



Apropiación de la educación STEM/STEAM en Colombia: una revisión a la producción de trabajos de grado

Appropriation of STEM/STEAM Education in Colombia: A Review of Undergraduate Thesis Production

Apropriação da educação STEM/STEAM na Colômbia: uma revisão da produção de trabalhos de graduação

Alejandra Marín-Ríos¹
Jessica Cano-Villa²
Alejandra Mazo-Castañeda³

Recibido: enero de 2023

Aceptado: abril de 2023

Para citar este artículo: Marín-Ríos, A., Cano-Villa, J. y Mazo-Castañeda, A. (2023). Apropiación de la educación STEM/STEAM en Colombia: una revisión a la producción de trabajos de grado. *Revista Científica*, 47(2), 55-70. <https://doi.org/10.14483/23448350.20473>

Resumen

La educación STEM es un enfoque que busca responder a las demandas de una sociedad altamente digitalizada y con problemas emergentes que no se resuelven desde un solo campo disciplinar. En Colombia han proliferado iniciativas desde distintos sectores, aún aisladas y con pocos reportes en la educación superior, particularmente en la formación inicial de profesores. Por esta razón, este artículo tuvo como objetivo analizar las comprensiones y apropiaciones del enfoque educativo STEM/STEAM en el país desde la formación profesional. Para ello, se realizó una revisión crítica de trabajos de pregrado a partir de las siguientes categorías: finalidades, acrónimos y denominaciones; integración de las disciplinas; objetivos de aprendizaje; y estrategias para su implementación. Como resultado, se encontró una preferencia por el uso del acrónimo STEM, y se resaltó la interdisciplinariedad como el nivel de integración pretendido en el diseño de experiencias de aula, pero al mismo tiempo se reconocieron desafíos para su consecución, así como discusiones aún limitadas acerca de la manera en que podrían constituirse relaciones significativas entre las disciplinas del acrónimo STEM/STEAM.

Palabras clave: enfoque STEM; formación inicial de profesores; formación profesional: interdisciplinariedad; revisión crítica de literatura; trabajos de grado.

1. M. Sc. Universidad de Antioquia (Medellín-Antioquia, Colombia). alejandra.marinr@udea.edu.co.
2. Universidad de Antioquia (Medellín-Antioquia, Colombia). jessica.canov@udea.edu.co.
3. Universidad de Antioquia (Medellín-Antioquia, Colombia). alejandra.mazo1@udea.edu.co.

Abstract

STEM education is an approach that aims to respond to the demands of a highly digitized society with emerging problems that cannot be solved from a single disciplinary field. In Colombia, initiatives have proliferated from different sectors, still isolated and with few reports in higher education, particularly in initial teacher training. Therefore, this article aimed to analyze the understandings and appropriations of the STEM/STEAM educational approach in the country from a perspective of professional training. To this effect, a critical review of undergraduate works was carried out based on the following categories: purposes, acronyms and denominations; levels of integration; learning objectives; and implementation strategies. As a result, a preference for using the STEM acronym was found, and interdisciplinarity was highlighted as the level of integration sought in the design of classroom experiences, but, at the same time, challenges for achieving it were recognized, as well as discussions that are still limited regarding the way in which meaningful relationships could be established between the disciplines of the STEM/STEAM acronym.

Keywords: critical review; initial teacher training; interdisciplinarity; final graduation works; professional training; STEM approach.

Resumo

A educação STEM é uma abordagem que busca responder às demandas de uma sociedade altamente digitalizada com problemas emergentes que não podem ser resolvidos a partir de um único campo disciplinar. Na Colômbia, proliferaram iniciativas de diferentes setores, ainda isoladas e com poucos relatos na educação superior, particularmente na formação inicial de professores. Por isso, este artigo teve como objetivo analisar os entendimentos e apropriações da abordagem educacional STEM/STEAM no país a partir da formação profissional. Para isso, foi realizada uma revisão crítica dos trabalhos de graduação com base nas seguintes categorias: propósitos, siglas e denominações, integração das disciplinas, objetivos de aprendizagem e estratégias para sua implementação. Como resultado, constatou-se a preferência pelo uso da sigla STEM e destacou-se a interdisciplinaridade como o nível de integração buscado na construção das experiências de sala de aula, mas ao mesmo tempo reconheceram-se desafios para sua concretização, bem como ainda discussões limitadas sobre como relações significativas poderiam ser estabelecidas entre as disciplinas da sigla STEM/STEAM.

Palavras-chaves: abordagem STEM; formação inicial de professores; formação profissional; interdisciplinaridade; projetos de graduação; revisão crítica da literatura.

INTRODUCCIÓN

El movimiento de la educación STEM/STEAM está alcanzando un alto grado de popularización en Iberoamérica. Sin embargo, esto no significa que el discurso en torno a este enfoque sea homogéneo (Tovar, 2019). La imprecisión de su definición (Domènech-Casal *et al.*, 2019) ha dado lugar a indagaciones teóricas acerca de cuál es su naturaleza, las finalidades que persigue y cómo debe ser implementada en las aulas de clase (Thibaut *et al.*, 2018; Tovar, 2019; Aguilera *et al.*, 2021). En particular, Domènech-Casal *et al.* (2019) declaran que la educación STEM abarca todo un espectro de enfoques metodológicos y pedagógicos, así como una diversidad de herramientas tecnológicas que podrían resultar útiles para mantener el interés en las profesiones científico-tecnológicas que impulsan el desarrollo de las sociedades industrializadas.

Dada la apertura del enfoque, algunas comunidades académicas y territorios han delimitado sus propias comprensiones acerca de STEM. Particularmente Colombia –que, junto con Argentina, Ecuador y Chile, ha mostrado un interés creciente por este tema (Tovar, 2019)– plantea el enfoque educativo STEM+ para

el país, y ha propiciado la formación continua de docentes, así como de los niños y jóvenes en diversos escenarios (Colombia Aprende, s.f.). Desde los Territorios STEM+ también se evidencian apropiaciones del enfoque que buscan aportar a la solución de las problemáticas locales (Cano and Ángel, 2020).

A partir de algunas producciones colombianas que se han basado en la producción internacional, se podría entender la educación STEM/STEAM/STEAM+ como la aproximación interdisciplinaria a problemas contextuales o reales relevantes para los estudiantes en su proceso de formación integral. Esta busca sobrepasar los límites entre disciplinas –no solo las STEM–, pero al mismo tiempo procura un desarrollo riguroso del contenido de cada una de ellas para su aprendizaje (Botero, 2018). Adicionalmente, considera las condiciones socioculturales y de género de los estudiantes para realizar un proceso plural e inclusivo, y enfatiza en un referente ético para el uso del conocimiento y las tecnologías que redunde en el bienestar colectivo (OEI et al., 2020).

