

2



*Avances de la vinculación de los modelos
STEM y STEAM en el sistema educativo
Español, Estadounidense y Colombiano.
Una revisión sistemática de literatura*

*Progress of the linkage of the STEM and STEAM
models in the Spanish, American and Colombian
educational system. A systematic review of literature*

Julio Ernesto Rojas Mesa*; **Juana Yadira Martín Perico****;
Bernardo Garibello Suan***; **Paulo García Murillo******;
Julio Alejandro Franco Ortega*****; **Carolina Manrique Torres**

DOI: 10.5944/reec.42.2023.31385

Recibido: **26 de agosto de 2021**
Aceptado: **28 de marzo de 2022**

*JULIO ERNESTO ROJAS MESA: Director de la línea de investigación Educación, cultura y sociedad del doctorado en Educación. Universidad Santo Tomás. **Datos de contacto:** juliorojas@ustadistancia.edu.co

JUANA YADIRA MARTÍN PERICO: Docente departamento de ciencias básicas y asesora de tesis del doctorado en educación. Universidad Santo Tomás. **Datos de contacto: juanamartin@usantotomas.edu.co

***BERNARDO GARIBELLO SUA: Docente de matemáticas. Universidad Santo Tomás. **Datos de contacto:** bernardogaribello@usantotomas.edu.co

**** PAULO GARCÍA MURILLO: Docente de educación a distancia y virtual en ciencias ambientales. Universidad Santo Tomás **Datos de contacto:** paulogarcia@ustadistancia.edu.co

***** JULIO ALEJANDRO FRANCO ORTEGA: Docente programa de Especialización en Gestión de Agronegocios. Fundación Universitaria Agraria de Colombia UNIAGRARIA. **Datos de contacto:** alfranco12@gmail.com

***** CAROLINA MANRIQUE TORRES: Doctoranda en Educación. Universidad Santo Tomás. **Datos de contacto:** carolinamanrique@ustadistancia.edu.co

Resumen

La presente investigación busca establecer cuál ha sido la producción académica que ha tratado el tema de la implementación de los modelos STEM (Science, Technology, Engineering and Maths) y STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Maths) en los sistemas educativos de Colombia, España y Estados Unidos, entre los años 2014 a 2021, para ello se recurre a una revisión sistémica de la literatura, teniendo en cuenta el proceso de búsqueda, descripción, evaluación y análisis de bibliografía relacionada con los modelos tanto en la implementación de actividades en el aula como sin la implementación de actividades y lo correspondiente a algunos estados del arte. Como resultado de esta revisión se evidencian cuestiones enriquecedoras en lo concerniente a estrategias educativas para el desarrollo del pensamiento computacional y la ingeniería, como también acerca de la fuerte influencia del pensamiento científico y matemático en el modelo STEM y su reconfiguración al STEAM para la inclusión o participación de las Artes, igualmente se ponen de manifiesto temas relacionados con los esfuerzos gubernamentales y de la sociedad en conjunto para fortalecer la accesibilidad y permanencia de jóvenes en programas STEM y STEAM, reconociendo la importancia de las categorías de Género y diversidad cultural. Lo anterior deriva en una discusión con respecto a aspectos que se han ido anexando al pilar fundamental de la educación STEM y STEAM como lo es la alfabetización científica, así como en la identificación de los planteamientos encontrados en la literatura acerca de la necesidad o pertinencia de la Ingeniería en la sociedad, la enseñanza de las ciencias y sus implicaciones en el desarrollo de las competencias STEM y STEAM, la comprensión de algunas perspectivas en las nuevas propuestas metodológicas, los modelos STEM y STEAM en Colombia, España y Estados Unidos, las necesidades relacionadas al aspecto inclusivo de Género, entre otras cuestiones que se desarrollan en los escenarios de la escuela.

Palabras clave: STEM; STEAM; educación científica; transdisciplinariedad.

Abstract

The present research seeks to establish what has been the academic production that has dealt with the issue of the implementation of the STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) and STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) models in the educational systems of Colombia, Spain and the United States, between the years 2014 to 2021. For this a systemic review of the literature is used, taking into account the process of search, description, evaluation and analysis of bibliography related to the models, both in the implementation of activities in the classroom and without the implementation of activities as well of some documentary analysis. As a result of this review, enriching questions are evidenced regarding educational strategies for the development of computational thinking and engineering, as well as the strong influence of scientific and mathematical thinking on the STEM model and its reconfiguration to STEAM for the inclusion or participation of the arts, it also highlights issues related to government efforts and society as a whole to strengthen the accessibility and permanence of young people in STEM and STEAM programs, recognizing the importance of the gender and diversity categories cultural. This results in a discussion regarding aspects that have been annexed to the fundamental pillar of STEAM and STEAM education, such as scientific literacy, as well as in the identification of the approaches found in the literature about the need or relevance of engineering in society, science teaching and its implications in the development of STEM and STEAM competencies, understanding of some perspectives in new methodological proposals, STEM and STEAM models in Colombia, Spain and the United States, the needs related to the inclusive aspect of gender, among other issues that are developed in the scenarios of the school.

Keywords: STEM; STEAM; scientific education; transdisciplinarity

1. Introducción

El modelo educativo STEM acrónimo en inglés de las palabras ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas surge en el año 1996 en Estados Unidos y tiene como modelo pedagógico la promoción de la autonomía académica de los estudiantes, a través del desarrollo del pensamiento crítico, en entornos que propendan por la formación de comunidades de aprendizaje dentro y fuera del aula. En 2006 se redefine, incorporando a su estructura el arte, llamándose STEAM, como una estrategia para conocer y comprender la realidad a lo largo de la vida, desde la indagación e interacción (Couso *et al*, 2020).

En dicho sentido, a través de esta revisión sistemática de literatura se pretende establecer los elementos que caracterizan las investigaciones relacionadas con los modelos STEM y STEAM en los sistemas educativos español, estadounidense y colombiano, en línea con la comprensión de la educación como una construcción social e histórica que no solo se concibe como una radiografía de la sociedad del momento, sino que a la vez busca ser predictiva (Calvo *et al*, 2020). Cabe señalar, entonces, que se espera que las interacciones sociales y educativas para el siglo XXI y a futuro se caractericen o estén mediadas por los avances tecnológicos, situación que se ha visto intensificada por la coyuntura histórica suscitada por la pandemia de Covid-19, desde el año 2020, haciendo necesario repensar los diferentes aspectos, actuales y futuros, relacionados con el campo de la pedagogía y la formación profesional (Unesco, 2021), aunado a los cambios acelerados de un mundo en constante evolución, todo lo cual lleva a concluir que resultan insuficientes los esfuerzos que hasta ahora se vienen realizando formativamente en ámbitos como la ciencia, la matemática y la tecnología, para responder a las necesidades presentes.

