AND* y *OR* también se indagó por los últimos 5 años debido a que es importante para esta investigación conocer la tendencia actual sobre la formación con enfoque STEAM en docentes de ciencias naturales. Esta primera aproximación, la cual se sistematizó en categorías (autor(es), título, año, revista, país, resumen, conclusiones) se usó como instrumento de análisis (Mengist et al., 2020). Esta búsqueda arrojó amplios resultados los cuales generaron una visión general del tema y pudieron comprobar que en torno a ella solo se habían realizado revisiones no sistemáticas.

2.2. Criterios de elegibilidad

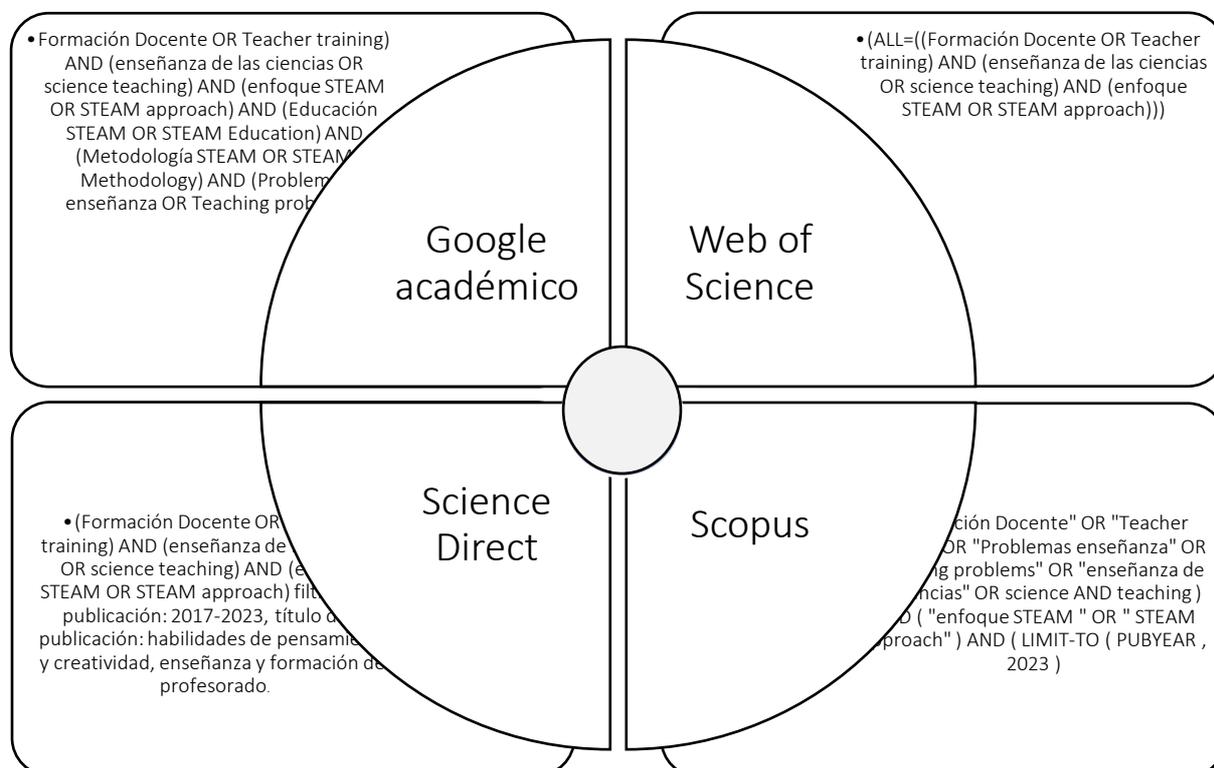
Los criterios de inclusión iniciales fueron: a). Artículos científicos, ponencias y libros posteriores al año 2017 publicados e indexados en las bases de datos b). Estudios empíricos de formación docente en ciencias naturales con enfoque STEM/STEAM o que por lo menos que involucren a docentes de ciencia naturales. Los criterios de exclusión: a). Revisiones sistemáticas c). Estudios que no reportaron conclusiones frente a la enseñanza de ciencias naturales y la formación docente con un enfoque interdisciplinar STEM/STEAM.

2.3. Búsqueda sistemática

La búsqueda sistemática se realiza nuevamente a partir del mes de enero-febrero del 2023. Para ello se amplió esta revisión usando los filtros dispuestos en las bases de datos y se adicionaron otras palabras como “problemas enseñanza” “metodología STEAM”, y “educación STEAM” con el fin de obtener mayores resultados. Se utilizaron ecuaciones de búsqueda (figura 1) en cada una de las bases de datos con las palabras clave. Se consideró realizar ciertas variaciones a las ecuaciones en cada motor de búsqueda para poder obtener hallazgos más precisos, pero con el cuidado de mantener las mismas relaciones entre las palabras. Adicionalmente, al realizar una búsqueda más amplia sobre el tema en 10 o 15 años no se evidenciaron mayores variaciones por lo que se considera prudente que el tiempo de exploración sea de 7 años. Como producto de esta búsqueda se identificaron 750 documentos en las bases de datos mencionadas. Específicamente, se obtuvieron 456 resultados en Google académico, 4 en *Web of Science*, 136 en *Scopus* y 154 en *Science Direct*.