No hay una única manera de llevar el enfoque al aula de clase, ya que este acoge distintas metodologías activas como el aprendizaje basado en proyectos (ABPy) y el aprendizaje basado en problemas (ABP), la indagación, el diseño en ingeniería y la modelación matemática, entre otras (Thibaut et al., 2018). Asimismo, las formas de implementación a nivel institucional corresponden a distintos niveles, desde los exploratorios –apoyados en actividades extracurriculares–, hasta los de inmersión total, en las cuales este enfoque orienta el currículo escolar y la institución educativa se concibe como un ambiente para el aprendizaje del siglo XXI que motiva a la innovación en todos sus espacios (Cano and Ángel, 2020; López et al., 2020).

Si bien los elementos mencionados anteriormente ya habían sido explorados en diversos países, tanto en la investigación de las didácticas específicas como en las prácticas de aula cotidianas, de acuerdo con Botero (2018), se pueden encontrar al menos dos elementos diferenciales en la propuesta STEM. El primero está relacionado con el interés de introducir la ingeniería al currículo escolar de la educación básica, a través del diseño de ingeniería como proceso que posibilita la integración de las ciencias, las matemáticas y la tecnología. El otro elemento tiene que ver con los propósitos que se persiguen en este siglo, uno de los cuales es formar ciudadanos con responsabilidad ética frente a problemas globales y locales que desarrollen competencias para adaptarse e innovar en una sociedad altamente tecnológica y cambiante (Botero, 2018).

De acuerdo con los miembros de STEM Academia –de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales–, la incursión de Colombia en el trabajo por la educación STEM data de hace más de dos décadas. Se inició con Pequeños Científicos, enfocado en el área de ciencias, y, desde el 2018, STEM Academia recoge distintas iniciativas educativas. Sin embargo, si se analiza desde la perspectiva CTeI (Ciencia, Tecnología e Innovación), hace más de 30 años ha estado en construcción una política de articulación e impulso de una cultura científica en el país. Una de sus estrategias para la población infantil y juvenil es el Programa Ondas (OEI et al., 2020).

Actualmente se han identificado “152 organizaciones y profesionales referentes [...] más de 270 iniciativas realizadas por los actores en el territorio” (OEI et al., 2020, p. 13), desde los programas de extensión de instituciones públicas y privadas de educación superior hasta colectivos nacionales como CONASTEM-STEM Education Colombia (Gutiérrez, 2020) y alianzas internacionales como Red STEM Latinoamérica (de la Fundación Siemens Stiftung) y Red Educa STEAM-OEA (OEI et al., 2020).

Es importante resaltar que, desde el inicio, los colectivos nacionales han sido liderados por ingenieros que trabajan en el ámbito de la educación. No obstante, la participación en estos espacios y en redes ha implicado su difusión entre formadores de profesores universitarios, así como licenciados en formación y en ejercicio, ampliando el espectro de profesionales en los espacios en los que se reflexiona y se crean

conjuntamente estrategias para una educación STEM. En correspondencia con lo anterior, comprendiendo que no solo los educadores están interesados y ejercen influencia sobre la educación básica colombiana, emergió el interés de analizar las comprensiones que han circulado en el país sobre el enfoque STEM/STEAM y de qué manera los futuros profesionales, entre ellos los profesores en formación, se proponen llevarlo a las aulas de clase.

METODOLOGÍA

Para dilucidar cómo se ha comprendido y apropiado el enfoque STEM en Colombia durante la etapa final de la formación profesional, se realizó una revisión crítica de literatura ([Grant and Booth, 2009](#); [Guirao, 2015](#)). Para identificar los documentos a analizar, se indagó en los repositorios de 42 universidades públicas y privadas del país con programas de pregrado en educación. Los criterios de inclusión fueron: (1) que las palabras STEM o STEAM se encontraran en el título, las palabras clave y/o el resumen; (2) que la producción tuviera relación directa con el campo educativo; y (3) que se tratara de un trabajo para obtener el grado profesional. La búsqueda se realizó en mayo de 2022 y arrojó un total de 2164 documentos, de los cuales se descartaron 1885 por no cumplir con el segundo criterio. Finalmente, quedaron 20 trabajos producidos entre 2014 y 2021, los cuales cumplían con el tercer criterio.

En la [Tabla 1](#) se puede observar que entre 2014 y 2018 hubo un trabajo esporádico en esta temática, con iniciativa desde los programas de ingeniería. A partir del 2020, se observa su proliferación en diversas universidades del país. En total, se consideraron los trabajos producidos en 10 instituciones de educación superior (7 privadas y 3 públicas). Los trabajos estuvieron enfocados mayoritariamente en la educación básica.

La revisión de los documentos permitió clasificarlos en cuatro tipos. El primero es *fundamentación de diseño* (n=6), utilizado en ingeniería, diseño y licenciatura en electrónica. En este tipo de estudio se justifica un diseño a partir de un problema educativo y su conexión con la agenda STEM. Ninguno de estos trabajos implementó de manera completa los diseños propuestos; solo los tres primeros realizaron pruebas piloto. El segundo tipo de trabajos pertenece a la categoría de *aplicación* (n=9), ya que, además de proponer un diseño de intervención en el aula con distintas estrategias metodológicas, analizan sus implicaciones en el aprendizaje de los estudiantes. Todos los trabajos de licenciatura se desarrollaron bajo una metodología cualitativa y, de los tres de ingeniería, dos fueron de tipo mixto. Uno de ellos no declaró un enfoque metodológico específico.

El tercer tipo de documento es *revisión de literatura* (n=3) y se centra en analizar aspectos conceptuales del enfoque, así como experiencias educativas. Los tres trabajos analizados se realizaron en el año 2020. [Yepes \(2020\)](#) empleó 54 artículos de todos los continentes para examinar aspectos conceptuales, [Acevedo \(2020\)](#) identificó 14 documentos en cuatro bases de datos y memorias de eventos académicos para dar cuenta de los desarrollos y desafíos de la educación STEM/STEAM no formal en Iberoamérica y [Cutiérrez \(2020\)](#) analizó 70 fuentes que le sirvieron para reconocer las condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM desde las relaciones entre saber, poder y subjetivación. Por último, el documento clasificado como *otro* (n=1) tenía como propósito apreciar las posibilidades de implementar una educación STEM en un programa de formación inicial de profesores en educación infantil, para lo cual empleó encuestas, entrevistas y análisis documental y de prácticas educativas ([Cardona and Rodríguez, 2021](#)).

