



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**UN ESTADO DEL ARTE SOBRE LA EDUCACIÓN STEM/STEAM NO FORMAL
EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS Y LAS MATEMÁTICAS: EL CASO DE
IBEROAMÉRICA**

Autor

Santiago Acevedo Zapata

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación

Medellín, Colombia

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

Santiago Acevedo Zapata

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Licenciado en Matemáticas y Física

Asesor:

Jaime Andrés Carmona Mesa

Línea de Investigación:

Enseñanza y aprendizaje de la Física y las Matemáticas

Grupo de Investigación:

MATHEMA

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación

Medellín, Colombia

2020

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor, Jaime Andrés Carmona Mesa, por su dedicación, paciencia y apoyo permanente.

A mis hermanos, por su constante apoyo en mi formación personal y académica.

A mi madre, por su entrega y amor incondicional en todo momento.

A mi padre, por su sacrificio y acompañamiento en mi formación, a quien también va dedicado esperando se encuentre de la mejor manera en el llamado campamento eterno.

Al Comité para el Desarrollo de la Investigación (CODI) de la Universidad de Antioquia, por el financiamiento del proyecto “Fundamentación y desarrollo de una propuesta de formación STEM para futuros profesores de matemáticas” que apoyó el desarrollo del presente trabajo de grado.

CONTENIDO

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Objetivos	5
1.1.1 Objetivo General.....	5
1.1.2 Objetivo Específico.	5
2 APROXIMACIÓN A LAS TENDENCIAS Y TEMAS DE DISCUSIÓN INTERNACIONAL EN EDUCACIÓN STEAM NO FORMAL.....	6
2.1 Fundamentos de la Educación STEM no formal	6
2.2 Integración de las disciplinas del acrónimo	9
2.3 Contexto y características de implementación	10
2.4 Evaluación de aprendizajes e iniciativas	10
2.5 Niveles de formación abordados	
2.6 Metodologías que permiten materializar las iniciativas	
3 RUTA METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS DOCUMENTAL.....	17
3.1 Fase preparatoria	17
3.2 Fase descriptiva.....	18
3.3 Fase Interpretativa por núcleo temático	21
3.4 Fase de construcción teórica global	22
3.5 Fase de extensión y publicación.....	22
4 INTERPRETACIÓN POR NÚCLEOS TEMÁTICOS	24
4.1 Denominación y fundamentación de la educación STEAM no formal en Iberoamérica....	30
4.2 Integración de las disciplinas del acrónimo en Iberoamérica	32
4.3 Contexto y características de implementación	34
4.4 Evaluación de aprendizajes e iniciativas	34
4.5 Metodologías que permiten materializar la educación STEM no formal	35
4.6 Tendencia en los núcleos temáticos a partir de los niveles de formación de la educación STEAM no formal en Iberoamérica.....	36
4.7 Orientaciones metodológicas para el diseño e implementación de la educación STEAM no formal en instituciones como la Tecnoacademia	39
5 CONCLUSIONES	42
6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	45

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tendencias y temas en la educación STEAM no formal.....	15
Tabla 2. Ecuaciones de búsqueda en Google y selección de eventos.....	19
Tabla 3. Ecuaciones de búsqueda en bases de datos.....	21
Tabla 4. Unidades de análisis, información general y síntesis interpretativa.....	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Número de documentos y denominaciones en la producción académica en Iberoamérica	30
Figura 2: Documentos según los niveles de formación	37

RESUMEN

La educación STEM/STEAM consolida 30 años de una investigación que aumenta de forma progresiva y que representa desafíos relacionados con la transformación de la práctica educativa de los profesores y las estrategias que permiten impulsar la educación STEM/STEAM, en todos los espacios e independiente de las condiciones de infraestructura. En particular, el presente estudio se centró en brindar orientaciones metodológicas, a partir de la identificación de los desarrollos y desafíos de la educación STEM/STEAM no formal en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas que se reportan en la producción académica iberoamericana.

En consecuencia, esta investigación documental delimitó en la literatura internacional los siguientes temas y tendencias de discusión: características del acrónimo y su fundamentación, niveles de integración que se presentan en las propuestas, contextos y características para su implementación, evaluación de las propuestas y los aprendizajes de los estudiantes, niveles de formación a los que se encuentran dirigidas las propuestas y metodologías que permiten materializar las propuestas. Entre los resultados de la investigación se evidencia que la discusión de los fundamentos de la temática es escasa en contraste con los registros de la literatura internacional, que las propuestas tienden a favorecer la educación secundaria y que es necesario ampliar en investigaciones orientadas a los niveles de integración y a la evaluación de los aprendizajes e iniciativas.

Palabras clave: educación STEM/STEAM, producción académica iberoamericana, educación no formal.

ABSTRACT

STEM/STEAM education condenses 30 years of research that increases progressively and that represents challenges related to the transformation of educational practice by teachers and strategies that promote STEM/STEAM education, in all spaces and independent of infrastructure conditions. In particular, the present study was focused on providing methodological guidelines, based on identifying the developments and challenges of non-formal STEM/STEAM education in the teaching of science and mathematics which are reported in Ibero-American academic literature.

Therefore, this documentary research delimited the following subjects and trends according to the international literature: characteristics and foundation of the acronym, levels of integration in the proposals, contexts and characteristics for their implementation, evaluation of proposals and learning of students, levels of training and methodologies. The results show that the discussion about the foundations of the subject is scant in contrast to the records of the international literature, that the proposals tend to favor secondary education and that it is necessary more research oriented to the levels of integration and evaluation of learning and initiatives.

Keywords: STEM/STEAM education, Ibero-American academic production, non-formal education.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la década de 1990, ante la necesidad de integrar disciplinas y contenidos curriculares en las escuelas y promover una educación orientada en disciplinas específicas que fortalecieran la mano de obra, Estados Unidos impulsa iniciativas gubernamentales que permitieron consolidar lo que hoy se conoce como educación STEM -Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas por su acrónimo en inglés- (Aróstegui et al., 2019; Sanders, 2009). De forma similar, pero con un interés por reconocer las diferentes formas de expresión del ser humano, Corea extiende el acrónimo en 2011 al incorporar las Artes que acogen todas las disciplinas relacionadas con el desarrollo humano y social (Carmona-Mesa et al., 2019; Yakman y Lee, 2012); de esta manera, se consolida la educación STEAM -Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas por su acrónimo en inglés-.

A pesar de registrarse diferentes acrónimos en la discusión internacional, autores como Martini y Chiarella (2017) y Martín y Santaolalla (2020) sostienen que la educación STEM ha despertado un interés en los educadores que buscan trabajar sus proyectos integrando disciplinas en aras de lograr metas relacionadas con las exigencias actuales, entre las que se destaca aumentar el interés de los estudiantes por las disciplinas que componen el acrónimo. En ese mismo sentido, Martín y Santaolalla (2020) afirman que la educación STEM se ha convertido en protagonista de la transformación educativa gracias a la innovación que fomenta, donde es posible entender y analizar la funcionalidad de las disciplinas en espacios reales y de la vida cotidiana por medio de resolución de problemas y un trabajo interdisciplinar; asimismo, la educación STEM impulsa una participación activa de los estudiantes a través del trabajo en equipo y la discusión, acceso al conocimiento por medio de una visión integrada y desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo.

Por su parte, Holmlund et al. (2018) plantean que, aunque la educación STEM ha llamado la atención de forma significativa durante los últimos años, existe una incertidumbre acerca de su conformación. En este sentido, para estos autores es importante ampliar la investigación actual en aspectos como: (a) los roles que adoptan tanto estudiantes como profesores en una práctica desarrollada bajo una educación STEM, (b) los aprendizajes alcanzados por los estudiantes, (c) la transformación de la práctica educativa de los profesores y (d) las estrategias que permiten impulsar la educación STEM en todos los espacios, independiente de las condiciones en infraestructura.

Los vacíos que se identifican en la investigación actual obligan a considerar, entre otros aspectos, los espacios en que se desarrolla la educación STEM, la formación de los profesores para su integración y la identificación de las disciplinas del acrónimo donde se requiere mayor atención. En este sentido, Domènech-Casal (2018) y Yepes (2020) afirman que las actividades permeadas por la educación STEM suelen desarrollarse tanto al interior del aula (espacios formales), como en espacios fuera de ella (no formales, también llamados extracurriculares o estrategias de divulgación); sin embargo, es posible identificar en la literatura que existe un mayor desarrollo en investigaciones orientadas a los espacios formales (Takeuchi et al., 2020; Yepes, 2020).

Si bien se registra menor investigación en relación con su implementación espacios no formales, su potencial es ampliamente reconocido. Por una parte, su flexibilidad ofrece una oportunidad de integrar aspectos importantes en la enseñanza (como el interés, por ejemplo), potencializar las pasiones de los estudiantes por medio de la curiosidad y experiencias de vida que benefician la implementación de la educación STEM en situaciones sociales y ambientales, fomentar el liderazgo y favorecer el trabajo cooperativo entre los participantes, tantos estudiantes

como profesores de cualquier nivel académico (Honey et al., 2014; Herr, 2016; Terrazas-Marin, 2018). Por otra parte, presentan gran versatilidad para implementar la educación STEM por medio de cursos vacacionales, campamentos de verano o programas de homeschooling (Ávila, 2019; Caldwell, 2015).