Figura 1

Ecuaciones de búsqueda



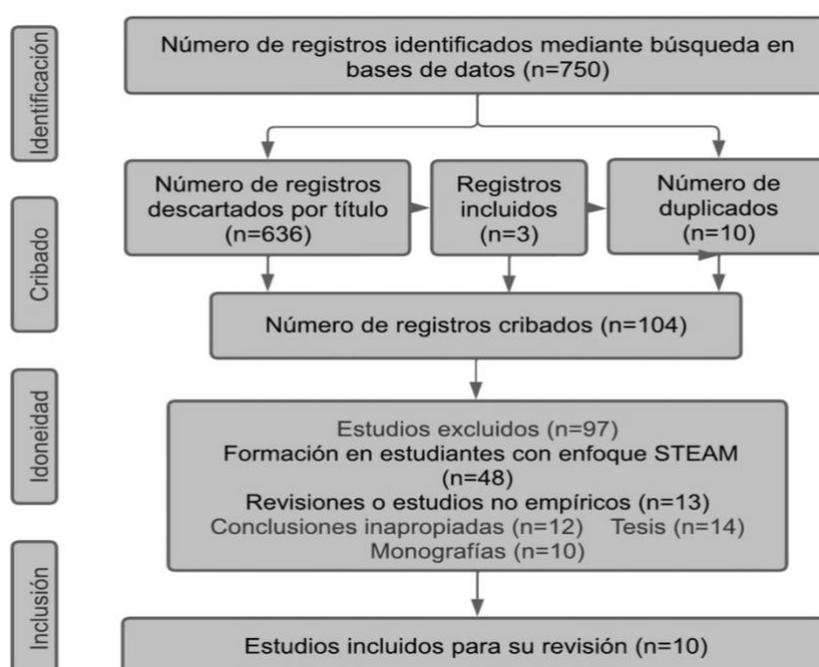
2.4. Criterios de selección

Para proceder a la selección de artículos para esta revisión sistemática se definieron acorde a los criterios de elegibilidad como lo indica PRISMA. Se resaltan en ellos la visión STEAM como fenómeno interdisciplinar deseable debido a que se cree más cercano al ámbito educativo. Al mismo tiempo, los resultados arrojaron estudios con el acrónimo STEM. Estos se reconocen y se toman en cuenta solo desde una visión epistemológica de hacer confluír metodologías de distintas disciplinas para la solución nuevos problemas científicos actuales y retos globales (Alan et al., 2019; Mafugu et al., 2023). No obstante, se aclara que los acrónimos o las corrientes a las que responden cada uno de los términos no son estimados como iguales debido a que las artes (A) posibilita habilidades como la innovación, la creatividad y la comunicación (Alsina et al., 2019; García-fuentes y Raposo-rivas, 2023).

Según estos criterios, y solo con la lectura del título, se consideraron adecuados 104 artículos (tras eliminar diez duplicados entre las dos bases de datos). Se procedió a leer el resumen y, a partir de esta lectura, se descartaron 97. La principal razón consistió en que eran sobre formación en estudiantes con enfoque STEM/STEAM como objeto principal y que en ningún caso consideran la formación docente (n=48); por ser revisiones sistemáticas o estudios empíricos en enseñanza ciencias naturales con enfoque STEM/STEAM que no consideraban la formación docente (n=13); y estudios que no reportaron conclusiones frente a la enseñanza de ciencias naturales y la formación docente con un enfoque interdisciplinar STEM/STEAM lo que dificulta la interpretación y síntesis de resultados (n= 12). Además, se descartaron tesis (n =14) y monografías (n =10) y se incluyeron tres trabajos de otros repositorios. Finalmente se determinaron 10 estudios que cumplieron con los criterios. El flujo del trabajo desarrollado se ve reflejado en la figura 2.

Figura 2

Diagrama de flujo revisión sistemática PRISMA.



3. RESULTADOS

Un resumen de los estudios revisados se presenta en la figura 3. En el análisis descriptivo de los documentos empíricos sobre la formación con enfoque STEM/STEAM dirigido a docentes de ciencias naturales, se observan datos significativos. Por ejemplo: el número de participantes en cada investigación no sigue un patrón predeterminado y depende en gran medida del diseño metodológico propuesto. Además, no hay un tiempo estandarizado para la realización de los estudios empíricos en los niveles estudiados. Las investigaciones analizadas presentan una proporción equitativa entre la población de docentes en formación y docentes en servicio y respecto a las metodologías utilizadas, el 40 % de los trabajos emplearon una metodología mixta, el 50 % utilizaron una metodología cualitativa y el 10 % optaron por la metodología cuantitativa.

Todos estos estudios identificaron experiencias significativas en distintos niveles educativos hacia la formación docente cuando se hace uso del enfoque STEM/STEAM. Además, describían resultados de la implementación del enfoque hacia la enseñanza de las ciencias naturales, exponiendo conclusiones relevantes hacia su uso. La mayoría de estudios empleó un modelo de integración de disciplinas como la interdisciplinariedad, la multidisciplinariedad y la transversalidad como criterio de integración para mejorar las prácticas educativas en la enseñanza de ciencias naturales.