El proceso de selección y clasificación de los documentos corresponde a la primera de las tres fases del análisis de contenido descritas por [Bardin \(2022\)](#): el *preanálisis*. El *aprovechamiento del material* se refiere a la aplicación de las reglas de categorización consensuadas. Para esto, se tomaron dos textos, que fueron

Tabla 1. Trabajos de grado sobre educación STEM/STEAM en Colombia

Autores	Año	Pregrado	Tipo de trabajo	Nivel educativo al que va dirigido	Institución de educación superior
Avendaño, A.	2014	Ingeniería electrónica	Fundamentación de diseño	Secundaria	Universidad de los Andes
Vargas, L.	2015	Ingeniería electrónica	Fundamentación de diseño	Primaria	Universidad de los Andes
Escobar, N., & Runceria, J.	2017	Ingeniería de sistemas	Aplicación	Primaria	Universidad de Cundinamarca
Rodríguez, M.	2018	Licenciatura en educación básica con énfasis en educación artística	Aplicación	Primaria	Corporación Universitaria Minuto de Dios
Hernández, J., & Calderón, J.	2019	Licenciatura en educación básica con énfasis en educación física	Aplicación	Primaria	Universidad de Cundinamarca
Zapata, D., Duque, P., & González, C.	2019	Licenciatura en educación básica con énfasis en ciencias naturales y educación ambiental	Aplicación	Secundaria	Universidad de Antioquia
Andrade, M.	2019	Diseño	Fundamentación de diseño	Primaria	Universidad de los Andes
Yepes, D.	2020	Licenciatura en informática y medios audiovisuales	Revisión documental	Educación básica, media y superior	Universidad de Córdoba
León, J.	2020	Administración de empresas	Fundamentación de diseño	Primaria	Universidad Javeriana
Gutiérrez, M.	2020	Licenciatura en biología	Revisión documental	N/A	Universidad Pedagógica Nacional
Losada, E., & Chala, V.	2020	Licenciatura en educación en ciencias naturales y educación ambiental	Aplicación	Secundaria	Corporación Universitaria Minuto de Dios
Sánchez, B., & Casallas, C.	2020	Ingeniería electrónica	Aplicación	Primaria	Universidad de Cundinamarca
Penagos, L., Fonseca, S., & Cruz, A.	2020	Ingeniería electrónica	Aplicación	Secundaria	Universidad Cooperativa de Colombia
Ramírez, M.	2020	Licenciatura en educación infantil	Aplicación	Primaria	Universidad Autónoma de Bucaramanga
Arguello, V., Chaparro, M., & García, L.	2020	Licenciatura en educación infantil	Aplicación	Educación infantil	Universidad Autónoma de Bucaramanga
Cárdenas, L.	2020	Ingeniería industrial	Fundamentación de diseño	Secundaria	Universidad Libre
Acevedo, S.	2020	Licenciatura en matemáticas y física	Revisión documental	Educación básica, media y superior	Universidad de Antioquia
Díaz, L., & Rojas, M.	2020	Licenciatura en diseño tecnológico	Fundamentación de diseño	Educación superior	Universidad Pedagógica Nacional
Guerrero, M.	2021	Licenciatura en electrónica	Fundamentación de diseño	Secundaria	Universidad Pedagógica Nacional
Cardona, H., & Rodríguez, N.	2021	Licenciatura en educación infantil	Otro	Educación superior (formación inicial de profesores)	Universidad Pedagógica Nacional

revisados por cada una de las autoras y discutidos conjuntamente, con el fin de delimitar las categorías de análisis *a priori* a partir de los componentes que caracterizan el enfoque STEM/STEAM (Tabla 2). La sistematización se realizó en una matriz que permitió la descripción de resultados a partir de interpretaciones sobre la información dispuesta de manera horizontal y vertical, es decir, se examinó la consistencia de cada trabajo desde las distintas categorías, y se compararon y contrastaron los documentos para encontrar tendencias.

RESULTADOS

Comprensiones acerca de la Educación STEM/STEAM

Denominaciones

Una primera aclaración sobre el término es que las siglas por sí solas se refieren al estudio y la práctica de cuatro campos: ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (Escobar and Runceria, 2017). Para su uso en este sentido se suelen utilizar expresiones como *carreras STEM* (Andrade, 2019) o *profesionales en áreas STEM* (Losada and Chala, 2020). Algunos autores rescatan la recomendación de utilizar *educación STEM* para referirse a la búsqueda de la integración interdisciplinar (Penagos et al., 2019; Cárdenas, 2020). Respecto a los acrónimos, solo en la cuarta parte de los documentos se utiliza STEAM con la intención

Tabla 2. *Categorías y subcategorías para el análisis*

Categorías	Subcategorías	Referentes
Finalidades	<ul style="list-style-type: none"> Económicas – Desarrollo económico personal y nacional Académicas – Mejora en rendimiento académico en áreas STEM Vocacionales – Fomento de ingreso a profesiones STEM Alfabetización – Formación en STEM para toda la población Innovación/emprendimiento – Promoción de la innovación y el emprendimiento Inclusión – Promoción del acceso inclusivo a carreras STEM considerando aspectos de género y etnia, entre otros Ética/sostenibilidad – Fortalecimiento de prácticas en STEM desde referentes éticos y para la sostenibilidad 	Aguilera et al. (2021) Botero (2018) OEI et al., (2020)
Acrónimos y denominaciones	S-T-E-M, STEM, Educación STEM, Educación STEM integrada, STEAM, Educación STEAM, STEM+H	(Sanders, 2009) Cano and Angel (2020)
Niveles de integración	Disciplinar, multidisciplinar, interdisciplinar, transdisciplinar	English (2016)
Objetivos de aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> Competencias o habilidades: pensamiento crítico, resolución de problemas, creatividad, comunicación, colaboración y pensamiento computacional, entre otras Conocimientos: prácticas, ideas centrales de cada área STEM y conceptos transversales Actitudes y valores: principios éticos como la responsabilidad, honestidad, promover la equidad y la inclusión, entre otros 	OEI et al. (2020)
Estrategias metodológicas	<ul style="list-style-type: none"> Aprendizaje basado en problemas (ABP) Aprendizaje basado en proyectos (ABPy) Indagación, investigación Modelación o modelización matemática Diseño de ingeniería 	Thibaut et al. (2018)

de integrar las artes, y en los demás prevalece STEM. No se utilizan los acrónimos extendidos por algunas instituciones en Colombia, como STEM+ o STEM+H.

Sobre la educación STEM/STEAM se encontraron múltiples denominaciones: *modelo* (educativo, pedagógico, de enseñanza), *metodología*, *estrategia*, *método*, *corriente educativa* y *enfoque*. Se asume como la agrupación de las áreas del acrónimo ([Hernández and Calderón, 2019](#)) o, más específicamente, como su integración ([Acevedo, 2020](#); [Arguello et al., 2020](#); [Losada and Chala, 2020](#); [Ramírez, 2020](#)). Considerando lo anterior, debido a la multiplicidad de definiciones encontradas en los documentos, se ratifica que su concepción aún no es clara ni mucho menos uniforme. Sin embargo, sí se encuentra como tendencia el uso de la expresión *enfoque interdisciplinario* (en seis de los documentos), mientras que el uso de las demás denominaciones se hace de manera nominal o muy superficial, no se explican en detalle sus implicaciones e incluso se combinan varias de ellas.