Es importante enfatizar que la educación STEM y STEAM tiene como pilar fundamental la alfabetización científica, que lleva a la apropiación de los conocimientos y conceptos por parte de los estudiantes, a fin de que desarrollen destrezas, cualidades y perspectivas en una cultura de investigación. Este sistema de aprendizaje contiene ideas científicas que brindan explicación acerca de las cosas y/o fenómenos cotidianos, permitiendo comprender el comportamiento de los fenómenos de la naturaleza y la sociedad. (Couso *et al*, 2020). El análisis de diferentes situaciones del contexto permite, entre otras cosas, construir progresivamente ideas mucho más complejas de la realidad, con lo que los estudiantes tienen la posibilidad de inferir el quehacer científico en el ámbito profesional y su repercusión de este sobre la sociedad (Que & Xu, 2019; Zhao *et al*, 2018)

En ese sentido, los modelos han buscado contribuir a formar personas con competencias (científicas, técnicas y de arte-diseño) y habilidades (contenido y proceso), no solo para dar respuesta a las necesidades actuales sino, además, para responder a los futuros retos de la educación. Así mismo esto lleva a la construcción y desarrollo de conceptos basados en la transdisciplinariedad y se materializa en actividades contextualizadas y centradas en el estudiante, su entorno y sus posibilidades personales y profesionales. Ante el objetivo de construir una vía metodológica apropiada en busca de un rediseño curricular es necesario conocer el estado de construcción, estudio y aplicación de los modelos STEM y STEAM, como modelos de integración del conocimiento en Colombia, España y Estados Unidos.

2. Metodología

El ejercicio realizado en esta revisión sistemática de literatura corresponde, por una parte, a la revisión de los avances alcanzados por la comunidad académica con relación a los modelos de educación STEM y STEAM y, por otra, a aclarar las tendencias y perspectivas pedagógicas y didácticas sobre el tema, enfocándose en los objetivos, metodologías y resultados a los que se ha llegado.

Metodológicamente, se recurrió a un proceso deductivo, partiendo de las hipótesis universales que contienen los modelos de educación STEM y STEAM, orientadas a la integración del aprendizaje conjunto y el crear para aprender, así como las posturas epistemológicas destinadas a hacer del acto educativo un proceso más pertinente y coherente enfocado a los aprendizajes significativos para que las personas se piensen en el mundo, desde entornos individuales a conciencias colectivas, y con ello, aterrizar de manera particular en experiencias *in situ* que se han creado en los diferentes contextos donde se han implementado, construido y reconstruido tales modelos educativos.

Para ello fue necesario identificar vacíos epistemológicos e incluso llegar a proposiciones de nuevas rutas en el estudio de las competencias STEM y STEAM, con la intención de dar validez a la investigación y consolidar un proceso riguroso y sistemático propio de este tipo de estudios (Castañeda, 2019). La revisión sistemática de literatura involucra el procesamiento de la información a partir de la detección, consulta y obtención de la bibliografía desde la delimitación del problema de investigación (García, 2018). En este orden de ideas se trazaron cuatro fases metodológicas (Couso *et al*; Hernández *et al*, 2014):

- **Búsqueda.** La indagación partió de la pesquisa realizada sobre las categorías iniciales constituidas en la propuesta de la revisión sistemática, así como de las posibles ecuaciones resultantes de la relación entre categorías concernientes a los modelos STEM y STEAM, competencias científicas y transdisciplinariedad en el marco de Colombia, España y Estados Unidos.
- **Descripción:** En la fase descriptiva se realizó una revisión de la literatura encontrada en bases de datos académicas que fueron pertinentes para la investigación, a partir de la cual se logró obtener información de los tres países estudiados (Estados Unidos, Colombia y España). En la tabla 1 se observan las bases de datos consultadas y la cantidad de documentos seleccionados en cada una.

Tabla 1.

Bases de datos utilizadas y cantidad de documentos seleccionados por cada una

Bases de datos	España	Colombia	Estados unidos	Total
Elsevier			2	2
Scopus			1	1
Ebsco	1		22	23
Resergate		2	1	3
Dialnet	1			1
Google Scholar	10	13		23
Total	12	15	26	53

Fuente: Elaboración propia

- Evaluación: Para lo concerniente a criterios de inclusión y exclusión de los documentos seleccionados, se partió de las premisas de *lugar*, *tiempo* y *categorización*, por ende, fue fundamental delimitar información relacionada con los tres países que conforman el objeto estudio (Figura 1).



Figura 1. Documentos analizados por país. Fuente: Elaboración propia.

Del mismo modo se consideró pertinente demarcar la revisión sistemática al periodo de *tiempo* comprendido entre los años 2014 - 2021 (Tabla 2), considerando la actualización constante de la producción académica, la temática central como una cuestión emergente y la actualización constante del objeto de estudio. También se encaminó la búsqueda de información con base en las categorías de investigación.

Tabla 2.

Año de publicación de documentos revisados sobre educación STEM y STEAM

Año	España	Colombia	Estados Unidos	Porcentaje n = 53
2014	1	1	1	5,7
2015		1	1	3,8
2016	1		1	3,8
2017	1		5	11,3
2018	2	4	6	22,6
2019	3	6	8	32
2020	4	3	2	17
2021			2	3,8
Total	12	15	26	53 / 100

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2 se observa que existe una mayor producción académica de documentos STEM en el periodo 2014-2021 que de documentos STEAM y STEM/STEAM combinados debido a que el modelo ha ido sufriendo una transformación importante con la inclusión de las artes.

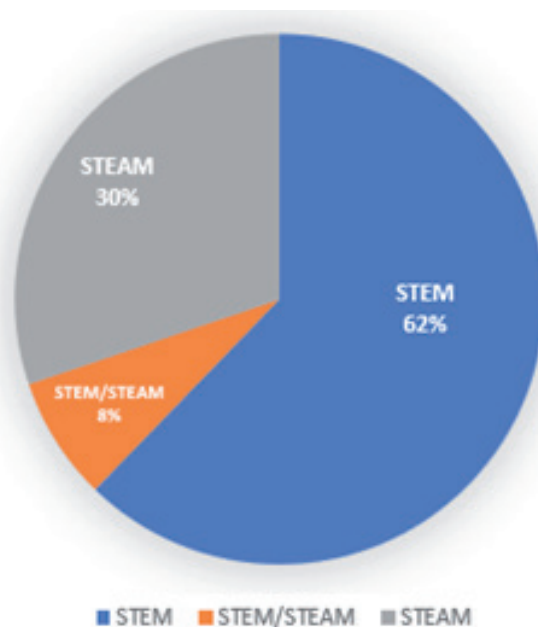


Figura 2. Modelo utilizado en documentos. Fuente: Elaboración propia.

- **Análisis:** Esta fase se generó a partir de observaciones, comparaciones y discusiones en torno al estudio de las categorías de búsqueda, así como con base en la identificación de vacíos epistemológicos en la producción académica consultada.

3. Resultados

3.1. STEM y STEAM en Colombia

Para revisar la literatura producida en Colombia sobre el tema, se tuvieron en cuenta las categorías de los modelos STEM y STEAM para lograr un panorama de la situación objeto y reconocer la información relevante, así fue como se identificaron y seleccionaron quince documentos publicados desde el año 2014 hasta el 2020, nueve de ellos alusivos al modelo STEM, cinco al modelo STEAM y un estado de arte, los cuales se agruparon según sus particularidades.