En cuanto a la formación de profesores, autores como Carmona-Mesa et al. (2019) y Nadelson y Seifert (2017) sostienen que la implementación de la educación STEM requiere de una formación previa que, en la mayoría de las ocasiones, no se brindó a los profesores. Por lo tanto, para lograr la integración de la educación STEM en los diferentes contextos, es necesario que los profesores vivan experiencias que les permitan trascender el interés o motivación por la temática a la generación de reflexiones didácticas que favorezcan su implementación (Carmona-Mesa et al., 2020; Borko, Jacobs y Koellner, 2010).

A partir de los análisis documentales de la producción académica en el marco de la educación STEM, se han reportado que las disciplinas priorizadas se refieren en las ciencias sociales (principalmente relacionadas con la A del STEAM), la ingeniería, las ciencias naturales (como la física y la astronomía) y, por lo contrario, las matemáticas registran menor producción académica (Ferrada et al., 2019; Ferrada-Ferrada et al., 2020). De igual forma, se identifica que la mayor cantidad de la producción académica se encuentra en países como Estados Unidos, Australia, Turquía, Canadá y Reino Unido (Ferrada et al., 2019; Takeuchi et al., 2020). Esto evidencia que bajo los criterios de inclusión de publicaciones que son habituales en los análisis documentales de amplio espectro (p. ej. bases de datos de alto impacto), el contexto iberoamericano no logra visibilizar los avances y desafíos de la educación STEM en la región.

En particular, el proceso desarrollado en esta investigación tenía por centro de práctica la Tecnoacademia SENA de Medellín, que se define como un escenario de aprendizaje donde se

fomentan proyectos innovadores y extracurriculares que buscan integrar la educación STEAM, a partir de experiencias desarrolladas por estudiantes de educación básica y media (Zambrano, 2017; SENA, 2017). Si bien se resalta la inversión en dotación tecnológica de las instalaciones, en los diálogos con los facilitadores (equipo de personal encargado de orientar los procesos pedagógicos en la Tecnoacademia) se identifica una preocupación por el sentimiento de preparación para integrar la educación STEAM, pues mencionan no tener una formación sólida al respecto.

En consecuencia, la situación de la Tecnoacademia se corresponde con las limitaciones reportadas en la literatura actual por varios aspectos. Por un lado, refiere a una institución que se fundamenta en un espacio no formal (actividades extracurriculares o de divulgación) y que los profesores (facilitadores) reconocen no tener la formación para integrar la educación STEAM. Por otro lado, si bien esta investigación no tiene por objetivo la formación de profesores para fomentar las reflexiones pedagógicas, se considera que la disposición de orientaciones metodológicas para el diseño e implementación de la educación STEM es un apoyo alterno para aportar a dichas reflexiones. No obstante, la investigación disponible en cuanto a estrategias en espacios no formales es escasa (Yepes, 2020) y más en cuanto a la producción académica iberoamericana (Ferrada et al., 2019). En este sentido, es importante brindar orientaciones pedagógicas dirigidas a la Tecnoacademia en aras de favorecer la implementación de la educación STEAM no formal en sus procesos de enseñanza-aprendizaje.

En coherencia con lo anterior, el presente estudio se propone atender la preocupación de los profesores del centro de práctica por medio de orientaciones metodológicas para el diseño e implementación de la educación STEAM, a partir de un análisis documental de la producción académica iberoamérica que explicita los desarrollos y desafíos en la *educación STEAM no*

formal. Además, se centra en las disciplinas de ciencias y matemáticas pues son el foco de la Licenciatura en la cual se desarrolla esta investigación. De igual forma, las tendencias de *educación STEM/STEAM* se asumen para el análisis documental y, por tanto, se desarrollan los siguientes apartados del estudio bajo la denominación *educación STEAM no formal*, aunque los autores citados evoquen la educación STEM en algunas ocasiones. Por lo tanto, se proyecta como pregunta de investigación: *¿Cuáles son los desarrollos y desafíos de la educación STEM/STEAM no formal para la enseñanza de las ciencias y las matemáticas en Iberoamérica?*

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General.

Identificar los desarrollos y desafíos de la educación STEM/STEAM no formal en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas que se reportan en la producción académica iberoamericana.

1.1.2 Objetivo Específico.

- Delimitar los principales temas y tendencias de discusión internacional relacionados con la educación STEM/STEAM no formal que permitan analizar los desarrollos y desafíos de la temática en Iberoamérica.

2 APROXIMACIÓN A LAS TENDENCIAS Y TEMAS DE DISCUSIÓN INTERNACIONAL EN EDUCACIÓN STEAM NO FORMAL

La producción académica internacional que se relaciona con la educación STEAM no formal da cuenta de diferentes tendencias y temas de discusión, en esencia, la literatura consultada en esta investigación permite identificar principalmente cinco: integración de las disciplinas del acrónimo, contexto y características de implementación, evaluación de aprendizajes e iniciativas, niveles de formación y metodologías que permiten materializar la educación STEAM no formal. Por lo tanto, se presenta la fundamentación de la educación STEAM no formal y los aspectos centrales de las tendencias y temas de discusión los cuales posibilitan conocer un panorama más amplio acerca de la temática de estudio, que permita contrastar con aquellos datos de interés que otorga la literatura iberoamericana.

2.1 Fundamentos de la Educación STEM no formal

Se declaró previamente que la educación STEAM se desarrolla tanto en espacios formales como en espacios no formales; cuando se habla de educación STEAM no formal es importante tener en cuenta tres aspectos. En primer lugar, la diversidad de denominaciones registradas en la literatura; en segundo lugar, las principales características de la educación STEAM no formal y; en tercer lugar, los principales beneficios y desafíos reportados en los diferentes estudios.

En cuanto a su definición, Allen y Peterman (2019) la delimitan como aquella donde el aprendizaje se lleva a cabo mediante experiencias desarrolladas en una variedad de entornos y espacios que se piensan para materializar procesos educativos fuera del aula. Por otra parte, Garg (2015) define las actividades STEAM extracurriculares como programas necesarios para

despertar interés en los estudiantes hacia las disciplinas STEAM desde un espacio diferente al aula de clases.

En esta misma línea, algunos autores destacan las estrategias de divulgación como la capacidad de potencializar actividades alternas a las del currículo escolar, las cuales tienden a desarrollarse principalmente para favorecer y aumentar el interés las disciplinas STEAM (Cardona et al., 2020; Fitzallen y Brown, 2016). No obstante, a pesar de registrarse al menos tres denominaciones diferentes (no formal, extracurricular y estrategia de divulgación), en estas adjetivaciones es común el reiterado interés por favorecer experiencias en entornos fuera del aula regular. Además, se registra que, al parecer, la educación no formal es la de mayor aceptación pues cuenta con un foro internacional exclusivo en la temática (<https://worldnfeforum.com/>), por lo tanto, es la denominación que atempera el presente estudio.

Alguno de los aspectos característicos de la educación STEAM no formal es la participación voluntaria, el trabajo colaborativo y el aprendizaje personal que se torna central y no lineal, es decir, es un aprendizaje permeado por el impacto social que puede generar (Zailan et al., 2019; Allen y Peterman, 2019). Sin embargo, lograr este alcance en las experiencias de educación STEAM no formal implica generar redes entre Instituciones de Educación Superior, entidades gubernamentales, sector privado e Instituciones Educativas, que logren solventar el desafío de articular las experiencias fuera y dentro del aula y concretar el financiamiento requerido para materializar las iniciativas (Cardona et al., 2020; Krell et al., 2015; Wong et al., 2016)

Por su parte, autores como Allen y Peterman (2019) plantean que la educación STEAM no formal enfrenta desafíos relacionados con el aprendizaje, es decir, es evidente que los estudiantes se divierten por medio de diferentes actividades, pero son escasos los reportes de la

curva de aprendizaje que logran los estudiantes al participar en las actividades. Al respecto, el estudio de Cardona et al. (2020) es un ejemplo del análisis de la curva de aprendizaje en la implementación de la iniciativa de Campamento Maker, en donde se explicitan los logros e integración interdisciplinar de la Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Artes.

Algunas investigaciones resaltan en este tipo de iniciativas un interés por fortalecer la economía de los países desarrollados o en vías de desarrollo, en donde las disciplinas STEM son clave para satisfacer las necesidades tecnológicas y de innovación (DeCoito, 2016). Si bien este interés fomenta las alianzas y patrocinios desde los sectores tanto públicos como privados, en términos de infraestructura y fondos para llegar a un número mayor de participantes (Andrée y Hansson, 2020), autores como Chesky y Wolfmeyer (2015) plantean que en esta tendencia se beneficia una formación técnica de los sujetos al servicio del desarrollo económico y se deja de lado su formación integral. En este contexto, emerge como un desafío de la educación STEAM no formal la búsqueda de un punto de equilibrio, donde se aporte al desarrollo económico y se discutan los problemas que enfrenta nuestra sociedad actual, como la contaminación, la violencia y la desigualdad social.