Finalidades

En relación con las finalidades de implementar la educación STEM se destacan el desarrollo económico nacional, el desarrollo científico, el desarrollo social (alfabetización, inclusión y sostenibilidad) y la calidad educativa.

En primer lugar, se considera que las cuatro materias del acrónimo resultan esenciales para *favorecer la economía nacional* ([Hernández and Calderón, 2019](#)); de ahí que los países en vía de desarrollo deban priorizar su fortalecimiento ([Yepes, 2020](#)). Uno de los problemas por resolver es que, ante la alta demanda de profesionales con competencias en STEM ([Vargas, 2015](#)), hay una disminución en el interés de los jóvenes por este tipo de estudios ([León, 2020](#); [Gutiérrez, 2020](#)). Además, muchos de los empleos que existen actualmente se están transformando, exigiendo habilidades creativas ([Rodríguez, 2018](#)), tecnológicas ([Yepes, 2020](#)) y de trabajo colaborativo en equipos interdisciplinarios para favorecer la innovación ([Zapata et al., 2019](#)). En este sentido, las propuestas de educación formal y no formal pueden contribuir con este propósito desde la orientación vocacional hacia carreras científico-tecnológicas ([Acevedo, 2020](#); [Losada and Chala, 2020](#)).

La finalidad de *progreso científico*, al lado de la innovación, toma fuerza toda vez que se supone que la investigación puede contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas, es decir, se encuentra en ella una utilidad práctica ([Gutiérrez, 2020](#)). Se considera que la investigación científica y la innovación tecnológica se nutren de la interdisciplina y de otras habilidades que también se requieren para desenvolverse en el mundo actual ([Yepes, 2020](#)). En definitiva, se propone motivar la formación de futuros científicos que transformarán el mundo ([Díaz and Rojas, 2020](#)).

Por otro lado, desde el *desarrollo social*, la literatura internacional retomada por los autores colombianos hace énfasis en que todas las personas necesitan una formación científica que les posibilite el uso de procesos sistemáticos para encontrar respuestas a las preguntas que surgen en diversos ámbitos ([Díaz and Rojas, 2020](#)). En general, la alfabetización STEM promueve la formación conceptual, procedimental y actitudinal en cada una de las cuatro disciplinas, pero también la capacidad de reconocer sus conexiones y de “identificar y aplicar los contenidos de cada disciplina en la búsqueda de soluciones frente aquellas problemáticas que no pueden ser resueltas desde un solo enfoque” ([Gutiérrez, 2020, p. 72](#)).

La *inclusión* desde el enfoque está relacionada con garantizar la formación para todos, pero específicamente con corregir el sesgo de género y de estrato socioeconómico ([Sánchez and Casallas, 2020](#); [Cardona and Rodríguez, 2021](#)). La brecha de acceso a carreras STEM entre mujeres y hombres representa una disminución en las oportunidades de desarrollo individual y social, por lo que resulta ineludible la

participación universal en procesos relacionados con las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas ([Gutiérrez, 2020](#)). Por esta razón, se plantea que la educación STEM puede facilitar el proceso de aprendizaje de todos los estudiantes, no solo de aquellos que muestran afinidad con este tipo de materias ([Rodríguez, 2018](#)). Se insiste en que esto suceda desde la infancia y que las niñas se acerquen a ejemplos de científicas reconocidas en el país ([Andrade, 2019](#)).

En la lógica de poner el conocimiento al servicio del ser humano, en algunos trabajos se hace alusión al aporte de la educación STEM a la sostenibilidad ambiental y social de los seres humanos en el planeta. Se manifiesta que algunos de los problemas que deben ser abordados en la actualidad son complejos y sistémicos, tales como el calentamiento global, la producción de energía ([Losada and Chala, 2020](#)), la contaminación, la violencia y la desigualdad social. Su tratamiento se presenta como una posibilidad de ampliar la formación eminentemente técnica a una más integral ([Acevedo, 2020](#)). No obstante, este es un tema que no aparece de manera explícita ni frecuente en los trabajos de grado analizados.

Por último, relacionada con las finalidades anteriores, se encuentra la *calidad educativa*. La relevancia y pertinencia educativas están relacionadas con las decisiones didácticas que toma el profesor para hacer que las experiencias de aprendizaje tengan sentido y significado para los estudiantes y les sean de utilidad en múltiples ámbitos de la vida. Esto se logra a través de la contextualización y experimentación en el mundo real de las temáticas estudiadas, así como de la interdisciplinariedad como recreación didáctica alternativa para la congregación de disciplinas ([Yepes, 2020](#)) con el fin de desarrollar competencias.

La preocupación por mejorar los resultados académicos es un asunto recurrente. En particular, se destacan las bajas puntuaciones que tiene el país en ciencias y matemáticas en las pruebas internacionales ([Acevedo, 2020](#); [Penagos et al., 2020](#)). En este sentido, el enfoque podría aportar estrategias innovadoras que promuevan la motivación en los estudiantes hacia las disciplinas STEM ([Díaz and Rojas, 2020](#)), bien sea en ámbitos formales o no formales ([Acevedo, 2020](#)), al entender cómo aplicarlas en su cotidianidad ([Avenidaño, 2014](#)) y fomentar su curiosidad y creatividad ([Yepes, 2020](#); [Cardona and Rodríguez, 2021](#)). Se espera que la transformación de la enseñanza aumente la confianza de los estudiantes en estas materias ([Acevedo, 2020](#)) y les permita apreciarlas de manera distinta, y que las habilidades promovidas repercutan favorablemente en los resultados de aprendizaje ([Cárdenas, 2020](#)).

Objetivos de aprendizaje

Teniendo en cuenta que el enfoque STEM se suele oponer a la enseñanza tradicional, y que uno de los aspectos que caracterizan a esta última es el énfasis en contenidos temáticos, se puede entender el bajo número de documentos que se atreven a ubicar el aprendizaje de conceptos como un asunto central. Como excepción, se encuentran algunas ideas de [Yepes \(2020\)](#) para enfatizar la enseñanza como un proceso articulado alrededor de un tema específico, pero presentado desde una problemática real. Este autor explica que no solo se trata de enseñar conceptos, sino también prácticas disciplinares.

Mayoritariamente se reconoce el desarrollo de competencias y/o habilidades de tipo cognitivo y emocional como objetivo central del enfoque. Las más comunes son pensamiento crítico, comunicación, creatividad, colaboración e investigación ([Cárdenas, 2020](#); [Penagos et al., 2020](#); [Yepes, 2020](#)); resolución de problemas, autonomía, inteligencia emocional, emprendimiento y liderazgo ([Gutiérrez, 2020](#)); innovación ([Avenidaño, 2014](#); [Ramírez, 2020](#)); tolerancia al fracaso y administración del tiempo ([Guerrero, 2021](#)); planificación de estrategias ([Losada and Chala, 2020](#)); y pensamiento computacional y sistémico ([Sánchez and Casallas, 2020](#)).