En primera instancia, se encontraron documentos elaborados a partir de actividades relacionadas con los modelos STEM y/o STEAM que han sido aplicadas en poblaciones o grupos de estudiantes de diferentes niveles de escolaridad, centrándose en el desarrollo de competencias científicas, competencias STEM y/o STEAM, competencias ciudadanas, pensamiento computacional y pensamiento crítico, en la utilización de herramientas digitales y metodologías como la resolución de problemas, el aprendizaje basado en proyectos, en problemas y el aprendizaje activo. En este caso se hallaron diez documentos que analizaron el grado de efectividad de la aplicación y sus beneficios, cuya muestra estuvo compuesta por: básica primaria, dos documentos; básica secundaria, siete documentos; educación superior, un documento.

Dentro de estos diez documentos se hallaron dos producciones académicas enmarcadas en el programa «Pequeños científicos», estas dos fuentes se refieren a Estudios de Caso, de los cuales el primero (Celis *et al*, 2015) se centró en la promoción del mejoramiento de la educación básica en STEM y el segundo (Gómez *et al*, 2018) recogió el objetivo del documento anteriormente mencionado, para lo cual se enfocó en las categorías: competencias, currículo y didáctica.

Así mismo, se encontró un texto que consideró el trabajo desarrollado en el marco del semillero STEAM constituido por «jóvenes de la Facultad de Ingeniería de la Fundación Universitaria Panamericana y estudiantes de Educación media inscritos en la academia Cisco del Colegio Restrepo Millán, ubicado en la localidad Rafael Uribe de Bogotá» (Serna, 2017, p. 33); este estudio trató el tema del desarrollo y articulación de habilidades y conocimientos TIC para la solución de problemas de su contexto, esencialmente la identificación de metodologías novedosas que permitieran el fortalecimiento de la autorregulación para gestionar y construir colectividades de saberes y prácticas pedagógicas novedosas, al tiempo que suscitar la transformación en el desarrollo profesional y personal de estudiantes y docentes inmersos en la práctica, con la intención de visibilizar los aportes que puede generar la tecnología respecto de las necesidades tanto propias como de los otros.

En segunda instancia, se encontraron cuatro documentos en los cuales los modelos STEM y/o STEAM no estaban relacionados directamente con la aplicación de actividades, el primero de estos documentos (Gómez, 2018) demostró la realización, caracterización y evolución del modelo para establecerlo como una alternativa para la superación de retos, el segundo (García *et al*, 2020) describe un trabajo enfocado hacia la propuesta de estrategias y mecanismos para motivar, guiar y aumentar las oportunidades de la mujer en programas de educación para desarrollar competencias STEAM, con la intención de reducir la brecha histórica de género a partir del reconocimiento y visibilización de la participación de mujeres en las áreas de matemáticas, ingeniería, tecnología y ciencias.

La tercera investigación (Agredo & Ruíz, 2019) se centró en estudiantes con necesidades educativas especiales, la población estuvo conformada por once estudiantes del Instituto de Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca, en Cali, Colombia, con edades entre los siete y once años con implante coclear y siete estudiantes con discapacidad intelectual entre los 8 y 16 años de edad del instituto Tobías Emanuel, Cali, Colombia, en ella se describen las diferentes variables que pueden afectar la interacción de los estudiantes de acuerdo con sus necesidades y discapacidades a través de una propuesta basada en la construcción de un personaje con quien el estudiante puede interactuar, estimulando así el pensamiento relacionado con la educación STEM. Es necesario señalar que los investigadores enfocaron el trabajo desde las matemáticas, la alfabetización y pensamiento computacional.

Por último, se encontró un documento (Fernández *et al*, 2019) cuyo objetivo fue el análisis del influjo de las posibilidades desde las relaciones parentales y estereotipos de género, transversales a la categoría de autoeficacia, se escogió como población seleccionada de 2.364 estudiantes del último año de Educación Secundaria Obligatoria en España. En este punto cabe señalar que el lugar de la investigación y publicación del documento resultante fue Colombia, aunque la población considerada fuera española. En este estudio descriptivo se encontró entre los hallazgos principales que los jóvenes hombres encuentran mayor respaldo parental que las jóvenes mujeres en lo concerniente a tecnología e informática, sin embargo se concluyó que el apoyo parental y los estereotipos de

género no tienen una relación directa o influyente en los intereses y/o resultados en las expectativas académicas, aunque la autoeficacia sí resulta determinante.

En tercera y última instancia, se halló un libro (Kanobel *et al*, 2019) algunos de cuyos capítulos se ocuparon de considerar el modelo educativo STEM y STEAM como una alternativa desde las reformas educativas, los autores materializaron un estado de arte desde las proximidades filosóficas teniendo en cuenta los aspectos axiológicos, epistemológicos y ontológicos. Al mismo tiempo, otros apartados del libro trataron del análisis de prácticas alternativas de aprendizaje mediadas por el modelamiento matemático en un ambiente de Educación STEM y/o STEAM. De este trabajo es importante destacar que se centra en la atención al estudiante lo que, según los investigadores, permite integrar saberes de características científicas, prácticas y de desarrollo profesional desde la transdisciplinariedad.

3.2. El caso de España

Teniendo en cuenta la importancia para la presente revisión de establecer la distinción de las investigaciones que conllevan a pensar el STEM y el STEAM desde la consecución de actividades se hizo necesario, al igual que en el caso colombiano, hacer la caracterización de la literatura que analiza los trabajos realizados en España, en donde se implementan los modelos educativos desde actividades, los cuales en esta ocasión fueron seis.

Con tal propósito fue importante la detección de un documento (Cilleruelo & Zubiaga, 2014) que cumplió con los cánones anteriormente mencionados, no solo porque infiere la utilización de actividades en el modelo, sino que a su vez los autores mostraron las nuevas orientaciones desde la implementación de las prácticas, lo que demuestra el cambio del llamado modelo STEM al STEAM, de allí que los investigadores lo situaron como un nuevo marco de aprendizaje que tenía como categorías centrales la imaginación y curiosidad a través de las cuales se construían nuevos conocimientos.

De otro lado, también se distinguen documentos en los cuales no se halló relación directa entre los modelos educativos y la realización de actividades, de tal modo, se consideraron en total cinco documentos, de los cuales dos (García *et al*, 2019; Meadows, 2016) se inclinaron hacia los aspectos de la categoría de Género, la cual, en definitiva, termina siendo una cuestión en boga por su importancia histórica y política para las sociedades. En tal instancia los investigadores evocaron la problemática existente en América Latina por la baja incursión de las mujeres en las áreas que conforman el modelo STEM, por lo anterior los investigadores sugirieron la necesidad de adelantar acciones conjuntas entre actores institucionales, privados y entornos cercanos para incidir positivamente en dicha problemática, a partir de los resultados del proyecto *Building the future of Latin America: engaging women into STEM (W-STEM)* en el cual identificaron que la representatividad de niñas y mujeres en los ámbitos educativos está mediada por factores sociales, ambientales y del clima escolar, por lo que también recomendaron hacer algunas transformaciones en la escuela, donde se visibilizará algunos modelos femeninos a seguir. Además, se infiere que los autores pretendieron que la educación fuera inclusiva, diversa y de no segregación.