Entre los beneficios de la educación STEAM no formal, autores como Garg (2015) y Mtika (2019) destacan que despierta la curiosidad en los estudiantes acerca de contenidos relacionados con las disciplinas del acrónimo, debido al aumento del interés y la motivación, y fomenta un sentido crítico a partir de la creación de proyectos como soluciones a situaciones problemas para la sociedad actual. Además, fortalece la confianza de los estudiantes sobre sus capacidades para realizar diferentes actividades de manera exitosa y permite una orientación vocacional en la elección de su carrera profesional (Mtika, 2019).

2.2 Integración de las disciplinas del acrónimo

Discutir los niveles de integración en la educación STEAM no formal implica entender los diferentes alcances educativos posibles, la manera en que se diferencian entre sí y qué permiten en cada uno de estos niveles. En ese sentido, Honey et al. (2014) plantea que, si bien existe diferencias en los niveles de integración disciplinar de la educación STEAM no formal, estos convergen en la necesidad de establecer conexiones entre al menos dos de las disciplinas y abordar fenómenos o contextos donde los estudiantes requieren usar múltiples conocimientos y habilidades. No obstante, se registra en la literatura ausencia de investigaciones en este tipo de iniciativas que discutan la integración de disciplinas y es recurrente la prioridad de la ciencia sobre las demás (English, 2016).

En consecuencia, para favorecer la integración de las disciplinas en la educación STEM no formal es importante considerar los diferentes niveles reportados en investigaciones. Al respecto, Carmona et al. (2019) resaltan cuatro niveles: *monodisciplinar*, en el cual se prioriza una sola disciplina, no obstante se hace alusión a una integración de varias; *multidisciplinar*, donde se evidencia más de una disciplina, sin embargo es notable como cada una puntualiza en aspectos concretos; *interdisciplinar*, para este nivel se destaca cómo existe una relación directa que da apertura al trabajo entre dos o más disciplinas; y, finalmente, *transdisciplinar*, en el que la integración genera alcances en nuevas metodologías y aspectos teóricos.

Este último nivel presenta cierta controversia en las publicaciones, en cuanto trasciende las visiones individuales de cada disciplina a la configuración de un nuevo campo conceptual (Gao et al., 2020), ejemplos de lo anterior son etnomatemática, bioingeniería, nanotecnología y demás campos que se han configurado a partir de los fundamentos de disciplinas específicas,

pero trasciende a objetos de estudio diferenciados. Al respecto, Carmona et al. (2019) recomiendan procesos educativos interdisciplinarios, en cuanto la complejidad de un ejercicio transdisciplinar tiende a ser un objetivo idealista para los propósitos formativos de la educación STEAM. Por su parte, Takeuchi et al. (2020) destacan la manera en la que la interdisciplinariedad da apertura a un trabajo que relaciona dos o más disciplinas, mientras que la transdisciplinariedad va más allá de dicha apertura, es decir, genera un nuevo campo de conocimiento con base en las disciplinas del acrónimo; es por ello que se cataloga como un nivel emergente y se cuestiona su alcance en los procesos educativos.

2.3 Contexto y características de implementación

Es preciso señalar que la educación STEAM no formal va más allá de salir del aula, implica consolidar lugares y espacios que resulten pertinentes para desarrollar las experiencias. Al respecto, se resalta que, si bien la literatura expresa una tendencia notable en el uso de museos, ferias de ciencia y campus virtuales, el contexto de mayor recurrencia son los campamentos (Matthews et al., 2012; Takeuchi et al., 2020; Zailan et al., 2019). Por otra parte, estas actividades no formales suelen desarrollarse de manera rápida y orientadas a un aprendizaje focalizado en temas particulares, por tanto, tienden a una intensidad promedio de dos a cinco días (Zhuang et al., 2017); incluso, suelen desarrollarse en varias versiones y con una periodicidad de un año (Zailan et al., 2019).

2.4 Evaluación de aprendizajes e iniciativas

Se registra en la literatura dos aspectos clave en relación con la evaluación en el marco de la educación STEAM no formal: la evaluación o seguimiento de los procesos educativos desarrollados por los estudiantes y la evaluación o valoración de los alcances de las iniciativas

desarrolladas. En cuanto a la evaluación de los aprendizajes de los estudiantes en la educación STEAM no formal, la literatura reporta que existe la tendencia a asumir las prácticas evaluativas habituales en contextos formales como pruebas escritas y cuestionarios (Allen y Peterman, 2019); sin embargo, estos autores plantean la necesidad de evaluar con la flexibilidad propia de la educación no formal al valorar: una solución apropiada a los problemas contextuales propuestos, el uso de recursos que permitió la solución, el nivel de integración de las disciplinas en la solución y las valoraciones o recomendaciones por parte de los profesionales que lideran la experiencia no formal. En otras palabras, la evaluación de los aprendizajes de los estudiantes en educación STEAM no formal debe fomentar una valoración integral y soportada en la autenticidad de las actividades y el registro detallado en la solución al problema propuesto (Allen y Peterman, 2019).

En relación con los alcances de las iniciativas, se resalta una mayor tendencia a una valoración sumativa que formativa (Zailan et al., 2019). La valoración sumativa se centra en los resultados del programa en término de su eficacia para alcanzar un amplio número de beneficiarios y el apoyo en la aplicación de instrumentos tanto previos como posteriores a la ejecución del programa. Si bien, este tipo de evaluaciones beneficia la toma de decisiones de organismos públicos y gubernamentales, tiende a generar resultados cuestionables pues hace difícil determinar los logros reales de los estudiantes (Zailan et al., 2019). En contraste, la valoración formativa se interesa por reportar la curva de aprendizaje de los estudiantes a lo largo de toda la iniciativa, al explicitar los aciertos y desaciertos que deben ser considerados en futuras ediciones de las iniciativas (Zailan et al., 2019).

Los dos tipos de valoraciones analizadas en el párrafo anterior son complementarios y brindan una visión holística del programa evaluado, por lo tanto, se reconoce como relevante

trascender la tendencia de valoraciones sumativas registrada en la literatura (Allen y Peterman, 2019; Zailan et al., 2019). Al respecto, Hallström y Schönborn (2019) consideran indicadores como la autenticidad de las actividades propuestas en las iniciativas, los niveles de integración disciplinar visibles en las experiencias, la manera en la que se potencia el trabajo colaborativo y el aporte a una necesidad latente como romper brechas de género y vocaciones en las disciplinas STEAM.

2.5 Niveles de formación abordados

La educación STEAM no formal se implementa en todos los niveles de formación, parte en los niveles iniciales de escolaridad regulares (Garg, 2015) e incluye la educación superior (Holmlund et al., 2018; Fernández-Limón et al., 2019; Margot y Kettler, 2019). Por ejemplo, Tafur et al. (2006) reportan la iniciativa Pequeños Científicos que tiene por objetivo promover la alfabetización científica y tecnológica en edades tempranas; por su parte, Cardona et al. (2020) desarrollan el Campamento Maker, una iniciativa que fomenta experiencias en pro de la aplicación de conceptos de ciencia básica y pensamiento ingenieril en estudiantes de educación secundaria y media; por último, Fernández-Limón et al. (2018) abordan el desarrollo profesional de profesores por medio de actividades no formales orientadas a sensibilizar hacia las ciencias, la ingeniería y la tecnología en la vida cotidiana.

También se identifican algunas tendencias en los diferentes niveles de formación importantes. Al respecto, Zailan et al. (2019) reporta que las iniciativas orientadas a los estudiantes tienden a desarrollarse con mayor frecuencia por medio de campamentos y ferias de ciencia y, para el caso de los profesores, son regulares los foros o actividades en entornos virtuales (Margot y Kettler, 2019).

2.6 Metodologías que permiten materializar las iniciativas

Al momento de implementar iniciativas de educación STEAM no formal se registra un amplio espectro de metodologías, entre estas se destaca el *aprendizaje basado en proyectos* (Domènech-Casal, 2018), *aprendizaje basado en retos* (Domínguez et al., 2019), *aprendizaje basado en problemas* (Chen et al., 2019), *pensamiento computacional* (Basu et al., 2016) y *diseño ingenieril* (Cardona et al., 2020). Además, se encuentra regularidad en que por lo menos una de estas metodologías tiende a ser complementada con otra en una misma experiencia, con el objetivo de focalizar en los estudiantes el propósito formativo deseado (Zailan et al., 2019).