Estrategias

Las estrategias se asocian con metodologías activas de la corriente constructivista (Yepes, 2020), tales como el aprendizaje basado en problemas (APB) (Ramírez, 2020; Sánchez and Casallas, 2020; Cardona and Rodríguez, 2021) y el aprendizaje basado en proyectos (APBy) (Escobar and Runceria, 2017; Guerrero, 2021). El trabajo o aprendizaje cooperativo (Hernández and Calderón, 2017), el uso de juegos (Losada and Chala, 2020) y el diseño ingenieril (Vargas, 2015) son reconocidos y usados en algunos trabajos. Con menos frecuencia, se mencionan el aprendizaje basado en indagación (Gutiérrez, 2020), el aprendizaje basado en retos y el pensamiento computacional (Acevedo, 2020), mientras que el *thinking* y el movimiento *maker* solo se nombran en dos de las revisiones. Otra forma de viabilizar el enfoque STEM se encuentra en la robótica educativa (RE) (Avenidaño, 2014; Vargas, 2015; Escobar and Runceria, 2017; Sánchez and Casallas, 2020) y, por lo general, las estrategias son combinadas (e.g., ABPy, RE y trabajo cooperativo).

Integración de disciplinas

En la integración de disciplinas se observa no solo el nivel de integración recomendado para el enfoque STEM/STEAM, sino también el papel que juega cada disciplina y la forma en que estas logran conectarse para posibilitar un hilo conductor en las propuestas de aula. La integración STEM se da desde la convergencia de al menos dos de las asignaturas del acrónimo (Gutiérrez, 2020) hasta un trabajo articulado de las cuatro áreas, incluso involucrando otras materias escolares (Avenidaño, 2014). Esto se justifica con el hecho de que los problemas reales se presentan como un todo integrado (Vargas, 2015).

Las ciencias se entienden como un conjunto de conocimientos acumulados por la humanidad, verificables desde la observación y la experimentación (Ramírez, 2020), que brindan un método para estudiar el entorno natural (Yepes, 2020) y movilizan preguntas orientadas a la comprensión de las leyes de funcionamiento del mundo (Vargas, 2015), la observación de propiedades, la indagación y la explicación de fenómenos (Arguello et al., 2020; Ramírez, 2020). No obstante, a estos elementos se le puede añadir su carácter social, en tanto abordan temas de interés para la ciudadanía (Gutiérrez, 2020). Así, las ciencias ofrecen conocimiento que sustenta el progreso y puede contribuir a la resolución de problemas (Hernández and Calderón, 2019). Sin embargo, la priorización del carácter utilitario de la ciencia podría relegar otras cuestiones como el disfrute del conocer o la reflexión sobre el ser humano en convivencia con otras especies en el planeta (Gutiérrez, 2020).

La tecnología es un conjunto de herramientas humanas creadas para satisfacer necesidades cambiantes (Cardona and Rodríguez, 2021). Puede observarse su inclusión en el currículo de dos maneras: como una asignatura independiente o como una herramienta para la enseñanza de otras asignaturas (Yepes, 2020). En la primera se consideran componentes como su naturaleza, su relación con la sociedad, las habilidades para su manejo y el diseño y rediseño del entorno (Vargas, 2015), así como los elementos culturales, económicos, políticos y ambientales del comportamiento humano al interactuar con tecnología y al ejercer nuevos controles sobre el medio natural y artificial (Gutiérrez, 2020). Respecto a la segunda manera, la tecnología se puede asumir como punto de convergencia y apoyo para otras áreas desde la pregunta por el origen, la composición, el funcionamiento, la utilidad, la reparación y el rediseño de distintos artefactos (Arguello et al., 2020).

La ingeniería se asocia al diseño y creación de productos acordes con las necesidades contextuales (Gutiérrez, 2020), considerando restricciones como las leyes de la naturaleza (Vargas, 2015) y requerimientos de precisión, estabilidad y funcionalidad (Cardona and Rodríguez, 2021), con el fin de

proporcionar alternativas cada vez mejores para las actividades humanas ([Arguello et al., 2020](#)). La competencia en ingeniería implica creatividad e iniciativa ([Ramírez, 2020](#)) y está estrechamente relacionada con el diseño tecnológico ([Yepes, 2020](#); [Losada and Chala, 2020](#); [Cardona and Rodríguez, 2021](#)). De esta manera, la ingeniería se presenta como una vía efectiva y novedosa para la integración ([Gutiérrez, 2020](#)) y el desarrollo de habilidades para el siglo XXI ([Arguello et al., 2020](#)).

Las matemáticas se conciben como un saber fundamental y necesario para el desarrollo de los demás conocimientos ([Gutiérrez, 2020](#)) a través del pensamiento lógico ([León, 2020](#)) y la abstracción ([Ramírez, 2020](#)). Además de ofrecer un lenguaje universal ([Cardona and Rodríguez, 2021](#)) que aporta formas de representación ([Yepes, 2020](#)), es evidente su utilidad en la solución de problemas cotidianos ([Losada and Chala, 2020](#)), profesionales ([Cárdenas, 2020](#)) y de cualquier otra índole. De acuerdo con [Acevedo \(2020\)](#), para la educación no formal en Iberoamérica, se ha asumido que las matemáticas pueden aprenderse desde la aplicación de la ciencia y la ingeniería.

El arte como un medio para la expresión de ideas y sentimientos está vinculado a la creatividad ([Ramírez, 2020](#)), pero también a diferentes habilidades corporales y cognitivas que favorecen la transformación personal, así como a la sensibilidad, la reflexión, la iniciativa y la espontaneidad ([Cardona and Rodríguez, 2021](#)). Aunque frecuentemente se le asocia con las artes plásticas y manuales, también puede encontrarse en la literatura y la música. Ninguno de los trabajos hace alusión a las artes en el sentido de artes liberales o humanidades. De manera análoga al hallazgo de [Acevedo \(2020\)](#), el arte no se evidencia de manera amplia en las propuestas. En su vinculación con las otras áreas del acrónimo, particularmente con la ingeniería, se ha limitado su acción a la creación de obras y herramientas con una función específica ([Cardona and Rodríguez, 2021](#); [Rodríguez, 2018](#)), lo que ha dado lugar a cuestionamientos respecto a la exclusión de otras formas de comprender el arte ([Gutiérrez, 2020](#)).