Para el caso de la implementación de STEM y/o STEAM sin aplicación de actividades en el marco español se logró detectar un documento (Domènech, 2018) de gran importancia, enfocado metodológicamente desde el Aprendizaje Basado en Proyectos, que permitió distinguir una clara relación entre los diversos contextos y los contenidos provistos en el aula, específicamente con las áreas científicas y de interdisciplinariedad, por lo que

este ejercicio investigativo propuso la elaboración de una herramienta de análisis con matices didácticos de proyectos ABP STEM aplicados en aulas y evaluar su impacto a la hora de enfatizar las competencias científicas.

Otro documento (Almaraz & López, 2018) identificado se refirió al programa GeoGebra, que es un software de matemáticas utilizado en cualquier nivel educativos y que, junto a la metodología de Context – Based Approach, resultó constituirse como una didáctica que fue aplicada en las aulas de ingenierías en el marco de la enseñanza STEM buscando con ello fortalecer conocimiento y habilidades de ciencia, tecnología y matemáticas.

Al mismo tiempo, otro de los textos identificados (Perales & Aguilera, 2020) se apoyó en una revisión bibliográfica para relacionar dos movimientos educativos de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, conocidos como CTS (Ciencia-Tecnología-Sociedad) y STEM (Ciencia-Tecnología-Ingeniería-Matemáticas). Los investigadores pretendieron analizar puntos neurálgicos de los movimientos como sus objetivos, orígenes, líneas de trabajo, propuestas didácticas, entre otros, sin embargo, el estudio no solo buscó encontrar las relaciones de los movimientos sino, además, las diferencias y tensiones entre los mismos, buscando con ello cuestionar la vinculación y originalidad entre ambas propuestas.

Para terminar los resultados pertinentes a España, se debe enunciar un documento (López *et al*, 2020) el cual empleó la metodología de estado de arte, en él se destacó la amplia gama de herramientas digitales que se encuentran actualmente para la enseñanza de las denominadas disciplinas STEM, al mismo tiempo se hizo una revisión de diversos puntos de encuentro del denominado método educativo a partir de un consenso global que ha resaltado las competencias científicas y digitales, buscando superar las discusiones sobre la utilización de herramientas digitales en el aprendizaje y señalando los diferentes aportes de estas al ámbito cultural, social y económico.

3.3. Estados Unidos en el marco del STEM y STEAM

Dentro del grupo de quince documentos señalados como producciones que evidenciaban los modelos STEM y/o STEAM con implementación de actividades en Estados Unidos, destaca uno (Asunda, 2018) en el que se analizó puntualmente el caso de profesores de Ingeniería y Educación tecnológica desde la perspectiva STEM que lograron prácticas educativas desde los Principios de Ciencias de la Computación (CSP) y Pensamiento Computacional (CT). Este estudio hermenéutico realizó una discusión de las estrategias implementadas por los maestros de primaria y secundaria para la enseñanza de la educación tecnológica y pensamiento computacional en la ingeniería.

De otra parte, una nueva investigación (Craig *et al*, 2019), a través de la descripción de características narrativas, examinó el grado de influencia que conseguían tener los maestros de primaria y secundaria a la hora de que los estudiantes decidieran inscribirse en programas STEM universitarios.

De manera similar, se localizó una investigación (Nowikowski, 2017) de un caso práctico cualitativo que analizó las experiencias de diferentes docentes de un módulo STEM en medio de un curso interdisciplinario de nivel medio; empleando una metodología basada en observaciones de los investigadores y en el análisis de documentos de reflexión realizados por los mismos participantes, se concluyó que se presentaba una baja o nula experiencia en lo concerniente al modelo STEM dentro del escenario de primaria y secundaria, destacándose un avance notorio en la categoría de la autoeficacia.

Igualmente, dentro de la revisión de literatura se halló un documento (Kant *et al*, 2018) que buscó integrar las prácticas, valores y tradiciones culturales de las comunidades

Dakota/Lakota con actividades culturales STEAM, a partir de la Teoría Crítica, la Teología de la Liberación y la Voz Nativa, encontrándose algún tipo de interés positivo por parte de un grupo de mujeres de esta comunidad en lo concerniente a estudios de las disciplinas STEAM, al mismo tiempo que la población consideró que podría llegar a hacer un cambio favorable para la comunidad si se especializaban en estos estudios, pudiendo hacer uso de los mismos, por ejemplo en el caso de los cultivos.

Ahora bien, con respecto a las producciones académicas de los modelos STEM y/o STEAM en Estados Unidos que no hicieron uso o no requirieron de actividades en su ejecución, se encontraron once documentos. Dentro de estos se encuentra un documento sobre el proyecto «sueño chino», denominado así por el presidente de China Xi Jinping, con el que busca replantear los objetivos económicos de China pasando de una sociedad basada en la fabricación a una sustentada en la innovación y el conocimiento. De manera similar, un estudio (Han & Appelbaum, 2018), a partir de encuestas efectuadas a profesores de áreas STEM de las 25 universidades más prestigiosas de China demostró que este gobierno ha realizado avances desde las políticas educativas, sin embargo, se perciben muchos otros desafíos para lograr los objetivos proclamados por el gobierno.

Siguiendo con la búsqueda, se encontró un documento (Wu & Rau, 2019) que revisó las actividades de dibujo y su contribución con el aprendizaje del conocimiento a través de los contenidos STEM. En un documento posterior (Daugherty *et al*, 2021) se logró analizar el caso de las enormes contribuciones de las normas para la alfabetización tecnológica y de ingeniería en el marco del currículo de educación PK-12 STEM que no solo interviene en el acto educativo de la ingeniería y la matemática, sino en como esta se relaciona con la disciplinas, estándares y complementarios al mismo tiempo de su aplicación en los entornos próximos y cotidianos; este documento hace hincapié en medio de los otros ya que proporcionó una guía o ruta en el enseñanza STEM, sus implicaciones concretas y reales dentro de la sociedad, contando con la experiencias de diversos grupos de investigadores.

El siguiente artículo (Allendoerfer *et al*, 2014) identificó con claridad unos de los principios del STEM al considerar al estudiante como centro del aprendizaje, abandonando la creencia de la escuela tradicional donde el docente o maestro poseía el papel protagónico, en este caso los investigadores encontraron que los entornos de aprendizaje han sido espacios fundamentales para lograr tal cometido. En otro de los casos (Zizka *et al*, 2021), se estudió la enseñanza de la Sustentabilidad al interior de los programas STEM, concluyendo que no era suficiente el ejercicio teórico, sino que los principios de la Sustentabilidad se encarnaban en los estudiantes desde las practicas diarias y cotidianas.