Por su parte los objetivos de la educación STEAM que buscan la mayoría de estudios empíricos seleccionados incluyen el desarrollar un entorno de aprendizaje centrado en el estudiante, el avanzar en el mejoramiento de habilidades para la resolución de problemas, la comunicación, la indagación, la competencia digital, la creatividad y el pensamiento crítico. La fusión de estas disciplinas brinda a los estudiantes STEAM la oportunidad de aplicar conocimientos en ciencias naturales y matemáticas para abordar desafíos globales desde una perspectiva humanística. Esto se logra mediante la incorporación de tecnología y la ingeniería, haciendo hincapié en el pensamiento del diseño y la planificación de proyectos.

Figura 3

Características de los estudios revisados. Elaboración propia

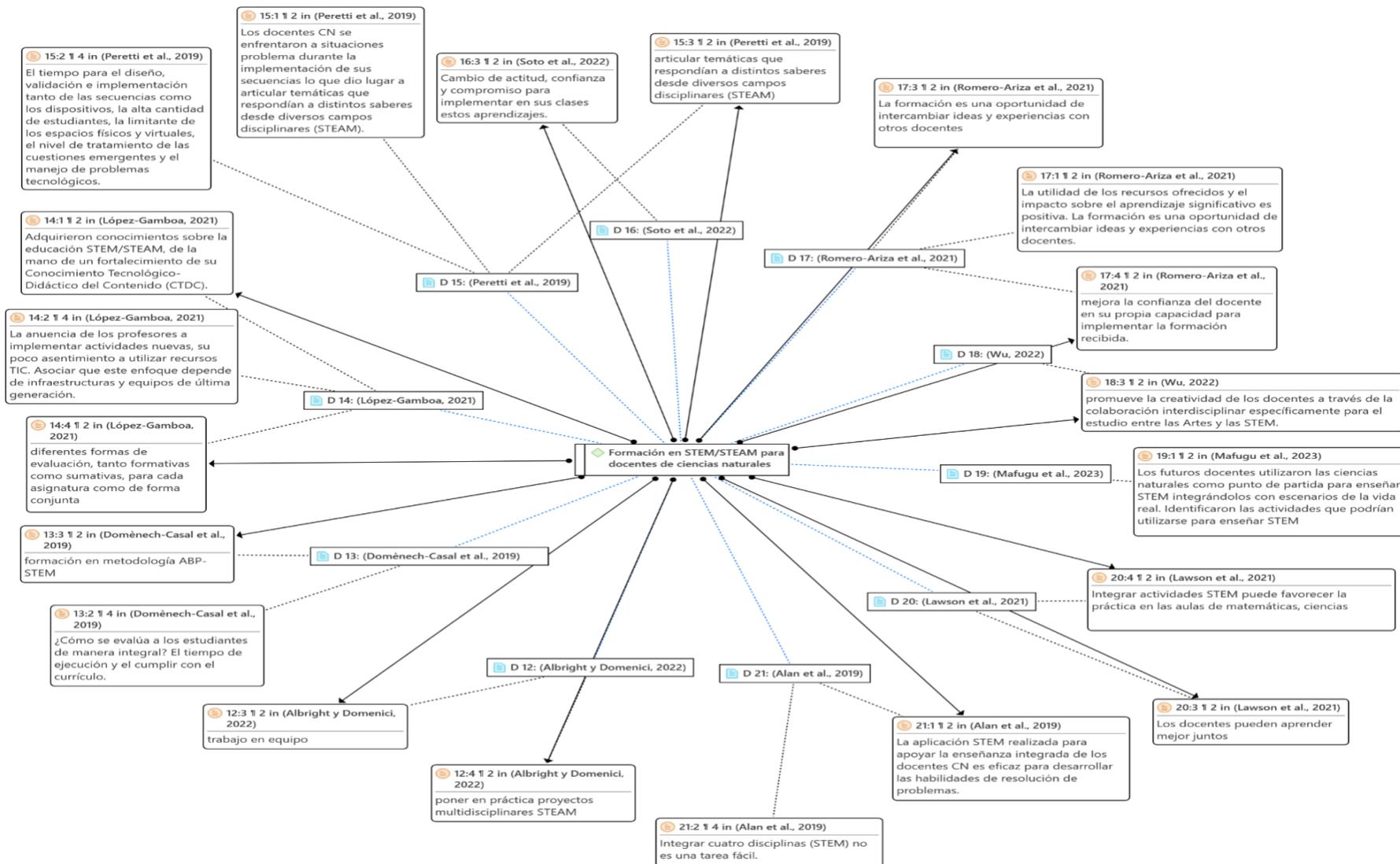
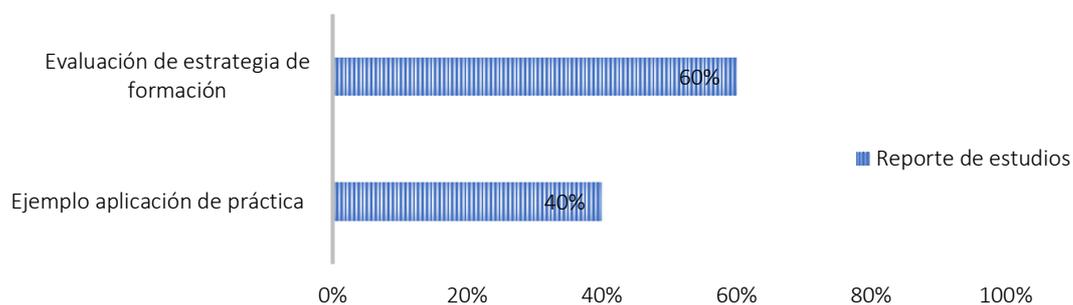


Figura 4

Reporte de evaluación y ejemplo de práctica de la estrategia de formación docente.