Para implementar el enfoque STEAM, es necesario aprovechar los puntos en común entre todas las áreas, los cuales se han identificado en las relaciones entre habilidades ([Arguello et al., 2020](#)), en temas transversales ([Cardona and Rodríguez, 2021](#)), en contextos problematizados ([Gutiérrez, 2020](#)) e incluso en competencias disciplinares o temáticas específicas de otras áreas, como es el caso de la educación física ([Hernández and Calderón, 2019](#)). En los trabajos se encuentran conexiones explícitas como la posibilidad de resolver problemas y el desarrollo de habilidades como la creatividad.

Ahora bien, para su puesta en funcionamiento, el enfoque es flexible y mantiene un espectro desde lo disciplinar hasta lo interdisciplinar ([Vargas, 2015](#)). Algunos reconocen la dificultad que implica enseñar ciertos contenidos en relación con otras áreas, o concuerdan con que en algunos casos debe existir primero una comprensión conceptual desde la disciplina para luego entablar diálogos interdisciplinarios ([Cardona and Rodríguez, 2021](#)). Otros recomiendan una aproximación multidisciplinaria para mostrar a los estudiantes que es posible el estudio de un objeto desde perspectivas complementarias ([Hernández and Calderón, 2019](#)). Mientras que un acercamiento interdisciplinar es favorecido por problemas reales que requieren de diferentes áreas de estudio para su solución ([Díaz and Rojas, 2020](#)).

Apropiaciones de la educación STEM/STEAM desde las propuestas de aula

Las propuestas de aula diseñadas en 15 de los trabajos de grado se podrían clasificar en las siguientes categorías: aquellos que abordan una temática que pertenece a STEM pero no al currículo tradicional, como la robótica ([Avendaño, 2014](#); [Vargas, 2015](#); [Escobar and Runceria, 2017](#); [Penagos et al., 2020](#); [Sánchez and Casallas, 2020](#)); los que se enfocan en un contenido o competencia de un área del currículo ([Hernández and Calderón, 2019](#); [Zapata et al., 2019](#); [Rodríguez, 2018](#)) o en el desarrollo de competencias del siglo

XXI ([Arguello et al., 2020](#); [Ramírez, 2020](#); [Guerrero, 2021](#)); los que se centran en el uso de la literatura y/o los experimentos en todas las áreas STEM para fomentar las vocaciones científicas ([Andrade, 2019](#); [Losada and Chala, 2020](#)); y los que se ocupan de los ambientes de aprendizaje, así como de los espacios ([Cárdenas, 2020](#)) y los recursos ([León, 2020](#)).

En particular, en los trabajos de robótica desarrollados por futuros ingenieros, el acrónimo STEM es utilizado como una plataforma en la que se inscriben las áreas. Esto permite un encuadre y un enlace con la educación, que en este caso da cabida a estudios que promueven áreas o temáticas innovadoras. La conexión entre las áreas se supone como evidente y queda implícita. En el caso de las matemáticas, se pueden observar conceptos utilizados en la programación y en procesos de medición. También se evidencia el uso de conceptos físicos, el diseño en ingeniería y las habilidades del siglo XXI. De cierta manera, se podría asumir la robótica como un campo integrador de las disciplinas, pues las necesita para su desarrollo, y uno de los principales argumentos para su inclusión en la escuela es la falta de profesionales en las áreas de tecnología.

Las propuestas que se podrían ubicar en un nivel interdisciplinar parecen mantener las relaciones implícitas entre las asignaturas, todas ellas necesarias para aportar al contexto o problema de estudio. Tal es el caso de [Zapata et al. \(2019\)](#) y [Arguello et al. \(2020\)](#), que toman como punto de partida una temática específica en biología; así como el de [Cárdenas \(2020\)](#) y [Guerrero \(2021\)](#), con proyectos que integran todas las áreas STEM a través del diseño y las ciencias (en este caso la física), que en definitiva juegan un papel protagónico. Una de las diferencias entre estos trabajos se encuentra en qué tipo de aprendizajes se analizan o evalúan. En el primero es conceptual, en el segundo una habilidad transversal y en los dos últimos no queda explícito, pero el diseño contempla cualquiera de estas opciones.

En el marco de los proyectos integrados, las matemáticas se usan recurrentemente para la medición (longitudes, áreas y volúmenes), el reconocimiento de figuras geométricas y el análisis de datos estadísticos. En la educación inicial, se refieren al conteo y la clasificación. En las ciencias naturales, se hace referencia a sistemas biológicos humanos, ecosistemas y, en la secundaria, con respecto a la física, se trabajan conceptos de mecánica y electricidad. La tecnología se menciona desde el conocimiento de las estructuras, la construcción de objetos y el uso de medios virtuales para la comunicación. La ingeniería suele asemejarse con la tecnología o el arte a través de los procesos de diseño y, en muchas ocasiones, no se explicita su papel en las propuestas.

Para concluir, en el contraste realizado entre la fundamentación teórica planteada en cada trabajo de grado en correspondencia con el diseño e implementación de los proyectos de aula, se encontró que no se desarrolla plenamente la estrategia, el nivel de integración y los objetivos de aprendizaje en varios casos. Por ejemplo, en uno de los trabajos ([Losada and Chala, 2020](#)) se plantea en el diseño el uso de la gamificación, y en la práctica no se logra reconocer la implementación de dicha estrategia en las diversas actividades planificadas. Por otro lado, tampoco se evidenció claridad en el nivel de integración que se pretendió utilizar en algunos proyectos. Respecto a los objetivos de aprendizaje, aunque se hace mención del desarrollo de habilidades o competencias que favorecen la capacidad de trabajar desde este enfoque, en algunos trabajos ([Vargas, 2015](#); [Hernández and Calderón, 2019](#); [Losada and Chala, 2020](#)) no es posible dilucidar el desarrollo de dichas habilidades; estas quedan en un plano enunciativo, pero no demostrable.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Al analizar los diferentes trabajos de grado descritos en la [Tabla 1](#), se encontraron aspectos comunes y diferenciadores que permitieron el acercamiento a las concepciones, niveles de integración, objetivos de

aprendizaje y estrategias metodológicas que se asocian al enfoque educativo STEM. Asimismo, se reconoció en ellos la necesidad de formar profesionales en áreas científicas y tecnológicas para atender las demandas de la sociedad actual. Es así como se comprende la educación STEM más allá de la innovación ([Acevedo, 2020](#); [Yepes, 2020](#)) y el uso de herramientas digitales ([León, 2020](#)). Con base en esto, se puede considerar: (i) las finalidades que apuntan al desarrollo individual y social a largo plazo a partir de la formación en las cuatro áreas, (ii) la integración de disciplinas, (iii) la contextualización de la enseñanza, preferiblemente a partir de problemas reales y relevantes, (iv) el desarrollo de habilidades transversales o del siglo XXI y (v) metodologías de aprendizaje en las que el estudiante sea más activo.