Siguiendo en la línea del estudiante como rol central de los programas o experiencias educativas STEM y/o STEAM, surgió la preocupación de la permanencia de los mismos en programas de ingeniería en ciencia, lo que llevó a tener en cuenta otro documento que analizó las tasas de retención y migración en dichas escuelas (Almatrafi *et al*, 2017) así como un texto (Lucietto, 2017) que estableció claras preocupaciones por el bajo número de estudiantes inscritos en los programas STEM, muy a pesar de los esfuerzos gubernamentales y de otros varios actores por remediar dicha problemática, la cual no solo se halla en la baja cantidad de estudiantes inscritos sino en la poca diversidad entre los mismos, ya que estos pertenecen a un grupo con características únicas (Lucietto, 2017)

Cabe señalar, que el anterior análisis se logró a partir de un estudio (Gilson & Matthews, 2019) de tipo estadístico-descriptivo realizado en once instituciones, el cual dio como resultado que, en un buen porcentaje, quienes estudian tecnología de ingeniería

son generalmente hombres blancos. En esa misma vía de discusión sobre la diversidad cultural y social al interior de los programas STEM y STEAM se encontró un estudio concerniente a la accesibilidad de la universidad y a la construcción de condiciones muchas más amplias refiriéndose a poblaciones en riesgo y subrepresentadas, de allí que se estudió sobre la Escuela Secundaria Universitaria Temprana (ECHS) la cual, según los investigadores, no solo ha ganado popularidad en el país, sino que ha traído resultados satisfactorios sobre los ámbitos culturales, el currículo y las prácticas educativas en la escuela, señalando también la necesidad de apoyar la investigación mucha veces limitada sobre la relación de la ECHS y el STEM

Otro de los aspectos importantes que se tuvo en cuenta sobre la accesibilidad y permanencia de los estudiantes en los programas STEM y STEAM se refirió al racismo como un elemento aún existente en la sociedad norteamericana y de mayor preocupación en los ámbitos escolares, de allí que uno de los estudios demuestra que estudiantes negros y latinos de algunas universidades han sido víctimas de agresiones raciales, así como estas comunidades han incluso llegado a cuestionarse sus habilidades por el sesgo racial existente en dichos escenarios (McGee, 2016).

Si bien en la mayoría de documentos revisados para el caso estadounidense ha sido evidente la fuerte influencia del modelo STEM, no se deja de lado la nueva configuración del modelo denominado STEAM que involucra la participación de las artes en el pensamiento matemático y científico, no obstante uno de los documentos (Kant *et al*, 2018) demuestra una brecha importante en la documentación existente sobre la práctica docente y la investigación STEM y STEAM, por lo que los investigadores reflexionaron respecto a la eficiencia que han tenido ciertos elementos en su contribución a los modelos para que se conviertan, de hecho, en un campo de pensamiento.

Para finalizar este apartado en lo que se refiere al caso estadounidense un estudio (Prezhdarova & Pastarmadzhieva, 2020) reflexionó acerca del mundo en línea con respecto a dónde pasan la mayor cantidad de su tiempo los jóvenes actualmente, por lo que se hizo necesario repensarse este escenario, emergente y futuro, teniendo en cuenta categorías novedosas como el arte digital el cual, según los investigadores, proporciona diversas herramientas para la constitución de nuevos conocimientos y que conllevó inmediatamente a preguntarse por la educación STEAM en la formación de pensamiento mucho más creativo y crítico.

4. Desarrollo de la discusión

La discusión se centra en conocer el estado actual de la utilización de los modelos STEM y STEAM y la necesidad de su presencia en el ámbito educativo formal, destacándose los siguientes aspectos:

4.1 Necesidad de la Ingeniera en la sociedad

El requerimiento de Ingenieros e Ingenieras en Colombia, Estados Unidos, España en particular, y a nivel global en general, se hace cada vez más evidente teniendo en cuenta los desarrollos tecnológicos y digitales que vienen presentándose en el siglo XXI por lo que varios autores concluyeron en sus estudios que existe la necesidad de fortalecer estos ámbitos profesionales. No obstante, resulta paradójico que cada vez parece menor el interés de los jóvenes en dichas carreras, lo que resulta en grandes desafíos y evidencia la necesidad de redoblar esfuerzos por parte de entes gubernamentales, actores educativos y la sociedad para lograr nivelar oferta y demanda en este campo.

En línea con lo anterior resulta oportuno recordar lo mencionado en un reporte de la UNESCO (2010), titulado *Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development*: «Engineering drives social, economic and human development and underpins our knowledge societies and infrastructures. It is a major factor in innovation and indeed the rise and fall of civilizations» (p. 36)

Indicando la importancia de estas profesiones ya que permiten el desarrollo de un país no solo a nivel económico, sino social y humano. Sin embargo, a pesar de entender a las ingenierías como un factor innovador que históricamente ha sido una de las columnas que sustenta el desarrollo de la sociedad, mientras que los países del primer mundo se caracterizan por una abundancia de profesionales de altísimo nivel en estas carreras, en países en vías de desarrollo este tipo de recurso humano es escaso.

En Colombia y en Latinoamérica en general, así como en los otros dos países analizados, se evidencia no solo un bajo interés por los estudios profesionales en ingenierías, sino que, adicionalmente, no se cuenta con la cobertura ni con el apoyo estatal que permita que estas carreras sean mucho más asequibles para poblaciones de bajos recursos, sumándose a lo anterior los conflictos raciales y los estereotipos culturales, particularmente en la sociedad estadounidense (Fiszbein *et al*, 2018). Con respecto a Colombia la deserción universitaria marca una característica del país, estando las ingenierías entre las carreras con mayores porcentajes, tal como lo presenta un estudio realizado en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá (Cortés *et al*, 2011) en el que se concluye que el 72,35 % de los estudiantes que se retiraron de la Facultad de Ingeniería lo hicieron entre el primer y cuarto semestre de sus programas.

Entonces, si el interés en las ingenierías así como el número de egresados de las mismas aumentaran considerablemente, esto ayudaría a que Colombia, España y Estados Unidos cubrieran las necesidades sociales más importantes, permitiendo trabajar en pro del desarrollo tanto humano, así como en los aspectos económico, científico y de infraestructura, este último con grandes falencias en Colombia.

La implementación de la educación STEM y STEAM en el currículo de la educación secundaria sentará las bases apropiadas para la adecuada formación universitaria de profesionales en ingeniería al fortalecer e integrar los conocimientos en matemáticas y ciencias naturales, por ello es indispensable fomentar durante la educación secundaria actividades propias de las ingenierías tanto desde la teoría como desde la praxis, haciendo énfasis en informática y programación, con una visión transversal de las ciencias y las matemáticas que sea tangencial a otros campos disciplinares, desarrollando a la par el interés en la innovación tecnológica como una manera de cambiar positivamente su realidad (Bautista *et al*, 2020).