En primer lugar, respecto al *Aprendizaje Basado en Proyectos*, Domènech-Casal (2018) reporta que materializar la educación STEAM a partir de esta metodología guarda una estrecha relación con los tres componentes que caracterizan la educación en ciencias: *conceptual*, el cual permite interpretar el fenómeno social de interés en la actividad, *procedimental*, de esta manera se favorecen los razonamientos propios de cada disciplina y, finalmente, el componente *epistémico* que implica la apropiación de la temática y del discurso por parte de los estudiantes, es decir, consolidar con argumentos el proceso realizado. En esencia, el *aprendizaje basado en proyectos* se caracteriza por la discusión, la planificación y la toma de decisiones que permitan planear, desarrollar y evaluar un proyecto que dé solución a un problema (Márquez y Jiménez-Rodrigo, 2014)

En segundo lugar, el *aprendizaje basado en retos* se caracteriza por presentar actividades que permiten una solución rápida y dan primacía a la imaginación, la creatividad y la lógica (Domínguez et al., 2019); también fomenta la innovación y la personalidad de los estudiantes al afrontar situaciones que los inviten a un desafío de la vida cotidiana (Khambari, 2019). En tercer lugar, el *aprendizaje basado en problemas* se caracteriza por tener su esencia en la resolución de

problemas semejantes a los que los estudiantes se van a enfrentar en su vida profesional, en su trabajo y su vida diaria para los cuales debe acudir a las disciplinas STEM (Holmlund et al., 2018); esta metodología ofrece una serie de ventajas, entre las cuales se destacan la cooperación, delegación de tareas y se favorece el aprendizaje individual por medio de la discusión y solución de problemas reales (Chen et al., 2019).

En cuarto lugar, en relación con el *pensamiento computacional*, Basu et al. (2016) sostienen que, si bien existe poca claridad al respecto, se caracteriza por la formulación, resolución de problemas a partir de conceptos informáticos donde la recursividad y la simulación son vitales para que el estudiante logre comprensión de los procesos sistemáticos. Finalmente, Cardona et al. (2020) sostienen que el *diseño ingenieril* tiene características que permiten un proceso iterativo que posibilita diseñar productos y procesos vinculados a las diferentes disciplinas del acrónimo. En el proceso iterativo se resaltan pasos como identificar una necesidad o problema, ampliar la información conocida, elegir la mejor solución de las opciones planteadas y la construcción y evaluación del prototipo (producto o proceso) que permita dar solución a la necesidad o problema (Cardona, et al., 2020).

Las anteriores metodologías mantienen relación con lo reportado por Carmona-Mesa et al. (2020), una conexión entre los recursos metodológicos y epistemológicos de la disciplina del acrónimo que se desea abordar y, para el caso de la educación no formal, esta conexión entre una metodología particular y una disciplina suelen complementarse con una metodología diferente en la gran mayoría de casos. Por ejemplo, la ingeniería suele materializarse a partir del *diseño ingenieril* (Cardona et al., 2020) y del *aprendizaje basado en diseño* (Li y Schoenfeld, 2019); la tecnología se relaciona fuertemente con el *pensamiento computacional* (Basu et al., 2016); la ciencia, por su parte, suele fortalecerse gracias al *aprendizaje basado en problemas* (Chen et al.,

2019); y finalmente, autores sostienen que las matemáticas tienden a relacionarse con disciplinas del acrónimo como las ciencias y la ingeniería, por ello, se suelen implementar por medio de las metodologías con las que se integran estas disciplinas (Aguirre, 2017; Li y Schoenfeld, 2019).

En este sentido, Zhuang et al. (2017) soportan que estas experiencias de educación STEAM no formal tienden a materializarse por medio de la implementación de la robótica y la ingeniería enfocándose en la enseñanza o en el aprendizaje en diferentes casos donde se aplican las disciplinas del acrónimo. Además, al interior de estas tendencias se destaca el diseño y solución de retos y situaciones problemas relacionadas con el día a día, lo cual posibilita a los estudiantes dar cuenta de cómo las disciplinas del STEM intervienen en diferentes momentos de la vida cotidiana (Fernández-Limón et al., 2018).

Para sintetizar los aspectos clave que componen una actividad STEM no formal se presenta a continuación la tabla 1.

Tabla 1.
Tendencias y temas en la educación STEAM no formal

Denominación	Educación STEAM no formal	Educación STEAM extracurricular	Estrategias de divulgación
Fundamentación	Definición (Allen y Peterman, 2019) Características (Mtika, 2019; Zailan et al., 2019) Interés económico (DeCoito, 2016; Chesky y Wolfmeyer, 2015) Sector público y privado (Andrée y Hansson, 2020)	Definición (Garg, 2015)	Definición (Cardona et al., 2020; Fitzallen y Brown, 2016)

Integración de disciplinas	Conexión de disciplinas (Honey et al., 2014) Ausencia de investigaciones (English, 2016) Niveles de integración (Carmona et al., 2019; Gao et al., 2020)
Contextos de aplicación	Tendencias (Matthews et al., 2012; Takeuchi et al., 2020) Duración (Zhuang et al., 2017). Periodicidad (Zailan et al., 2019)
Procesos evaluativos	Tendencias (Allen y Peterman, 2019) Alcances (Zailan et al., 2019) Autenticidad (Hallström y Schönborn, 2019)
Niveles de formación	Sistema escolar (Cardona et al., 2020; Garg, 2015; Tafur et al., 2006); Educación superior (Holmlund et al., 2018; Fernández-Limón et al., 2019; Margot y Kettler, 2019)
Metodologías de implementación	Aprendizaje basado en proyectos (Domènech-Casal, 2018) Aprendizaje basado en retos (Domínguez et al., 2019) Aprendizaje basado en problemas (Chen et al., 2019) Pensamiento computacional (Basu et al., 2016) Diseño ingenieril (Cardona et al., 2020). Características y tendencias (Aguirre, 2017; Carmona-Mesa et al., 2020; Fernández-Limón et al., 2018; Li y Schoenfeld, 2019; Zailan et al., 2019)

3 RUTA METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS DOCUMENTAL

El presente estudio tiene por objetivo identificar los desarrollos y desafíos de la educación STEM/STEAM no formal en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas que se reportan en la producción académica iberoamericana. Por lo tanto, se realiza una investigación documental bajo el modelo propuesto por Hoyos (1999); algunos de los términos clave del modelo son: *unidades de análisis* que corresponden a todos los textos seleccionados que se analizarán (libro, artículo, ensayo, tesis, etc.) y pasarán a conformar lo que se denomina núcleos temáticos; *núcleos temáticos* que delimitan el campo de interés y proporcionan datos que se transforman en la producción teórica del estudio (tendencias y temas de la tabla 1); *factores*, los cuales se entienden como aquellos aspectos relevantes en una unidad de análisis (desarrollos y desafíos en iberoamérica); e *indicadores que corresponden* a aspectos importantes al interior de un factor (p. ej. niveles de integración monodisciplinar, multidisciplinar, interdisciplinar y transdisciplinar).

Este tipo de investigación permite conocer sobre el tema y sus antecedentes y, de esta manera, construir el estado del arte actual con base en la información que suministra la literatura. Este modelo de investigación documental propuesto por Hoyos (1999) se divide en cinco fases que se relacionan directamente, debido a que del producto que se espera en cada fase depende el desarrollo de las fases anteriores, a saber: *preparatoria, descriptiva, interpretativa por núcleo temático, construcción teórica global y extensión y publicación*.

3.1 Fase preparatoria

El fin de esta fase es orientar al investigador alrededor de cómo realizar el estudio y establecer cuál es el objeto de investigación, el tema central y sus núcleos temáticos (Hoyos,

1999). En ese sentido, el punto de partida para la presente investigación consistió en conocer sobre la educación STEAM no formal y una aproximación a su desarrollo académico, para analizar de forma posterior los estudios en el marco de la enseñanza de las ciencias y las matemáticas en educación STEAM no formal en el contexto de Iberoamérica.

La aproximación inicial a la literatura permitió identificar que: (a) la producción académica iberoamericana no se encontraba sistematizada por medio de un análisis documental y se registraba en menor cantidad a la de otras latitudes, (b) existía un especial interés en las disciplinas de Matemáticas y Ciencias en contraste con las demás del acrónimo. Por lo tanto, se establecen como *núcleos* temáticos el nivel de integración de las disciplinas del acrónimo, contexto y características de implementación, evaluación de aprendizajes e iniciativas, niveles de formación y metodologías que permiten materializar la educación STEAM no formal

3.2 Fase descriptiva

Esta fase comprende el trabajo de campo que da cuenta de los estudios que se han desarrollado antes y se relacionan con el tema central de la investigación; estos estudios dan a conocer referentes disciplinares y teóricos y, a su vez, el contexto en el que se han desarrollado (Hoyos, 1999). Por lo tanto, a partir de los *núcleos temáticos* delimitados y con el propósito de ajustar los criterios de inclusión y exclusión a las tendencias de la producción académica iberoamericana, se definió la búsqueda de documentos en eventos académicos y bases de datos que permitieran visibilizar el desarrollo y desafíos de la educación STEAM en Iberoamérica.

Para ubicar la producción académica de los eventos iberoamericanos se utilizaron en Google dos ecuaciones de búsqueda (Tabla 2) con palabras clave en español y portugués, lenguas maternas de los países de la región (se incluyó CTIM y CTEM por ser la traducción

literal de STEM al español y portugués, respectivamente), y se complementó con las herramientas de filtros: “intervalo personalizado” (entre 2017 y junio del 2020) y “buscar sólo páginas en español” (y homologó para portugués).