Por otro lado, de acuerdo con los estudios revisados (figura 4), se observa que la evaluación de los trabajos empíricos es esencial dentro de las investigaciones. Las opciones mencionadas por los estudios para llevar a cabo esta evaluación incluyen encuestas de satisfacción o evaluaciones de conocimiento. Sin embargo, llama la atención que publicar un ejemplo de la aplicación de la práctica de la estrategia de formación docente no es tan relevante en casi todos los estudios cribados. Se considera que este tipo de información podría potencializar futuras investigaciones.

3.1. Incidencia en los docentes de ciencias naturales a partir de recibir formación con educación STEAM

Es de considerar que la mayoría de estudios empíricos parecen señalar que la formación con un enfoque STEM/STEAM en docentes de ciencias naturales, en todos los niveles, arroja resultados positivos en cuanto la integración disciplinar para procesos de enseñanza-aprendizaje significativos (Trinidad et al., 2019, Alan et al., 2019). Esto se puede considerar útil para el docente de ciencias naturales en formación inicial y formación continua debido a que se abre un panorama más amplio en las estrategias y prácticas de aula en donde la integralidad sea un eje principal (Torres y Mosquera, 2022). Por un lado, permite el uso de métodos de otras disciplinas, fortalece la motivación e interés en sus estudiantes por la formación científica, mejora la reflexión acerca de sus propias prácticas interdisciplinarias, genera comunidades de aprendizaje donde se comparten experiencias, por el otro, el docente aplica el enfoque interdisciplinar para abordar nuevos retos globales que impacten en la construcción y conservación del entorno, desarrolla trabajo en equipo fortaleciendo la comunicación, genera y aplica distintas formas de evaluación centradas en el estudiante, mejora los conocimientos tecnológicos y didácticos, plantea y resuelve nuevos problemas científicos, cambia de actitud y gana confianza hacia la integración de disciplinas y aplicar los conocimientos adquiridos en el aula, hace uso de las herramientas ofrecidas y genera un impacto positivo en el aprendizaje significativo. No obstante, los autores reportan algunas dificultades en la implementación de la visión STEM/STEAM como lo son: el aumento en tiempo de dedicación para lograr los objetivos integrales, la anuencia de los docentes frente a nuevas estrategias y hasta las barreras tecnológicas por las carencias en la formación en el uso de herramientas TIC. Solo el estudio de Domènech-Casal et al. (2019) asegura que logro superar las dificultades y que si es posible hacer la integración de manera efectiva, al igual que, otros estudios que no reportaron mayor dificultad como el de Lawson et al. (2021); y Mafugu et al. (2023). Sin embargo, Romero-Ariza

et al., (2021), Soto et al., (2022); y Wu (2022) recomiendan profundizar más en estrategias de formación. Esto indica que el enfoque STEM/STEAM tiene un futuro prometedor en la enseñanza de las ciencias y que efectivamente como se indicó en la primera parte del artículo, se hace necesario explorar dicha formación con este enfoque para mejorar las prácticas de aula en la enseñanza del saber científico.

3.2. Conceptualización del enfoque STEM/STEAM en los estudios cribados

Gran parte de las evidencias parecen señalar que hay un sesgo en la teorización de STEM/STEAM y no hay solo criterio que se reporte en común para poder conceptualizarlo (tabla 1), lo cual concuerda con los resultados de Aguilera y Ortiz-Revilla (2021) y Toma y García-Carmona (2021). No obstante, se considera que la tendencia para futuras investigaciones en educación puede estar enmarcada por el concepto de “educación STEAM” siendo el acrónimo más cercano a este ámbito es el “STEAM” debido a que involucra otras habilidades como las artes y lo humanístico (A) que pueden completar la visión holística que es deseable en el espacio de la formación científica.

Tabla 1

Conceptualización de STEM/STEAM

Concepto reportado	Estudio
Enfoque Metodológico	Albright y Domenici (2022)
Enfoque	Soto et al. (2022), Wu (2022), Lawson et al. (2021)
Enfoque Educativo	Romero-Ariza et al. (2021)
Educación STEM/STEAM	Albright y Domenici (2022), López-Gamboa (2021), Soto et al.(2022), Wu(2022), Mafugu et al.(2023), Lawson et al.(2021)
Panel de Herramientas	Domènech-Casal et al.(2019)
Modelo curricular	Wu (2022)
Modelo de aprendizaje interdisciplinar	Lawson et al.(2021)
Integración	Trinidad et al.(2019)
No conceptualiza	Alan et al.(2019)

La búsqueda de literatura muestra que los trabajos empíricos en formación con enfoque STEAM en docentes de ciencias naturales no es muy amplia en comparación con otros sesgos que involucran a STEM/STEAM. Sin embargo, Li et al (2022) reportan que la educación con este enfoque sigue ganando exposición y contenido disciplinario variado con un número creciente de publicaciones de alto impacto. Por tal razón, se espera en los próximos años un crecimiento exponencial en el desarrollo de más estudios que puedan dar luces sobre este fenómeno educativo como lo muestran García-fuentes y Raposo-rivas (2023) en su estudio, en el que incorporan estas prácticas a las aulas de manera efectiva para la trasmisión del saber científico (Albright y Domenici, 2022; Soto et al., 2022).