4.2 La enseñanza de las ciencias y sus implicaciones en el desarrollo de competencias STEM y STEAM

Es evidente que los vertiginosos cambios científicos y tecnológicos hacen necesaria una formación de futuros ingenieros que deba enfocarse en prepararlos para abordar problemas complejos e incluso mal definidos hasta ahora, así como en asumir riesgos y enfrentar la falta de información y la incertidumbre. En el marco de las diferentes problemáticas identificadas como causas estructurales en el sistema educativo que claramente dificultan la formación de nuevos ingenieros se encuentran la falta de elocuencia y la actitud negativa de los maestros, así como la utilización de modelos pedagógicos que en muchas ocasiones responden a los enfoques de la escuela tradicional que rápidamente

se vuelven obsoletos y descontextualizados, imposibilitando el diálogo entre campos del conocimiento y terminan forzando la enseñanza de las matemáticas y las ciencias como áreas independientes sin relación con lo demás y que, además, no tienen en cuenta el contexto del estudiante (Arteaga *et al.*, 2016).

De allí que los estudiantes tengan una precaria comprensión de las relaciones entre matemáticas, ciencias y su entorno, lo que además refuerza el imaginario de que estos campos del conocimiento son abstrusos e ininteligibles, imaginario que se ve reforzado por elementos externos como la carencia de hábitos de estudio apropiados, las perspectivas culturales creadas a partir de los procesos de socialización primarios por parte de la familia y otros elementos propios del sistema educativo, como pueden ser el proceso mismo de enseñanza-aprendizaje (García & Romero, 2018). En esta instancia también se hace necesario señalar que, si bien la inversión en educación por parte del gobierno ha aumentado, no ha dado los efectos esperados sobre todo en la experiencia colombiana, que claramente se diferencia a la estadounidense y en algunos casos a la de España.

En consecuencia, se plantea la necesidad de modificar y renovar las ideas que tienen los docentes acerca de la enseñanza, aprendizaje, didáctica e interdisciplinariedad de las ciencias naturales, en especial relacionándolas con campos de preocupación actual y temáticas específicas como pueden ser el cambio climático, las problemáticas de la biodiversidad (conservación y usos sostenibles), la alfabetización científica, los proyectos y la investigación, la inclusión de tecnologías como estrategias de desarrollo local y regional, la implementación de otros modelos y estrategias metodológicas que permitan la integración o transformación del conocimiento, todo lo cual se puede lograr mediante la implementación de la educación STEM (López & Jiménez, 2020) y STEAM.

4.3 Los modelos STEM y STEAM en Colombia, España y Estados Unidos

En línea con lo encontrado en la revisión de literatura es evidente que la mayoría de los trabajos realizados sobre STEM y STEAM en Colombia, España y Estados Unidos se han centrado en el diseño, construcción y aplicación de actividades en pequeñas poblaciones resaltando las ventajas de este modelo de aprendizaje y evidenciando, una vez más, la necesidad apremiante que tiene los países de implementar este tipo de modelos educativos. En los diversos proyectos llevados a cabo en el marco de STEM y STEAM se han utilizado metodologías tales, como el Constructivismo, Resolución de Problemas, Aprendizaje Basado en Proyectos, por Indagación, Aprendizaje Situado, Aprendizaje Basado en Retos y Aprendizaje Activo, Teoría Crítica y Teología de la liberación. En general, algunas de las experiencias nombradas anteriormente, se han centrado en el trabajo con competencias tecnológicas y habilidades para la ingeniería, robótica, realidad aumentada, pensamiento computacional, e impresión 3D.

Con base en lo anterior se puede concluir que las ventajas o logros alcanzados en las actividades STEM y STEAM promueven el trabajo autónomo permitiendo que los estudiantes aprendan a través de la práctica, de acuerdo con su contexto y teniendo presentes sus circunstancias, lo que permite adoptar una actitud distinta hacia sus trabajos, moviéndose de una condición negativa o neutral a una positiva, aumentando así el rendimiento y, a la vez, permitiendo la innovación a partir de la integración de diferentes campos del conocimiento. Por tal motivo se establece que los modelos STEM y STEAM proporciona un aprendizaje de tipo activo centrado en el estudiante articulando la enseñanza y la resolución de problemas contextualizados.

4.4. Algunas perspectivas para tener en cuenta en nuevas propuestas metodológicas STEM y STEAM

Son varios los aspectos a tener en cuenta para configurar nuevas metodologías que ayuden a seguir la implementación dinámica del STEM y el STEAM en el ámbito educativo; a partir de los resultados de las diferentes experiencias revisadas se hace manifiesta la importancia de incluir dentro del diseño de las metodologías un trabajo previo que permita diagnosticar los vacíos conceptuales de los estudiantes de modo que se logre un mayor acercamiento pudiéndose entonces identificar la construcción de preconceptos en la población, así como analizar las posibilidades metodológicas desde los contextos, diversos y de género, y en consecuencia involucrar la participación activa de entes gubernamentales y actores privados, según sea apropiado.

Así mismo, se identificó al tiempo como una variable dependiente relacionada de manera directa con la implementación de las actividades, cuando esta variable resulta insuficiente puede afectar la medición del alcance de los objetivos propuestos, lo anterior con base en que los estudiantes han manifestado dificultades relacionadas con el entendimiento y disponibilidad en un proceso, etapa o tema específico. El corto plazo resulta insuficiente en la experiencia educativa pues no se alcanzan a evidenciar los impactos resultantes del desarrollo de los modelos propuestos, siendo entonces más apropiados los modelos a mediano y largo plazo.

Adicionalmente se encontró que varios de los documentos analizados no determinan con claridad las actividades realizadas a los grupos poblacionales ni los resultados consecuentes, lo que puede limitar estudios futuros sobre STEM y STEAM, a pesar de ello, se identifican grandes posibilidades para la integración de los modelos en diversos contextos.

Como recomendaciones se sugiere mayor relacionamiento entre la metodología de enseñanza y los cursos con contenidos STEM y STEAM, ya que se evidencia elementos problemáticos que hacen que exista un distanciamiento entre contenidos y metodologías e incluso, en algunos casos, una brecha que parece aislarlos. De otro lado, se evidencia la urgente necesidad de investigación y formación adicional por parte de docentes sobre todo a nivel de secundaria en el campo STEM y STEAM, ya que es allí donde se sientan las bases para la educación superior, tanto en ciencias exactas como en ciencias naturales, por tanto sería interesante que en los currículos se hiciera énfasis en ciencias, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas de manera que los estudiantes llegaran a la educación superior con un adecuado sustento teórico y no tuvieran que empezar de cero. Por último, se invita a los docentes a reflexionar sobre los estándares utilizados para guiar el plan de estudios y las experiencias de aprendizajes de manera que resulten afines a los programas STEM y STEAM.

4.5 Discusiones en cuanto a las necesidades relacionadas con la inclusión género

La brecha de género permea todas las instancias de la sociedad, incluso los modelos STEM y STEAM, es así como pese a que a nivel mundial hay más mujeres que hombres inscritos en la educación superior, estas cifras varían cuando se analiza cada campo por separado, haciéndose evidente una amplia brecha de género en los programas relacionados con las áreas de estos dos modelos.