La sistematización y revisión de los 73 eventos identificados permitieron establecer una caracterización que agrupa tres tipos de eventos (Tabla 2). El primer tipo, de actividades como conferencias o paneles con invitados referentes en el área, que desarrolla acciones principalmente divulgativas y con duración de un día o menos (p. ej. Primer Simposio de Educación y Evaluación en STEM). El segundo tipo, de actividades para el fomento de la educación STEAM por medio de talleres y conferencias con invitados referentes en el área, que implica tanto divulgación como formación y tiene una duración de dos o tres días (p. ej. Foro Internacional STEM+H). El tercer tipo, de actividades que favorecen la discusión académica entre todos los participantes por medio de conferencias, paneles de discusión y talleres, que tiene una duración aproximada de una semana. Los eventos tipo 1 y 2 corresponden a iniciativas lideradas principalmente por organizaciones públicas o privadas y los tipos 3 por comunidades académicas.

Tabla 2.
Ecuaciones de búsqueda en Google y selección de eventos

Navegador	Ecuación de búsqueda	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Documentos nominales	Documentos seleccionados
Google	("STEM" OR "STEAM" OR "CTIM") AND ("evento" OR "simposio" OR "congreso" OR "foro" OR "seminario" OR "encuentro" OR	23	31	4	12	15

	"coloquio" OR "reunión")					
Google	("STEM" OR "STEAM" OR "CTEM") AND ("evento" OR "simpósio" OR "congresso" OR "fórum" OR "seminário" OR "reunião" OR "colóquio" OR "reunião")	5	9	1	0	0
Eventos iberoamericanos más relevantes en las áreas de interés		0	3	7	19	13
Total eventos y documentos rastreados		28	43	12	31	28

Además, los eventos ubicados por medio de las dos ecuaciones de búsqueda fueron complementados con diez eventos iberoamericanos de relevancia en Educación Matemática y Educación en Ciencias, para un total de 83 eventos. También se realizó la búsqueda en las principales bases de datos en el contexto iberoamericano adaptando las ecuaciones a los motores de búsqueda de cada una de ellas, como se puede apreciar en la tabla 3. Los núcleos temáticos ubicados en los eventos y bases de datos se revisaron con el propósito de descartar en cuáles se daba una *discusión nominal* de la temática, es decir, donde se usaba el acrónimo, pero no se brindaba argumentos que discutan y permitan construir en relación a la temática a partir del estudio en mención, en síntesis, el uso del acrónimo se realiza de manera superficial en el documento. En coherencia con lo anterior, veintiocho documentos fueron seleccionados al interior de los eventos académicos, los cuales se desarrollan en todos los contextos, y para interés de la investigación, ocho de ellos son en contexto no formal.

Tabla 3.
Ecuaciones de búsqueda en bases de datos

Base de datos	Ecuación de búsqueda	Número de documentos
Redalyc	"STEM" AND "mathematics" + filtro Educación	82
	"STEM" AND "science" + filtro Educación	172
	"STEAM" AND "mathematics" + filtro Educación	9
	"STEAM" AND "science" + filtro Educación	24
SciELO	((education STEM) OR (education STEAM)) AND (mathematics)	14
	((education STEM) OR (education STEAM)) AND (science)	38
Dialnet	"education STEM" AND "mathematics"	9
	"education STEM" AND "science"	12
	"education STEAM" AND "mathematics"	1
	"education STEAM" AND "science"	1
RedIB	"(Todos los campos: education STEM) y (Todos los campos: mathematics)" + filtro Documento de revista	34
	"(Todos los campos: education STEM) y (Todos los campos: science)" + filtro Documento de revista	55
	"(Todos los campos: education STEAM) y (Todos los campos: mathematics)" + filtro Documento de revista	6
	"(Todos los campos: education STEAM) y (Todos los campos: science)" + filtro Documento de revista	6
Total documentos rastreados		463
Total documentos seleccionados para Educación STEAM no formal		6

En coherencia con lo anterior, se obtienen finalmente catorce documentos para analizar (ocho obtenidos a partir de los eventos académicos y seis por medio de las bases de datos) los cuales por la metodología de Hoyos (1999) reciben el nombre de unidades de análisis.

3.3 Fase Interpretativa por núcleo temático

Esta fase amplía el horizonte del estudio por *unidad de análisis* y proporciona datos nuevos que cumplen un papel importante en la construcción teórica de la siguiente fase. Por tanto, es necesario definir los *núcleos temáticos* de la investigación en torno a lo que se ha discutido: integración de las disciplinas del acrónimo, contexto y características de

implementación, evaluación de aprendizajes e iniciativas, niveles de formación y metodologías que permiten materializar la educación STEAM no formal (Tabla 1). Estos núcleos permiten analizar las tendencias transversales existentes en las *unidades de análisis*.

Para sintetizar, la tabla 4 resume las características básicas de cada unidad de análisis: título del documento, fuente donde se rastreó, autor(es), año en el que fue publicado, país donde fue realizado el estudio, nivel de formación al que se encuentra dirigido, acrónimos que registra la literatura iberoamericana, nivel de integración que se presenta en cada unidad de análisis y contextos de aplicación en los que se lleva a cabo la educación STEM no formal en Iberoamérica.

3.4 Fase de construcción teórica global

La finalidad de esta fase es interpretar cada núcleo temático para mirar los resultados del estudio realizado a partir de vacíos, limitaciones, dificultades, tendencias y logros obtenidos. De esta forma, se lleva a cabo la construcción del estado actual de la investigación y se orientan futuras investigaciones en relación con el tema. Esta fase se estructura como tendencias transversales a partir de los niveles de formación: educación básica y media y educación superior.

3.5 Fase de extensión y publicación

Consiste en la divulgación de la obra, ya sea en forma oral mediante conferencias, disertaciones, seminarios, etc., o en forma escrita mediante publicación. Esta fase es importante porque pone en circulación un nuevo conocimiento que permite la interlocución con otros investigadores. En este sentido, algunas ideas derivadas del presente estudio se presentaron en el I Congreso Caribeño de Investigación Educativa (Carmona-Mesa et al., 2020) y el documento

será presentado en la socialización de trabajos de grado de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia. Además, la investigación va a ser publicada en el repositorio de la Universidad de Antioquia y se encuentra en desarrollo una versión resumida para ser publicada como artículo en alguna revista de circulación nacional.

4 INTERPRETACIÓN POR NÚCLEOS TEMÁTICOS

A partir de las declaraciones metodológicas presentadas en el apartado previo, se presenta en la tabla 4 un resumen de la interpretación por *núcleo temático* que será desarrollada de forma amplia en los párrafos siguientes. Además, la tabla reporta información básica para la búsqueda de los documentos en caso de que el lector considere necesario revisar alguno de ellos.

Tabla 4.
Unidades de análisis, información general y síntesis interpretativa

Documento	Fuente de rastreo del documento	Autor (es)	Año de publicación	País	Nivel de formación	Acrónimos	Acrónimo que predomina	Nivel de integración	Contexto
Aprendizaje STEM basado en diseño de aeronaves: una estrategia interdisciplinaria desarrollada para Clubes de Ciencia Colombia	RedIB	Pedro David Bravo-Mosquera, Nelson David Cisneros-Insuasti, Bryann Avendaño-Uribe y Fabiola Mosquera-Rivadeneira	2019	Colombia	Sistema escolar	STEM		Interdisciplinaria	Clubes de ciencia
Modelos de Implementación Educación STEM/STEAM en América	X Congreso Iberoamericano de Educación Científica	Marcelo Caplan y Carlo Noseda	2019	Argentina y Estados Unidos	Educación superior	STEM y STEAM		Multidisciplinaria	Ferias de ciencia y espacios alternativos como el río de la ciudad
Proyecto kiks (Kids inspire kids for STEAM)	Congreso Iberoamericano de Educación Matemática (CIBEM)	Jose M. Diego-Mantecón, Teresa F. Blanco, María J. González, Maitane P. Istúriz, Alejandro Gorgal Romarís, Ignacio	2017	España	Sistema escolar	STEAM		Indeterminado	Cursos en línea

		González-Ruiz, José B. Búa, Tomás Recio						
ABPMap: "mapeando" componentes didácticas del Aprendizaje Basado en Proyectos de ámbitos STEM	28 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales	Jordi Domènech-Casal	2018	España	Indeterminado	STEM	Indeterminado	Propuesta de evaluación de proyectos realizados en cualquier contexto no formal
Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos	Redalyc	Jordi Domènech-Casal, Sílvia Lope, Lluís Mora	2019	España	Educación superior	STEM	Monodisciplinar	Talleres y cursos de verano
Retos de ingeniería: enfoque educativo STEM+A en la revolución industrial 4.0	SciELO	Patricia Mariela Domínguez Osuna, María Amparo Oliveros Ruiz, Marcos Alberto Coronado Ortega y	2019	México	Todos los niveles	STEM+A	Monodisciplinar	Foros y ferias de ciencia

		Benjamín Valdez Salas						
La generación de prácticas, proyectos o programas en educación STEM-STEAM en el marco de una diplomatura virtual para América Latina	X Congreso Iberoamericano de Educación Científica	Luis Miguel Espinal Fuentes y Fiorella Silveira Segui	2019	Uruguay	Educación superior	STEM y STEAM	Monodisciplinar	Cursos en línea
Club de robótica educativa Math-bot	RedIB	Carlos Darío Hernández Vázquez, Eduardo Ulises Marañón Ávila, Mario Calderón Ramírez, Mauro Santoyo Mora	2017	México	Sistema escolar	STEM	Multidisciplinar	Clubes de robótica
Proyecto STEMforYouth	Congreso Iberoamericano de Educación Matemática (CIBEM)	José Manuel Diego Mantecón, Juan José Sáenz De La Torre Lasierra y Mirosław Brzozowy	2017	España	Sistema escolar	STEM	Interdisciplinar	Cursos en línea