Es llamativo que el aprendizaje basado en problemas y proyectos predomina en las investigaciones como agente mediador para lograr una educación STEM/STEAM (Carmona-

Mesa et al., 2019; Domènech-Casal et al., 2019) por lo que se puede considerar que es un buen camino para empezar a trabajar el enfoque de manera exitosa.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Dado el trabajo elaborado en las fases de esta revisión sistemática, siguiendo la declaración PRISMA, este estudio se realizó con el objetivo de encontrar y caracterizar estudios empíricos sobre la incidencia en los docentes de ciencias naturales de una formación con enfoque STEAM. Se efectuó una búsqueda en los diferentes repositorios de documentos que cumplieran con unos criterios de inclusión y exclusión, para llegar a un análisis detallado de los resultados obtenidos. En este sentido los resultados de este estudio muestran que el enfoque STEM/STEAM posee aspectos interesantes que pueden aportar al docente de ciencias naturales, tales como: la motivación, el interés, la creatividad, la innovación y los pensamientos lógico, de diseño y computacional (habilidades del siglo XXI), que favorecen la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales de manera positiva. Además de desarrollar habilidades como el trabajo en equipo, resolución de problemas, la comunicación con otros pares, la adquisición de conocimiento sobre herramientas digitales y tecnológicas. Estas habilidades pueden traer consecuencias en la transformación de las prácticas del quehacer docente como: un cambio en la organización en el aula, un diseño curricular más integral, la percepción más cercana de la interdisciplinariedad, la visión STEM/STEAM, el uso orientado de recursos tecnológicos para la enseñanza y aprendizaje científico (Alan et al., 2019; Carmona-Mesa et al., 2020; Domènech-Casal et al., 2019; Lawson et al., 2021; Mafugu et al., 2023). Y esto se debe probablemente a que los estudios analizados han arrojado que este enfoque en cualquiera de sus variaciones tiene efectos positivos debido a su naturaleza integral, que da razón sobre la actitud innovadoras, entusiasta tanto en docentes como estudiantes por explorar nuevas formas de enseñanza-aprendizaje y mejora resultado del aprendizaje significativo cuando se enmarca en un contexto real (Albright y Domenici, 2022; Trinidad et al., 2019; Soto et al., 2022).

En contraste, la implementación de este enfoque en todos los niveles educativos enfrenta desafíos, como la creación equitativa de planes de estudio integrales para todas las áreas, la necesidad de establecer acuerdos colaborativos entre los educadores para desarrollar secuencias didácticas de calidad con enfoque STEM/STEAM, la evaluación integral de los estudiantes, el aumento del tiempo dedicado para alcanzar los objetivos propuestos con este enfoque, la implementación de evaluaciones formativas integrales, la resistencia de algunos docentes a abandonar sus prácticas habituales, y las brechas tecnológicas debido al analfabetismo digital (Domènech-Casal et al., 2019; Trinidad et al., 2019), por lo que estas dificultades demandan una atención especial. Es elocuente que este tipo de investigaciones recomienden para futuros estudios la necesidad de verificar que tanto la formación con enfoque STEM/STEAM en docentes de ciencias naturales impacta en el aula (Soto et al., 2022). Esto puede realizarse ahondando en la evaluación de estrategias de formación en STEM/STEAM para mejorar sus prácticas docentes, en la transformación de sus estrategias al integrarlas con otras disciplinas y en el uso de los recursos físicos y tecnológicos para la solución de problemas del contexto cotidiano.

¿Es útil el enfoque? Teniendo en cuenta en el progreso de esta investigación y los resultados obtenidos, se puede afirmar que el enfoque es altamente beneficioso para los docentes de ciencias naturales. Debido a que favorece el trabajo colaborativo, promueve el desarrollo de habilidades lógicas, críticas y creativas en un entorno integral, y contribuye al aprendizaje

significativo de sus estudiantes. Además, puede transformar su actitud y compromiso hacia la enseñanza de las ciencias al adoptar un enfoque organizativo distinto en el aula y al realizar actividades fuera de ella. Esto impulsando la resolución de problemas científicos o relacionados con el entorno que abarcan diversas áreas del conocimiento. Asimismo, puede evidenciar una mejora en la construcción de planes curriculares integrales, colaboración en la elaboración de secuencias didácticas interdisciplinarias y participación activa en comunidades de aprendizaje entre pares. En este sentido la literatura señala que los docentes perciben el enfoque STEM/STEAM de manera favorable, ya que facilita la conexión de los contenidos científicos con las experiencias diarias. Además, proporciona oportunidades para la comunicación y el intercambio de experiencias entre colegas. (Lawson et al., 2021). No obstante, se observa cierta ambigüedad en la aplicación de las ciencias naturales dentro del enfoque. Investigaciones indican que se emplean las ciencias, al igual que las matemáticas y las tecnologías, como componentes del enfoque STEM/STEAM, sin reconocer la identidad específica de las diferentes didácticas (Aguilera y Ortiz-Revilla, 2021; Quigley et al., 2020). Se considera esencial abordar con atención la distorsión mencionada, ya que la didáctica de enseñanza de las ciencias es un campo de estudio extenso en educación, respaldado por numerosas investigaciones que a lo largo de los años han construido un marco que no puede reducirse como una herramienta más para iniciar proyectos STEM/STEAM.