En particular, una integración desde la interdisciplinariedad se entiende como un posible horizonte de trabajo en la educación STEM, que no deja de presentar desafíos para los profesores. Uno de ellos es el de crear conexiones significativas entre las disciplinas STEM ([Thibaut et al., 2018](#)) y hacerlas explícitas en los procesos educativos ([Tovar, 2019](#)). Este último aspecto hace falta en los trabajos con robótica que se analizaron, teniendo en cuenta el potencial de este campo para la integración. No es claro de qué manera se podría organizar el trabajo a nivel institucional ([Kelley et al., 2021](#)) más allá de restringirlo al área de tecnología o cuál podría ser la división de tareas de los docentes de ciencias y matemáticas y su sincronización temática, entre otros aspectos que proporcionen viabilidad curricular sin que sea de responsabilidad exclusiva de un solo docente.

Como concluye [Acevedo \(2020\)](#) para los estudios no formales en Iberoamérica, en estos trabajos tampoco se reporta una discusión amplia respecto a la integración de las disciplinas dentro de la educación STEM/STEAM. El supuesto de sus beneficios es aceptado y hay un intento por concretar esas ideas en propuestas prácticas, pero no se procura la formulación de modelos más generales que posibiliten su extrapolación a otros contextos y niveles de diseño curricular ([Toma and Greca, 2016](#); [García et al., 2017](#); [Ortiz-Revilla et al., 2021](#)). Aunque algunos autores ([Arguello et al., 2020](#); [Ramírez, 2020](#); [Rodríguez y Cardona, 2021](#)) sí se atreven a presentar consideraciones respecto a cada una de las disciplinas del acrónimo, incluyendo las artes, se evidencia que, en general, el interés no reside en discutir cómo desarrollar comprensiones conceptuales y sobre las prácticas disciplinares específicas, sino sus aplicaciones o contribuciones a procesos más amplios que atraviesan las disciplinas, sobre todo al desarrollo de competencias y habilidades.

La mayoría de los trabajos de grado realizados en el marco de programas en educación abordan la interdisciplinariedad como nivel de integración en su propuesta para conjugar las áreas STEM en el abordaje y solución de situaciones concretas de la vida real. Parece que la interdisciplinariedad se manifiesta cuando las relaciones entre áreas quedan más implícitas y apuntan al desarrollo de competencias transversales ([Ramírez, 2020](#)). Las propuestas que se apoyan en la multidisciplinariedad se concentran en conocimientos y competencias en al menos dos áreas de forma explícita (disciplinar), en el marco de un mismo proyecto o de un conjunto de lecciones ([Hernández and Calderón, 2019](#)). Algunos proyectos permanecen en un nivel disciplinar, pues, aun cuando emplean el contexto de otras áreas, su foco es una de las disciplinas, alguna de sus competencias específicas y/o sus aportes al desarrollo de una competencia transversal ([Arguello et al., 2020](#)).

En correspondencia con lo anterior, un asunto que debe discutirse de manera más amplia en el contexto colombiano es el papel que juega cada una de las disciplinas en las propuestas integradoras, el cual se ve restringido en distintos modelos de implementación, es decir, cada área no se puede desarrollar en todas sus facetas y con todas sus finalidades en un modelo exclusivamente interdisciplinar. Por ejemplo, usualmente las matemáticas tienen la función de herramienta cuando se conectan con las ciencias y la ingeniería, mientras que se invisibiliza su dimensión histórica y los conceptos y procesos de interés que no

pueden ser aplicados inmediatamente a los proyectos conjuntos. De manera similar, el arte se ha restringido a su aspecto instrumental (la creación), con pocas evidencias de procesos relacionados con la sensibilidad y apreciación estética, también concernientes a la educación artística (MEN, 2010).

Por otro lado, llama la atención la escasez de trabajo colaborativo entre docentes de las diferentes áreas para la realización de propuestas de aula integradas. Los docentes que toman la iniciativa son los responsables de guiar las experiencias, organizar el tiempo y dinamizar la implementación de las tareas de distintas áreas. Esta situación implica que los docentes formados en una disciplina específica inevitablemente reducen los procesos o conocimientos específicos de las demás áreas.

Por último, la investigación permitió resaltar que la educación STEM es un ámbito en el que están convergiendo profesionales de distintos campos (educación, ingeniería, diseño y administración), quienes aportan perspectivas que pueden nutrir las experiencias de aula. No obstante, el trabajo entre docentes y diseñadores e ingenieros no es precisamente una tendencia que resalte en la actualidad. En este sentido, se considera importante revisar los apoyos y aliados externos como organizaciones, universidades, centros de tecnología e innovación y expertos en las distintas temáticas de los proyectos. Particularmente, el trabajo conjunto con ingenieros sería una gran oportunidad para profundizar en el potencial de la ingeniería y el proceso de diseño para la integración curricular desde el enfoque STEM/STEAM (Kelley and Knowles, 2016).

Entre las limitaciones que se encontraron en el desarrollo de este trabajo está la heterogeneidad en la configuración de los repositorios de las universidades, las posibilidades que estos ofrecen para las búsquedas y en los metadatos introducidos. Estos aspectos imposibilitan búsquedas sistemáticas en un buen número de repositorios de universidades colombianas. En relación con el objetivo de analizar comprensiones y apropiaciones del enfoque educativo STEM/STEAM en el país desde la formación profesional, se encontraron limitaciones en cuanto a la poca profundidad en el desarrollo teórico sobre STEM y, en consecuencia, las ideas conceptuales que guiaron los diseños. Esto supone un reto especialmente importante para los futuros profesores, que deberán diseñar estrategias, proyectos y planeaciones curriculares como parte de su quehacer profesional.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo fue publicado gracias al apoyo del Comité para el Desarrollo de la Investigación (CODI) de la Universidad de Antioquia, el cual financió el proyecto de investigación *Fundamentación y desarrollo de una propuesta de formación STEM para futuros profesores de matemáticas* (código: 2018-22989).