Mecanismos articulados: Geometría Dinámica y Cinemática en un entorno educativo STEM	RedIB	Javier Manzano Mozo, Melchor Gómez García y Jorge Mozo Fernández	2017	España	Todos los niveles	STEM		Multidisciplinar	Cursos en línea
maker@domus: un programa de actividades de educación STEAM con intención constructorista	28 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales	Manuel Miramontes Antas, Patricia Barciela Durán, José Manuel Fernández Rivas y Pilar Lamas Seco	2018	España	Todos los niveles	STEAM		Monodisciplinar	Museos
Mejoramiento de la comprensión del campo de la Educación STEM-STEAM en Agentes Educativos de América Latina, a través de un programa de capacitación virtual en el Portal Educativo de las Américas de la OEA	X Congreso Iberoamericano de Educación Científica	Luis Andrés Ochoa Duque y Alin Desire Valenzuela Cabrales	2019	Colombia	Educación superior	STEM y STEAM		Indeterminado	Aulas virtuales
La educación STEM: ejemplos prácticos¹¹¹ introducción al proyecto europeo scientix	V Congreso Internacional de Docentes de Ciencia y Tecnología	Marisa Prolongo Sarria y Gabriel Pinto Cañón	2018	España	Todos los niveles	STEM, CTIM y STEAM	STEM	Monodisciplinar	Paneles virtuales

Explore: an action to bring science and technology closer to secondary school	Dialnet	Nuria Torras-Melenchon, M. Dolors Grau, Josep Font-Soldevila y Josep Freixas	2015	España	Educación superior	STEM, STEAM y STEM + arte	STEM	Monodisciplinar	Cursos cortos (de carácter presencial y virtual)
--	---------	--	------	--------	--------------------	---------------------------	------	-----------------	--

4.1 Denominación y fundamentación de la educación STEAM no formal en Iberoamérica

La literatura iberoamericana permite identificar tres particularidades: la diversidad de acrónimos que se reportan, las características de la educación STEAM no formal y los desafíos que reportan los diferentes estudios. En primer lugar, la diversidad de acrónimos usados da cuenta de que convergen con los registrados a nivel internacional; en la tabla 4 se evidencia que, si bien algunos estudios hacen alusión a más de uno, es recurrente que se priorice el uso de la denominación STEM.

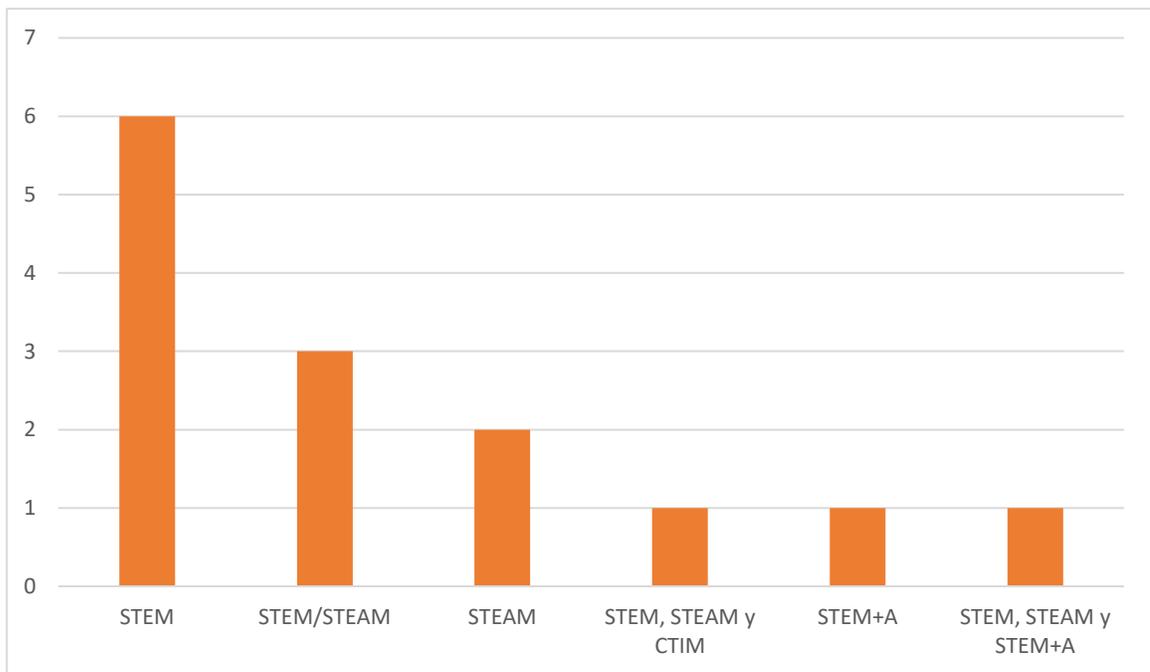


Figura 1: Número de documentos y denominaciones en la producción académica en Iberoamérica

Los catorce documentos analizados se dividen de la siguiente manera (Figura 1): seis lo nombran como STEM, tres lo hacen como STEM y STEAM, dos lo hacen como STEAM, uno lo hace como STEM, CTIM y STEAM, un documento hace alusión a STEM+A y, finalmente, un documento lo hace como STEM, STEAM y STEM+A. Sin embargo, STEM+A se entiende como el símil de STEAM. En resumen, se encuentra que los casos que lo nombran como STEM,

STEAM y CTIM guardan una gran similitud con los acrónimos de la literatura internacional. Por otra parte, existe evidencia de modificaciones sutiles al acrónimo que parecen obedecer al eslogan de proyectos vinculados con entidades gubernamentales y que no evidencian profundidad conceptual que justifique los ajustes.

En segundo lugar, Hernández et al. (2017) hacen alusión a la educación STEAM no formal como un paradigma educativo que potencia el aprendizaje con pocos recursos debido a que las actividades tienden a reutilizar materiales de diferentes experiencias. Esta afirmación difiere con lo planteado a nivel internacional para la educación STEAM no formal debido a que se argumenta lo contrario, al afirmar la necesidad de una gran inversión económica para necesidades de primera mano como dotación de material (Wong et al., 2016). También, llama la atención que autores como Domènech-Casal et al. (2019) reconocen la existencia de variedad en denominaciones de la educación STEAM al interpretarla como una metodología (Sanders, 2012).

Por otra parte, la educación STEAM no formal es impulsada por actividades permeadas por juegos que logren captar la atención de los estudiantes, estos tienen un carácter innovador y crítico que rompe barreras entre los procesos de la escuela y el mundo real (Espinal y Silveira, 2019), vinculando las ideas de Takeuchi et al., (2020) en clave del papel que toma el juego como una estrategia para aumentar la motivación de los estudiantes. Además de romper las barreras entre disciplinas, las cuales tienden a realizarse a través del juego para relacionarlo con la vida cotidiana, por ejemplo, es importante formar al ingeniero en términos de lo social (Domínguez et al., 2019), dando cuenta de lo importante que es para un profesional en una disciplina tener por lo menos un conocimiento parcial de las demás disciplinas del acrónimo.

Por otro lado, se identifica una tendencia en la producción académica iberoamericana en relación a que todos acuden a la necesidad por la cual se integra la educación STEAM no formal, al destacar los intereses gubernamentales por fortalecer el gusto de los niños y jóvenes por las carreras STEAM y satisfacer la demanda laboral en el mercado. Al respecto, y contrastando con lo ya planteado en la literatura internacional, se identifica una relación en la necesidad de aumentar los estudiantes en carreras universitarias de disciplinas STEAM. Sin embargo, a nivel internacional la preocupación radica en despertar el interés hacia estas carreras y en Iberoamérica el interés se percibe focalizado en aumentar la mano de obra en estas disciplinas (Domínguez et al., 2019; Zailan et al., 2019); es decir, existe una diferencia en la apuesta educativa que se desea materializar en la educación STEAM no formal.

En correspondencia, se evidencia una estrecha relación entre la producción académica iberoamericana y la producción académica internacional en términos de los acrónimos que son utilizados al interior de las investigaciones, además de la visión que se tiene en relación con los aspectos que favorece la educación STEAM no formal, tales como aumentar el interés de los estudiantes por las disciplinas STEAM, aunque este interés se asuma de manera diferente, tanto a nivel internacional como a nivel iberoamericano. Finalmente, destacan los retos que enfrenta la educación STEAM no formal, como el financiamiento de las propuestas.