Para finalizar, es un deber avanzar en la formación docente para la enseñanza de las ciencias con enfoque STEAM (consideramos el acrónimo más cercano al contexto educativo) de manera permanente y continua, siendo aplicado este para fortalecer el interés y la motivación por las ciencias, la mejora en las prácticas de aula científicas y las habilidades de los docentes. Todo esto en función de afrontar las disciplinas integrales, los nuevos problemas científicos y los desafíos globales. Por lo tanto, esta investigación sugiere continuar profundizando en estudios empíricos que aborden de manera más detallada los efectos de la formación en STEAM en docentes de ciencias naturales, ya sea durante su formación inicial o en servicio.

5. AGRADECIMIENTOS

Este artículo fue publicado gracias al apoyo del Comité Académico de Comisiones de Estudio (CACE), de la Secretaría de Educación de Bogotá y el Instituto Colombiano de Crédito Educativo y Estudios Técnicos en el Exterior (ICETEX), quienes han financiado y apoyado el proyecto de investigación: Evaluación de una estrategia de formación en STEAM para docentes de ciencias naturales en colegios públicos de Bogotá, mediante resoluciones 1641 del 27 julio del 2022, 2139 del 28 de julio de 2023 y código de referencia ICETEX 5919704.

6. REFERENCIAS

- Adúriz-Bravo, A., Salazar, I., Mena, N., y Badillo Jiménez, E. (2006). La epistemología en la formación del profesorado de ciencias naturales: aportaciones del positivismo lógico. *Revista Electrónica de Investigación En Educación En Ciencias*, 1(1), 7–23.
- Aguilera, D., y Ortiz-Revilla, J. (2021). Stem vs. Steam education and student creativity: A systematic literature review. *Education Sciences*, 11(7).

<https://doi.org/10.3390/educsci11070331>

- Alan, B., Zengin, F. K., y Keçeci, G. (2019). Using stem applications for supporting integrated teaching knowledge of pre-service science teachers. *Journal of Baltic Science Education*, 18(2), 158–170. <https://doi.org/10.33225/jbse/19.18.158>
- Albright, J., y Domenici, V. (2022). STEAM Project-Based Learning Activities at the Science Museum as an Effective Training for Future Chemistry Teachers. *Education Sciences*, 12(30), 1-32. <https://doi.org/10.3390/educsci12010030>
- Alsina, Á., Batllori, R., Falgàs, M., y Vidal, I. (2019). Self-regulatory traits to the construction of teaching profile in teacher training. *Revista Complutense de Educacion*, 30(1), 55–74. <https://doi.org/10.5209/RCED.55466>
- Ayala, M. M., Garzón, M., y Malagon, F. (2011). Consideraciones Sobre La Formalización Y Matematización De Los Fenomenos Físicos. *Praxis Filosófica*, 1(25), 39–54. <https://doi.org/10.25100/pfilosofica.v0i25.3111>
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., y Koehler, C. M. (2012). What Is STEM? A Discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3–11. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x>
- Cardona Toro, H. L., y Rodríguez Hernández, N. (2021). *Enfoque STEAM. Una posibilidad para la formación de maestros en Educación Infantil*. Universidad Pedagógica Nacional, 1-35 <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/13516>
- Carmona-Mesa, J, Zapata, M. E. C., y Yepes, A. C. (2020). Estudio de fenómenos físicos en la formación inicial de profesores de Matemáticas. Una experiencia con enfoque STEM. *Uni-Pluriversidad*, 20(1), 19–38. <https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.20.1.02>
- Carmona-Mesa, J, Arias, J., y Villa-Ochoa, J. A. (2019). Formación inicial de profesores basada en proyectos para el diseño de lecciones STEAM. *In Revolución en la Formación y la Capacitación para el Siglo XXI* 1(2) (pp. 483–493). <https://doi.org/10.5281/zenodo.3524356>
- Carrascosa, J., Martínez Torregrosa, J., Furió Más, C., y Guisasola Aranzábal, J. (2008). ¿Qué hacer en la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria? *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 5(2), 118–133. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2008.v5.i2.01
- Castiblanco, O. L. (2019). El pensamiento crítico en la formación de profesores de ciencias naturales. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de Las Ciencias*, 14(1), 5–6. <https://doi.org/10.14483/23464712.14117>
- Castro, R. E., y Montoro, M. A. B. (2021). Educación STEM y formación del profesorado de Primaria en España. *Revista de Educación*, 393, 353–378. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2021-393-497>
- Celis, D., y González, R. (2021). Aporte de la metodología Steam en los procesos curriculares.