Así pues, las instituciones de educación superior deben implementar planes de acción desde la equidad de género basados en decisiones que contribuyan a dismantelar las

dinámicas patriarcales que se desarrollan de manera histórica en las instituciones de la sociedad, sin que la academia sea una excepción. Con este objetivo en mente algunos de los proyectos revisados pueden ser referentes para constituir una serie de instrumentos que permitan a las instituciones hacer diagnósticos sobre el tema para lograr un ejercicio de equidad a su interior, a la vez que mejorar los procesos de atracción, acceso, orientación y retención de mujeres en los programas STEM y STEAM. Lo anterior es un aspecto fundamental a tener en cuenta en la presente tesis doctoral en proceso, ya que es de gran importancia conocer el impacto que tiene sobre los indicadores la disminución de la brecha de género, antes y después de su implementación.

A partir de los proyectos de STEM y STEAM revisados y relacionados con brecha de género se identifica nuevamente la importancia de la variable «tiempo» ya que no es posible verificar el impacto del proyecto a corto plazo, pues la medición de algunos indicadores requiere un alcance de mediano y largo plazo para comprender su verdadero impacto. Teniendo en cuenta aspectos como el financiamiento del proyecto es necesario que una institución que planea implementar estos modelos defina un período pertinente para medir el impacto real de los cambios implementados a largo plazo.

Dentro de las conclusiones destacables en los trabajos revisados se puede mencionar que aún queda trabajo por hacer ya que los porcentajes relacionados con la participación de mujeres en actividades, proyectos, investigaciones y estudios en programas STEM y STEAM aún son muy bajos. A medida que se ha adelantado en la revisión, se ha encontrado que los modelos son un esfuerzo conjunto que debe implementarse por parte de universidades, trabajadores y gobierno para desarrollar políticas nacionales que ayuden en la reducción de la brecha de género.

Por último, debe considerarse que las anteriores estrategias y mecanismos podrían aplicarse en las instituciones de educación superior de Colombia, América Latina, España y Estados Unidos, así como en otras regiones del mundo, a manera de un autoanálisis ya que el bagaje cultural, social, económico y político de cada región es diferente, sin que lo anterior impida un ejercicio de comparación a nivel mundial.

5. Conclusiones

Se puede concluir que, si bien, los modelos STEM y STEAM en Colombia, España y Estados Unidos se encuentra en estudio e implementación, así como sus componentes conceptuales y metodológicos, los cuales a largo plazo pueden propiciar transformaciones positivas en el ámbito pedagógico, los modelos si han propiciado el empoderamiento de una línea emergente de pedagogías activas centradas en el estudiante y con foco en problemas contextualizados, lo que significa un distanciamiento real de la pedagogía tradicional.

Se observa que estos modelos requieren de la construcción y establecimiento de una cultura afín que promueva estrategias diferenciadas construidas desde las necesidades de cada comunidad de aprendizaje, por lo cual resulta indispensable una adecuada formación y capacitación docente, así como el desarrollo y seguimiento de proyectos integrales alineados con los principios de los modelos, los cuales deben tomar en cuenta los principios institucionales resumidos en el PEI así como el reconocimiento de las dinámicas propias de la escuela.

Las dinámicas pedagógicas que propician los modelos plantea una reestructuración enfocada en el diseño de actividades, la revisión de prácticas docentes en torno al trabajo integrado de las áreas del conocimiento, las estructuras curriculares, los replanteamientos

de los PEI y las alianzas para interrelacionar lo aprendido en las instituciones con el entorno laboral y profesional.

Sin duda, es fundamental fortalecer la generalización del acceso a la ciencia, la tecnología y la innovación y, segundo, para realizar aportes a la innovación tecnológica que respondan a las necesidades más urgentes que persiguen al humano en búsqueda de dignificarlo, es por ello que los aspectos relacionados con la preservación de los elementos naturales, el cuidado del medio ambiente y la ética deben ser principios determinantes dentro de los modelos STEM y STEAM para, de esta forma, seguir fomentando el acercamiento de los estudiantes a sus contextos y entornos próximos y así constituir y fortalecer diversas vías de formación del estudiante como un sujeto ético que le permitan ser un profesional íntegro.

6. Referencias

- Agredo, V., & Ruíz, P. (2019). *Human-computer interaction*. Springer.
- Allendoerfer, C., Wilson, D., Kim, M., & Burpee, E. (2014). Mapping beliefs about teaching to patterns of instruction within science, technology, engineering, and mathematics. *Teaching in Higher Education*, 19(7), 758–771. <https://doi.org/10.1080/13562517.2014.901962>
- Almaraz, C., & López, C. (2018). La metodología context-based approach en STEM: modelización de datos meteorológicos. *Matemáticas, Educación y Sociedad*, 1(1), 1-10. https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/20230/mes_1_1_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Almatrafi, O., Johri, A., Rangwala, H., & Lester, J. (2017). Retentions and persistence among STEM students: A comparison of direct admit and transfer students across engineering and science. *ASEE Annual conference and exposition, Conference proceedings*. <https://www.asee.org/public/conferences/78/papers/18453/view>
- Arteaga, E., Armada, L., & Del Sol, J. (2016). La enseñanza de las ciencias en el nuevo milenio. Retos y sugerencias. *Universidad y sociedad*, 8(1), 169-176. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000100025&lng=es&tlng=es.
- Asunda, P. (2018). Infusing Computer Science in Engineering and Technology Education: An Integrated STEM Perspective. *Journal of Technology Studies*, 44(1), 2-12. <https://doi.org/10.21061/jots.v44i1.a.1>
- Bautista, D., Suarez, M., & Gómez, J. (2020). Educación STEM en las actitudes de los estudiantes de secundaria hacia la ingeniería. *Educación En Ingeniería*, 15(29), 89–103. <https://doi.org/10.26507/rei.v15n29.1079>
- Calvo, A., Gómez, E., & Peña, P. (2020). Generalidades de la ciencia y lo científico. En A. Calvo, E. Gómez, & J. Daza, *Modelos teóricos para fisioterapia* (págs. 11-33). Universidad Santiago de Cali.