4.2 Integración de las disciplinas del acrónimo en Iberoamérica

La literatura iberoamericana analizada reporta una escasa discusión en relación con la integración de disciplinas de la educación STEAM no formal. Al respecto, Domènech-Casal et al. (2019) afirma que discutir sobre la interdisciplinariedad es complejo y por ello, el nivel de integración lo sitúan en su investigación entre monodisciplinar y multidisciplinar, donde prima

agregar las disciplinas más que establecer conexiones profundas entre ellas. Por lo anterior, los autores destacan que no se requiere un dominio completo del contenido de cada disciplina, sino un dominio parcial que permita ofrecer una posible solución al problema de la vida real que se implementa en la educación STEAM no formal.

Sin embargo, Hernández et al. (2017) y Torras-Melenchon et al., (2015) sostienen que la educación STEAM no formal debe definir dos áreas priorizadas al momento de concretarse y relacionarse entre sí con las demás, lo cual da cuenta de una integración interdisciplinar. Los primeros autores analizan las matemáticas y la robótica (ingeniería) y los segundos priorizan la biología y geología. De igual forma, si bien autores como Diego-Mantecón et al. (2017) reconocen que la interdisciplinariedad evita que las disciplinas se vean como islas divididas al interior de la educación STEAM no formal, las dificultades que surgen al plantear y desarrollar una actividad con esas características no permiten trascender de la afirmación a la práctica. Por otra parte, se resalta como Ochoa y Valenzuela (2019) evocan la transdisciplinariedad como un paradigma que apunta a una integración de disciplinas a través de lo que es común entre todas, pero también va más allá de cada una, buscando un nuevo conocimiento donde convergen más allá de la interpretación. Es decir, tal como plantean Gao et al. (2020) y Carmona et al. (2019), la transdisciplinariedad genera un nuevo campo de conocimiento trascendiendo las disciplinas del acrónimo.

En síntesis, se reconoce que si bien existe convergencia al evocar los niveles de integración reconocidos a nivel internacional (Carmona et al., 2019), la puesta en práctica contundente en la mayoría de las investigaciones, por ende, resalta una tendencia por el nivel de integración monodisciplinar (seis documentos) y multidisciplinar (tres documentos). Únicamente

dos documentos evocan una integración interdisciplinar y hay tres en los que no es clara la discusión acerca de dicha integración.

4.3 Contexto y características de implementación

La producción académica en Iberoamérica converge con las características y contextos para implementar la educación STEAM no formal a nivel internacional; se resaltan lugares como ferias, clubes de ciencia y cursos en línea (Tabla 4). Al respecto, se existe la tendencia a asistir a clubes de ciencia y campamentos con duración entre dos y cinco días, además del apoyo en recursos en línea. De igual forma, es preciso destacar propuestas como la de Torras-Melenchon et al. (2015), en la cual se mezcla tanto el ambiente físico como virtual, al ofertar cursos permeados por ciencia y matemática que buscan el aprendizaje tanto en lo presencial como en línea. Por lo tanto, se reporta que existe un desarrollo importante en Iberoamérica en cuanto a los contextos y características que se usan habitualmente en la educación STEAM no formal.

4.4 Evaluación de aprendizajes e iniciativas

Al analizar los procesos evaluativos de la educación STEAM no formal en la producción académica en Iberoamérica se evidencia poca discusión, sin embargo, se logra identificar tendencias que se relacionan fuertemente con las expuestas a nivel internacional. Por ejemplo, Domínguez et al. (2019) destacan que la evaluación de los aprendizajes en estos espacios tiende a ser sumativa (centrada en los resultados); si bien es importante que los estudiantes realicen mejoras a sus propuestas para solucionar un problema, el eje central se encuentra en lograr dar un resultado. En este caso, si bien es importante el paso a paso del proceso, el centro se encuentra en superar los diferentes retos.

Por otro lado, Espinal y Silveira (2019) sostienen en relación con la evaluación de estas iniciativas que se debería pensar como un híbrido entre una evaluación sumativa y formativa vinculando las bases teóricas del constructivismo, al aprendizaje colaborativo y la evaluación auténtica, sin embargo, al interior de su investigación no se logra evidenciar si su mirada de evaluación se da. Por su parte, Bravo-Mosquera et al. (2019) destaca la autonomía del estudiante para lograr un mejor aprendizaje a partir de su propia construcción. Además, la evaluación de los aprendizajes da cuenta de que suele desarrollarse a partir de cuestionamientos a los estudiantes donde estos evalúan lo vivido, es decir, se evalúa la experiencia con base en las expectativas previas y las sensaciones que deja la misma (Mantecón et al., 2017; Torras-Melenchon et al., 2015). En consecuencia, tanto en el escenario internacional como el iberoamericano es de suma importancia evaluar tanto los alcances de cada propuesta, como los aprendizajes logrados por los estudiantes.

4.5 Metodologías que permiten materializar la educación STEM no formal

La literatura reporta una gran variedad de metodologías relacionadas con la educación STEAM no formal implementadas en Iberoamérica. Por un lado, Diego-Mantecón et al. (2017), Domínguez et al. (2019) y Ochoa y Valenzuela (2019) destacan el uso del *aprendizaje basado en proyectos*, el *aprendizaje basado en problemas* y el *aprendizaje basado en retos*, y los últimos, la característica particular de ser rápido (Domínguez et al., 2019), es decir, no demanda mucho tiempo su intervención. Además, Manzano et al. (2017) y Prolongo y Pinto (2018) destacan que es común implementar el *aprendizaje basado en retos* debido a que invitan a la creatividad, a la exploración y permiten que las experiencias sean efectivas en el aprendizaje.

Por otra parte, es interesante la enseñanza de la ciencia basada en la *indagación*, donde se destaca la implementación de experimentos para lograr entender la realidad (Domènech-Casal et al., 2019). También, se identifica que las metodologías que permiten materializar la educación STEAM no formal en Iberoamérica suelen favorecer una disciplina del acrónimo sobre las otras debido a sus propias particularidades. En este sentido, se encuentra una relación con planteamientos de la literatura internacional y la iberoamericana, donde se establecen relaciones específicas entre las metodologías y las disciplinas del acrónimo en aras de favorecer el aprendizaje, como es el caso de la ingeniería por medio del diseño ingenieril (Cardona et al., 2020)

4.6 Tendencia en los núcleos temáticos a partir de los niveles de formación de la educación STEAM no formal en Iberoamérica

El análisis de los documentos seleccionados permite delimitar la educación STEAM no formal en Iberoamérica a dos niveles: sistema regular (básica, media y secundaria) y educación superior (orientado al desarrollo profesional). La figura 2 reporta la manera en que se encuentran distribuidos los documentos en relación con los niveles de formación.

En primer lugar, la educación STEAM no formal en Iberoamérica tiende a priorizar la ciencia, la tecnología y la ingeniería en el sistema escolar regular, asumiendo que las matemáticas se pueden desarrollar por medio de la aplicación de la ciencia y la ingeniería; sin embargo, es paradójico que las artes no se evidencian de gran manera en las diferentes propuestas. Al respecto, Holmlund et al. (2018) argumenta que, si bien los aprendizajes que alcanzan los estudiantes en todas las disciplinas del acrónimo son importantes, es una preocupación la existencia de menor evidencia en términos de las matemáticas; esto corresponde

con lo registrado en Ferrada et al. (2019) y Ferrada-Ferrada et al. (2020). Por lo tanto, se evidencia el desafío de ampliar en investigaciones centradas en las matemáticas por la ausencia de estudios, no por ser de mayor importancia.

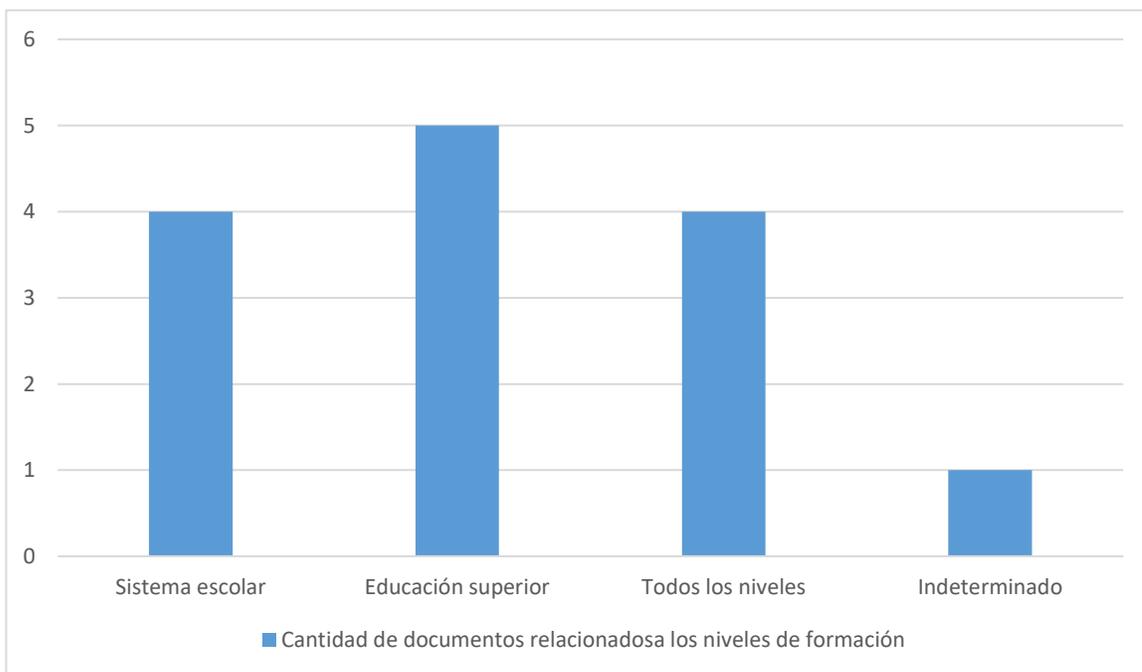


Figura 2: Documentos según los niveles de formación

Por otro lado, es notorio el uso de diferentes metodologías entre las que se destaca principalmente el aprendizaje basado en problemas y, en segundo lugar, el aprendizaje basado en diseño y aprendizaje basado en proyectos. Estas metodologías suelen implementarse para favorecer el interés de los estudiantes acerca de las disciplinas, donde el liderazgo y el trabajo colaborativo es fundamental en el desempeño de los estudiantes (Honey et al., 2014; Herr, 2016 y Terrazas-Marin, 2018). De esta manera, la tendencia a potencializar las ciencias genera cierto grado de dificultad en el aprendizaje de las matemáticas pues pareciera ser que esta última disciplina se descuidara más en relación con las demás que componen el acrónimo (English, 2016). En cuanto a los niveles de integración, se identifica una mayor tendencia a lo