Revista Boletín Redipe, 10(8). <https://doi.org/10.36260/rbr.v10i8.1405>

Chamizo, J. A., y Pérez, Y. (2017). Sobre la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Iberoamericana de Educación*, 74(1), 23–40. <https://doi.org/10.35362/rie741624>

De Rivas, R., Vilches, A., y Mayoral, O. (2022). Una intervención didáctica sobre Cambio Climático y Sostenibilidad dirigida a alumnado y profesorado de Secundaria, en el marco de los ODS. 30 Encuentros Internacionales de Didáctica de Las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada, Campus de Melilla 7-9 Septiembre de 2022. Libro de Actas, A. Benarroch (Ed.), p. 289-295 (ISBN 978-84-338-7039-1), Universidad de Granada.

Delord, G. (2018). Del discurso tradicional al modelo innovador en enseñanza de las ciencias: obstáculos para el cambio. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 35(77), 2255–3835. <https://doi.org/10.7203/DCES.35.12193>

Domènech-Casal, J., Lope, S., y Mora, L. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 16(2), 2203. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203

Escribano, E. (2018). The Performance of Teachers as a Factor Associated with Educational Quality in Latin America. *Revista Educación*, 42, 717–739. <https://doi.org/10.15517/revedu.v42i2.27033>

Flórez-Aguirre, C., y López-Ríos, S. (2020). La imaginación y la Enseñanza de las Ciencias Naturales en la Educación Básica Primaria. *Uni-Pluriversidad*, 20(e2020108), 151–173. <https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.20.1.09>

García-fuentes, O., y Raposo-rivas, M. (2023). El enfoque educativo STEAM: una revisión de la literatura. *Revista Complutense de Educación*. 34(1), 191–202. <https://dx.doi.org/10.5209/rced.77261>

Kelley, T. R., y Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *In International Journal of STEM Education* (3),(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>

Lawson, M. A., Herrick, I. R., y Rosenberg, J. M. (2021). Better Together: Mathematics and Science Pre-Service Teachers' Sensemaking about STEM. *Educational Technology y Society*, 24(4), 180–192. https://www.i-ets.net/collection/published-issues/24_4

Lee, Y., Paik, S.-H., y Kim, S.-W. (2018). A Study on Teachers Practices of STEAM Education in Korea. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 118(19), 2339–2365. <http://www.ijpam.eu>

Leytón-Yela, G. V., Bucheli Guerrero, V. A., y Ordoñez Erazo, H. A. (2021). Revisión sistemática de literatura: MOOC K-12 y STEAM. *Investigación e Innovación En Ingenierías*, 9(3), 57–81. <https://doi.org/10.17081/invinno.9.3.5546>

Li, Y., Xiao, Y., Wang, K., Zhang, N., Pang, Y., Wang, R., Qi, C., Yuan, Z., Xu, J., Nite, S. B., y Star, J.

- R. (2022). A systematic review of high impact empirical studies in STEM education. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00389-1>
- López-Gamboa, M. V. (2021). Curso virtual: educación STEM / STEAM , concepción e implementación . Experiencias de su ejecución con docentes costarricenses Virtual course : STEM / STEAM education , conception and implementation. *Innovaciones Educativas*, 23(especial), 163-177. <https://doi.org/10.22458/ie.v23iEspecial.3620>
- López-Ríos, S., y Jiménez, M. M. (2020). Profesores de Ciencias: reflexiones, desafíos y retos para la Educación en Ciencias Naturales. *Unipluriversidad*, 20(1), e2020100. <https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.20.1.01>
- López, A. V., Moreno, D., Sidera, D. B., y Picazo, M. L. (2020). Una aproximación a la historia de la ciencia en la provincia de Albacete. *Sabuco: Revista de Estudios Albacetenses*, 14, 103–141. http://doi.org/10.37927/sabuco.14_5103
- Louzano, P., y Moriconi, G. M. (2015). Visión de la docencia y características de los sistemas de formación docente. *Cadernos Cenpec*, 4 (2). <https://doi.org/10.18676/cadernoscenpec.v4i2.287>
- Macías, C. F. G., Sahelices, M. C. C., y Villagrà, J. Á. M. (2020). Una experiencia de práctica pedagógica con docentes en formación en ciencias naturales apoyada en el aprendizaje basado en proyectos (ABPy). *Uni-Pluriversidad*, 20(1), 39–60. <https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.20.1.3>
- Mafugu, T., Tsakeni, M., y Jita, L. C. (2023). Preservice Primary Teachers' Perceptions of STEM-Based Teaching in Natural Sciences and Technology Classrooms. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 22(4), 898-914. <https://doi.org/10.1007/s42330-022-00252-z>
- Marrero, M. E., Gunning, A. M., y Germain-williams, T. (2014). What is STEM Education ? Why is STEM Education Perspectives on the " STEM. *Global Education Review*, 1, 1–6. <https://ger.mercy.edu/index.php/ger/article/view/135>
- Mengist, W., Soromessa, T., y Legese, G. (2020). Method for conducting systematic literature review and meta-analysis for environmental science research. *MethodsX*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.100777>
- Moratonas, M. P., y Ayats, I. S. (2021). STEAM en Educación Infantil. Una visión desde las matemáticas. *Didacticae: Revista de Investigación En Didácticas Específicas*, 10, 8–20. <https://doi.org/10.1344/did.2021.10.8-20>
- Morrin, J. St.O (2017). Transición a una ciencia y cultura transdisciplinarias. *Revista de La Academia*, 24, 111–142. <https://doi.org/10.25074/0196318.0.628>
- Ortiz-Sacro, J., Capera-Figueroa, C., Hernández-Rodríguez, L., y Medina-Henández, J. (2020). La enseñanza de las ciencias: una mirada a la educación del siglo XXI. *Revista Ideales*, 10(July), 86–91. <http://revistas.ut.edu.co/index.php/Ideales/article/view/2270/1696>