REFERENCIAS

- Acevedo, S. (2020). *Un estado del arte sobre la educación Stem/Steam no formal en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas: el caso de Iberoamérica* [Tesis de pregrado]. Universidad de Antioquia, Colombia. <https://biotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/17923>
- Aguilera, D., Lupiáñez, J., Perales-Palacios, J., Vílchez-González, J. M. (2021). *Objetivos de la educación STEM. Revisión sistemática*. En Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2021, Lisboa, Portugal.
- Andrade, M. (2019). *Igual mente: Para pequeñas mentes científicas. Manual de proyecto* [Tesis de pregrado]. Universidad de los Andes, Colombia. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/44423>
- Arguello, V., Chaparro, M., García, L. (2020). *Steam creative* [Tesis de pregrado]. Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia. <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/7251>

- Avendaño, A. (2014). *Módulo STEM dirigido a estudiantes de básica secundaria* [Tesis de pregrado]. Universidad de los Andes, Colombia. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/17048/u703423.pdf?seque>
- Bardin, L. (2002). *El análisis de contenido*. Ediciones Akal.
- Botero, J. (2018). *Educación STEM. Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender*. STEM Educación Colombia.
- Cano, L., Ángel, I. (2020). *Medellín Territorio STEM+ H: un diagnóstico de la Secretaría de Educación de Medellín sobre el desarrollo del enfoque en las instituciones educativas de la ciudad*. Universidad Pontificia Bolivariana. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/6205>
- Cárdenas, L. (2020). *Propuesta de diseño de aula de tecnología y espacio creativo como apoyo para educación STEM en COLNUBELEN Cúcuta* [Tesis de grado]. Universidad Libre, Colombia. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/18747>
- Cardona, H., Rodríguez, N. (2021). *Enfoque STEAM. Una posibilidad para la formación de maestros en Educación Infantil* [Tesis de pregrado]. Universidad Pedagógica Nacional, Colombia. <http://repositorio.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/13516>
- Colombia Aprende (s.f.). *Enfoque educativo STEM+ para Colombia*. <https://www.colombiaprende.edu.co/contenidos/coleccion/stemColombia>
- Díaz, L., Rojas, M. (2020) *Elementos a considerar para el diseño de un Club de Ciencia y Tecnología como estrategia de proyección social desde el Departamento de Tecnología de la Universidad Pedagógica Nacional* [Tesis de pregrado]. Universidad Pedagógica Nacional, Colombia. <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/12179>
- Domènech-Casal, J., Lope, S., 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), e2203.
- English, L. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3, 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Escobar, N., Runceria, J. (2017). *Robótica educacional: herramienta para incentivar la educación STEM en las escuelas rurales* [Tesis de pregrado]. Universidad de Cundinamarca, Colombia. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/1309>
- García, Y., Reyes, D., Burgos, F. (2017). Actividades STEM en la formación inicial de profesores: nuevos enfoques didácticos para los desafíos del siglo XXI. *Diálogos Educativos*, 33, 35-46.
- Grant, M. J., Booth, A. (2009). A typology of reviews: An analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information & Libraries Journal*, 26, 91-108. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>
- Guerrero, M. (2021). *Formación de competencias 4.0 a partir del diseño de una unidad didáctica para el ciclo educativo 4 basado en una metodología STEM* [Tesis de pregrado]. Universidad Pedagógica Nacional, Colombia. <http://repositorio.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/16553>
- Guirao, S. (2015). Utilidad y tipos de revisión de la literatura. *ENE, Revista de Enfermería*, 9(2), e1. <https://doi.org/10.4321/S1988-348X2015000200002>
- Gutiérrez, M. (2020). *Condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) y sus relaciones con la Enseñanza de la Biología* [Tesis de pregrado]. Universidad Pedagógica Nacional, Colombia. <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/13193>
- Hernández, J., Calderón, J. (2019). *Aportes de la competencia motriz para el trabajo cooperativo, el análisis y resolución de problemas STEM, en estudiantes de grados quinto de primaria* [Tesis de pregrado]. Universidad de Cundinamarca, Colombia. <http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/2397>

- Kelley, T. Knowles, J. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3, e11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kelley, T., Knowles, J., Han, J., Trice, A. (2021). Integrated STEM Models of Implementation. *Journal of STEM Education: Innovations & Research*, 22(1), e2395.
- León, J. (2020). *Ingenium: una aventura hacia el conocimiento. Instrumento lúdico como estrategia didáctica para fomentar la confianza creativa orientado hacia la educación STEM* [Tesis de pregrado]. Pontificia Universidad Javeriana, Colombia. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/52664>
- López, M., Córdoba, C., Soto, J. (2020). *Modelos de implementación, estrategias didácticas y ambientes de aprendizaje que potencian las habilidades para el siglo XXI*. Centro de Investigación y Gestión en Educación, Tecnología e Innovación.
- Losada, E., Chala, E. (2020). *Educación STEM, estrategias dinámicas para consolidar la proyección vocacional* [Tesis de pregrado]. Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/10707>
- Ministerio de Educación Nacional (MEN) (2010). *Orientaciones curriculares para la educación artística y cultural en educación básica y media*. https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-411706_recurso_2.pdf
- Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), Ministerio de Educación Nacional (MEN), Parque Explora (2020). *Visión STEM+: Educación expandida para la vida*. MEN. <https://eduteka.icesi.edu.co/articulos/explora-oei-men-vision-stem>
- Ortiz-Revilla, J., Sanz-Camarero, R., Greca, I. (2021). Una mirada crítica a los modelos teóricos sobre educación STEAM integrada. *Revista Iberoamericana de Educación*. 87(2), 13-33. <https://doi.org/10.35362/rie8724634>
- Penagos, L., Fonseca, S., Cruz, A. (2020). *Implementación del método STEM con base en el currículo de EngageK12 en un colegio distrital de la ciudad de Bogotá* [Tesis de pregrado]. Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia. <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/19846>
- Ramírez, M. (2020). *Aprender sin límites* [Tesis de pregrado]. Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia. <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/11466>
- Rodríguez, M. (2018). *Proyecto Octopus: propuesta pedagógica fundamentada en la metodología STEAM para fortalecer el aprendizaje rizomático de los estudiantes de básica primaria* [Tesis de pregrado]. Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/6421>
- Sánchez, B., Casallas, C. (2019). *Desarrollo de habilidades STEM acercando el pensamiento computacional a niñas en situación de vulnerabilidad del municipio de Fusagasugá* [Tesis de pregrado] Universidad de Bucaramanga, Colombia. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/3011>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*. <https://www.teachmeteamwork.com/files/sanders.istem.ed.ttt.istem.ed.def.pdf>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P., Depaepe, F. (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), e2. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
- Toma, R., Greca, I. (2016). *Modelo interdisciplinar de educación STEM para la etapa de Educación Primaria*. En III Simposio Internacional de Enseñanza de las Ciencias SIEC. <https://riubu.ubu.es/handle/10259/4681>
- Tovar, D. (2019). Educación STEM en la Sudamérica hispanohablante. *Latin-American Journal of Physics Education*, 13(3), 1-7.
- Vargas, L. (2015). *Módulo STEM para el desarrollo de competencias básicas en tecnología e ingeniería para básica primaria* [Tesis de pregrado]. Universidad de los Andes, Colombia. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/18675>

- Yepes, D. (2020). *STEM y sus oportunidades en el ámbito educativo* [Tesis de pregrado]. Universidad de Córdoba, Colombia. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/2774/yepesmirandadeimer.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zapata, D., Duque, P., González, C. (2019). *El modelo STEM: una mirada a la progresión conceptual del contenido función de nutrición en los seres humanos* [Tesis de pregrado]. Universidad de Antioquia, Colombia. <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/14095> _