- Castañeda, L., Tur, G., y Torres-Kompen, R. (2019). Impacto del concepto PLE en la literatura sobre educación: la última década. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 22(1), pp. 221-241. <http://dx.doi.org/10.5944/ried.22.1.22079>
- Celis, J., M., G., Duque, M., Canu, M., Danies, G., & Uzcanga, I. (2015). Educación STEM en educación básica: estudio de caso en dos países, Colombia y República Dominicana. Cartagena de Indias: Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI. <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/1073/1074>
- Cilleruelo, L., & Zubiaga, A. (2014). Una aproximación a la Educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología. *Jornadas de psicodidáctica*, 1-18. <https://www.augustozubiaga.com/web/wp-content/uploads/2014/11/STEM-TO-STEAM.pdf>
- Cortés, H., Gallego, L., & Rodriguez, G. (2011). The engineering faculty today: An approach towards consolidating academic indicators. *Ingeniería e Investigación*, 31(Supp. 1), 74-90. <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v31s1/v31s1a10.pdf>
- Couso, D., Jiménez, R., Refojo, C., & Sacristán, J. (2020). Enseñando ciencia con ciencia. Fundación española para la ciencia y la tecnología: <https://www.fecyt.es/es/system/files/publications/attachments/2020/03/ensenando-ciencia-con-ciencia-web.pdf>
- Craig, C., Evans, P., Verma, R., Stokes, D., & Li, J. (2019). A tribute to 'unsung teachers': teachers' influences on students enrolling in STEM programs with the intent of entering STEM careers. *European Journal of Teacher Education*, 42(3), 335-358. <https://doi.org/10.1080/02619768.2018.1523390>
- Daugherty, M., Carter, V., & Sumner, A. (2021). Standards for technological and engineering literacy and STEM education. *Technology and engineering teacher*, 32-38.
- Domènech, J. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos en el marco STEM. Componentes didácticas para la Competencia Científica. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 2(2), 29-42. <https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.2.4524>
- Fernández, C., Torío, S., García, O., & Inda, M. (2019). Apoyo parental, creencias de autoeficacia, resultados esperados e intereses en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM). *Universitaqs psicologica*, 18(2). <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revPsycho/article/view/18496>
- Fiszbein, A., Oviedo, M., & Stanton, S. (2018). Educación técnica y formación profesional en América Latina y el Caribe: Desafíos y oportunidades. Corporación Andina de Fomento.
- García, A., Camacho, A., & García, F. (2019). La brecha de género en el sector STEM en América Latina: una propuesta europea. *V Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC)*, 704-709.

- García, F., Bello, A., Domínguez, A., & Romero, R. (2020). *Informe del W-STEM International Leadership Summit World Café*. W-STEM Consortium: https://repositorio.grial.eu/bitstream/grial/2082/1/W-STEM-WorldCafe_ES.pdf
- García, G., & Romero, J. (2018). Matemáticas para todos en tiempos de la inclusión como imperativo. Un estudio sobre el programa Todos a Aprender. *Revista Colombiana de Educación*, 1(74), 289-310. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcde/n74/0120-3916-rcde-74-00289.pdf>
- Gilson, C., & Matthews, M. (2019). Case Study of a New Engineering Early College High School: Advancing Educational Opportunities for Underrepresented Students in an Urban Area. *Journal of Advanced Academics*, 30(3), 235–267. <https://doi.org/10.1177/1932202X19840024>
- Gómez, L. (2018). Enfoque STE(A)Men Colombia: inicios, perspectivas y posibilidades. *Magazine RD&I Marymount*, 1(1), 27-31. <https://www.marymount.edu.co/wp-content/uploads/2019/09/RDI-v5.pdf>
- Gómez, M., Duque, M., & Uzcanga, I. (2018). Educación por competencias, currículo y didáctica: estudio de caso en dos países, Colombia y República Dominicana. *Revista Caribeña de Investigación Educativa (RECIE)*, 2(1), 43–50. <https://doi.org/10.32541/recie.2018.v2i1.pp43-50>
- Han, X., & Appelbaum, R. (2018). China's science, technology, engineering, and mathematics (STEM) research environment: A snapshot. *PLoS ONE*, 13(4), 1-23. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195347>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill.
- International Commission on the Futures of Education (2021) Reimaginar juntos nuestros futuros. Un nuevo contrato social para la educación. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379381_spa
- Kanobel, y otros. (2019). *Educación STEM/STEAM: Apuestas hacia la formación, impacto y proyección de seres críticos*. Fondo Editorial Universitario Servando Garcés.
- Kant, J., Burckhard, S., & Meyers, R. (2018). Engaging high school girls in native american culturally responsive STEAM activities. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 18(5), 15-25. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1170097>
- López, S., & Jiménez, M. (2020). Profesores de Ciencias: reflexiones, desafíos y retos para la educación en ciencias naturales. *Uni-Pluriversidad*, 20(1), 11-17. <https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.20.1.01>
- López, V., Couso, D., & Simarro, C. (2020). Educación STEM en y para un mundo digital: el papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 20(62), 1-29. <http://dx.doi.org/10.6018/red.410011>

- Lucietto, A. (2017). *Engineering Technology students - How do They compare to other STEM students?*. ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings: <https://doi.org/10.18260/1-2--28264>
- McGee, E. (2016). Devalued Black and Latino Racial Identities: A By-Product of STEM College Culture? *American Educational Research Journal*, 53(6), 1626–1662. <https://doi.org/10.3102/0002831216676572>
- Meadows, M. (2016). Where are all the talented girls? How can we help them achieve in science technology engineering and mathematics? *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 4(2), 29-42. https://pdfs.semanticscholar.org/3316/773ec960018e2969dab5619ee533f3b8fof3.pdf?_ga=2.210282837.1347730569.1629834055-919971638.1626022278
- Nowikowski, S. (2017). Successful with STEM? A qualitative case study of pre-service teacher perceptions. *Qualitative Report*, 22(9), 2312–2333. <https://nsuworks.nova.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2893&context=tqr>
- Perales, J., & Aguilera, D. (2020). Ciencia-Tecnología-Sociedad vs STEM: ¿evolución, revolución o disyunción? *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(1), 1-15. <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.1.5826>
- Prezhdarova, V., & Pastarmadzhieva, D. (2020). Ensuring the security of youth in the online world: the potential of the digital art and steam education. *Trakia Journal of Sciences*, 18(3), 183-188. <https://doi.org/10.15547/tjs.2020.03.001>
- Que, Z., & Xu, Z. (2019). A data-driven health prognostics approach for steam turbines based on Xgboost and DTW. *IEEE Access*, 7, 93131–93138. 10.1109/ACCESS.2019.2927488
- Ramirez, M., Garcia, P.(2018). Co-creation and open innovation: Systematic literature review. *Comunicar*, 26(54), 9-18, 2018. <https://doi.org/10.3916/C54-2018-01>
- Serna, E. (2017). *Investigación Formativa en Ingeniería*. Instituto Antioqueño de Investigación.
- UNESCO. (2010). *Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Wu, S., & Rau, M. (2019). How students learn content in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) through drawing activities. *Educational Psychology Review*, 31(1), 87-120. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09467-3>
- Zhao, J., Yang, Y., Yang, C., Tian, Y., Han, Y., Liu, J., . . . Que, W. (2018). A hydrophobic surface enabled salt-blocking 2D Ti₃C₂MXene membrane for efficient and stable solar desalination. *Journal of Materials Chemistry A*, 6(33), 16196-16204. <https://doi.org/10.1039/C8TA05569F>
- Zizka, L., McGunagle, D., & Clark, P. (2021). Sustainability in science, technology, engineering and mathematics (STEM) programs: Authentic engagement through a community-based approach. *Journal of Cleaner Production*, 279. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123715>