- Page, M. J., Mckenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Revista Española de Cardiología*, 9(74), 790-799. . <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Praderio, F., Luzuriaga, M., y Furman, M. (2019). Las Ciencias naturales en la educación primaria para jóvenes y adultos: representaciones sociales y prácticas de docentes transformadores. *Revista Interamericana de Educación de Adultos*, 41(núm 1), 87–110. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457566118005>
- Quigley, C. F., y Herro, D. (2016). “Finding the Joy in the Unknown”: Implementation of STEAM Teaching Practices in Middle School Science and Math Classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(3), 410–426. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9602-z>
- Quigley, C. F., Herro, D., King, E., y Plank, H. (2020). STEAM Designed and Enacted: Understanding the Process of Design and Implementation of STEAM Curriculum in an Elementary School. *Journal of Science Education and Technology*, 29(4), 499–518. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09832-w>
- Romero-Ariza, M., Quesada, A., Abril, A.-M., y Cobo, C. (2021). Changing teachers’ self-efficacy, beliefs and practices through STEAM teacher professional development (Cambios en la autoeficacia, creencias y prácticas docentes en la formación STEAM de profesorado). *Journal for the Study of Education and Development*. <https://doi.org/10.1080/02103702.2021.1926164>
- Siew, N. M., Amir, N., y Chong, C. L. (2015). The perceptions of pre-service and in-service teachers regarding a project-based STEM approach to teaching science. *SpringerPlus*, 4(1), 1–20. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-4-8>
- Solbes, J., Fernández-Sánchez, J., Domínguez-Sales, M. C., Cantó, J., y Guisasola, J. (2018). Influence of teacher training and science education research in the teaching practice of science in-service teachers. *Enseñanza de Las Ciencias*, 36(1), 25–44. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2355>
- Soto, A., Oliveros, M. A., y Roa, R. I. (2022). Curso Taller STEAM para Docentes: una evaluación formativa. *Entreciencias: Diálogos. En La Sociedad Del Conocimiento*, 10(24), 1–19. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2022.24.82377>
- Soto, E., y Rios, J. (2019). La formación de los docentes en investigación como factor de calidad de las universidades tecnológicas mexicanas. *Universo de La Tecnológica*, 12, 7–11. <https://revista.utnay.edu.mx/index.php/ut/article/view/18>
- Toma, R. B., y García-Carmona, A. (2021). Of STEM we like everything but STEM. A critical analysis of a buzzing educational trend. *Enseñanza de Las Ciencias*, 39(1), 65–80. <https://doi.org/10.5565/REV/ENSCIENCIAS.3093>
- Torres, E. A., y Mosquera, A. (2022). Aportes de la educación STEAM a la enseñanza de las ciencias ; una revisión documental entre 2018 y 2021. *Revista Latinoamericana De Educación Científica, Crítica Y Emancipadora*, 1(1), 49–61. <https://revistaladecin.com/index.php/LadECiN/article/view/40>

- Trinidad, O., Furci, V. y Peretti, L. (2019). Formación docente en contexto STEM : actividades experimentales abiertas mediadas por tecnología Arduino en la enseñanza de la física. *Revista de Enseñanza de La Física*, 31, 707–714. www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/
- Useche, G., y Vargas, J. (2019). Una revisión desde la epistemología de las ciencias, la educación STEM y el bajo desempeño de las ciencias naturales en la educación básica y media. *Revista Temas*, 13, 109–121. <https://doi.org/10.15332/rt.v0i13.2337>
- Vaillant, D. (2019). Initial secondary teacher education in Latin America: Dilemmas and challenges. *Profesorado*, 23(3), 35–52. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v23i3.9516>
- Villa Soto, J. C., y Mendoza Rosas, R. M. (2020). Criterios para definir el carácter interdisciplinario de diseños curriculares universitarios. *INTER DISCIPLINA*, 8(20), 169–189. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2020.20.71977>
- White, D., y Delaney, S. (2021). Full STEAM ahead, but who has the map for integration? - A PRISMA systematic review on the incorporation of interdisciplinary learning into schools. *LUMAT*, 9(2). <https://doi.org/10.31129/LUMAT.9.2.1387>
- Wu, Z. (2022). Understanding teachers' cross-disciplinary collaboration for STEAM education: Building a digital community of practice. *Thinking Skills and Creativity*, 46(October), 101178. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101178>
- Yakman, G. (2008). STΣ@M education: an overview of creating a model of integrative education [Paper presentation]. ITEA 2008 Annual Conference, Salt Lake City, UT, Estados Unidos
- Yakman, G., y Lee, H. (2012). Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 32(6), 1072–1086. <https://doi.org/10.14697/jkase.2012.32.6.1072>

Para citar este artículo:

Camacho-Tamayo, E., y Bernal-Ballén, A. (2024). Educación STEAM como estrategia pedagógica en la formación docente de ciencias naturales: Una revisión sistemática. *EduTEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (87), 220-235. <https://doi.org/10.21556/edutec.2024.87.2929>