multidisciplinar y en menor medida a lo interdisciplinar; esto indica una estrecha relación con los planteado por Carmona-Mesa et al. (2019) y Gao et al. (2020), quienes recomiendan optar por la interdisciplinaridad al considerar que lo transdisciplinar es idealista.

En segundo lugar, en la educación superior se presentan tendencias muy marcadas en su implementación y se presta especial atención a la formación de profesores, por ejemplo, se identifica la necesidad de formar a los profesionales en educación STEAM para diseñar y liderar el diseño proyectos; por esta razón, es recurrente el uso de aprendizaje basado en proyectos. Al respecto, Holmlund et al. (2018) plantean que la incertidumbre es latente a pesar de los treinta años de existencia de la educación STEAM, el hecho de que los profesores no reciban una formación previa en clave de educación STEAM no formal ocasiona mayores problemas para sentir la confianza y motivación de promover este tipo de actividades en el aula (Carmona-Mesa et al., 2020; Nadelson y Seifert, 2017), y es por esto que se llevan a cabo estas propuestas de capacitación. Sin embargo, a pesar de estas tendencias comunes, los niveles de integración suelen ser monodisciplinares, de tal manera que enfrentar estos retos de formación de profesores en educación STEAM son difíciles de sobrellevar.

En tercer y último lugar, las propuestas que buscan reunir todos los niveles de formación en una sola iniciativa priorizan las ciencias y la tecnología; estas tienden a desarrollarse a partir del aprendizaje basado en retos por medio de talleres cortos. Se identifica que la de formación profesional se fomenta a partir de diferentes capacitaciones y es común el uso de actividades en línea (p. ej. Diego-Mantecón et al., 2017). No obstante, en las propuestas en las que se incluye la educación superior (como se resaltó en los casos anteriores), la integración de disciplinas genera dificultades y es por esto que se caracterizan como monodisciplinares; este aspecto constituye un desafío para futuras investigaciones.

4.7 Orientaciones metodológicas para el diseño e implementación de la educación STEAM no formal en instituciones como la Tecnoacademia

Como se planteó, el presente estudio documental tiene como génesis el deseo de aportar tangencialmente a las preocupaciones que manifiestan los profesores que tienen el desafío de integrar la educación STEAM en espacios no formales. En ese sentido, si bien se reconoce que la ruta sugerida en la literatura es generar experiencias que permitan trascender el interés o motivación por la temática hacia la consolidación de reflexiones didácticas que favorezcan su implementación (Carmona-Mesa et al., 2020; Borko, Jacobs y Koellner, 2010), se considera que disponer de orientaciones metodológicas para el diseño e implementación de la educación STEAM no formal es un apoyo alterno que aporta a dichas reflexiones.

Inicialmente se resalta que instituciones como la Tecnoacademia disponen de una gran capacidad instalada que se constituye como un punto a favor para materializar la educación STEAM no formal, además, la apuesta educativa tendiente por las disciplinas del acrónimo STEAM (Zambrano, 2017) es un aspecto que converge con las tendencias contemporáneas en la temática (Carmona-Mesa et al., 2019; Yakman y Lee, 2012). En ese sentido, se identifica que una de las preocupaciones se centra en los recursos metodológicos con mayor potencial para el contexto particular, conservando las tendencias iberoamericanas, se sugiere considerar el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje basado en retos como alternativas fundantes en los procesos educativos; entre los mayores potenciales de estas metodologías se encuentra el papel activo de los estudiantes en la solución de conflictos o situaciones de la vida cotidiana, haciendo uso de las disciplinas del acrónimo (Honey et al. 2014; Ochoa y Valenzuela, 2019). Un aspecto diferenciador entre ambas recomendaciones metodológicas y que permite ajustarse a

diferentes situaciones es el tiempo que requieren para su ejecución; un proyecto implica un tiempo de desarrollo mayor al de un reto.

En concordancia y reconociendo la diversidad de laboratorios de alta calidad con los que cuenta la institución, es posible lograr una integración de disciplinas como ciencias, tecnología, ingeniería, electrónica, robótica y las ciencias sociales. No obstante, favorecer una integración interdisciplinar se reconoce como un desafío en las iniciativas de Iberoamérica, por lo tanto, se recomienda tener especial cuidado en estos aspectos y revisar iniciativas como la de Bravo-Mosquera et al. (2019) y Cardona et al. (2020) que brindan ejemplos concretos de cómo lograrlo. En ese sentido, se recomienda que los estudiantes logren proyectos o retos vinculados a su nivel de formación (básica y media), en clave de relacionar dos disciplinas del acrónimo de forma interdisciplinar y aprovechando la infraestructura tecnológica de la institución.

Un segundo desafío destacado en Iberoamérica y, por ende, para los procesos educativos al interior de la Tecnoacademia es la evaluación de aprendizajes e iniciativas. En ese sentido, se recomienda valorar los aprendizajes a partir de una solución apropiada a los problemas contextuales propuestos, el uso de recursos que permitió la solución, el nivel de integración de las disciplinas en la solución y las valoraciones o recomendaciones por parte de los profesionales que acompañen los proyectos o retos (Allen y Peterman, 2019). Además, se sugiere tener especial cuidado con el seguimiento de las iniciativas en procura de evidenciar como se logra el proyecto o reto y reconocer la curva de aprendizaje generada en la consecución de dicho objetivo (Zailan et al., 2019); es decir, una evaluación tanto sumativa (Tafur et al., 2006) como formativa (Cardona et al., 2020).

Por último, se recomienda explorar la opción de extender los espacios que habitualmente son usados por la Tecnoacademia para favorecer los procesos educativos. La infraestructura de

esta institución es de gran capacidad y potencial para trascender los encuentros físicos a experiencias vinculadas a entornos de acceso remoto o de conexión online (Margot y Kettler, 2019); esto no implica necesariamente consolidar un campus virtual y olvidar lo presencial. En ese sentido, se recomienda iniciar con procesos intermedios o mixtos, pero por medio de una evaluación tanto sumativa como formativa que permita identificar nuevas alternativas para la institución.

5 CONCLUSIONES

La presente investigación tenía como propósito atender las preocupaciones de los profesores de la Tecnoacademia en relación con el sentimiento de preparación para integrar la educación STEAM en espacios no formales, a partir de *identificar los desarrollos y desafíos de la educación STEM/STEAM no formal en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas que son reportados en la producción académica iberoamericana*. Por tanto, se delimitaron los principales temas y tendencias de discusión internacional relacionados con la educación STEM/STEAM no formal, de forma que se lograra analizar los desarrollos y desafíos de la temática en Iberoamérica. Al respecto se reporta que:

- A pesar de existir un aumento progresivo de la producción académica relacionada con la educación STEAM en Iberoamérica, se puede afirmar que las discusiones relacionadas con el acrónimo son menores en contraste con la literatura internacional, además, se identifica que las propuestas tienden a favorecer los sistemas escolares, como el nivel de formación de secundaria, en los cuales se busca despertar desde una edad temprana el gusto por las disciplinas del acrónimo.
- Si bien la educación STEAM no formal se reconoce como clave para dar una posible solución a los desafíos sociales y ambientales actuales, se enfrentan retos importantes relacionados a poder vincular esta educación STEAM no formal con los contenidos ofrecidos en la educación regular o formal; es decir, es importante vincular los procesos que se llevan a cabo en ambos contextos para potenciar el aprendizaje de las ciencias y las matemáticas, siendo esta última algo poco analizada al interior de las propuestas según lo reporta la literatura.

- Los lugares en los cuales se tiende a materializar la educación STEAM no formal son coherentes con lo reportado por la literatura internacional al destacar los beneficios que estos ofrecen, entre los cuales se destacan implementar actividades que la educación regular no alcanza desde sus estrategias metodológicas. No obstante, se presenta una necesidad de generar propuestas enfocadas a la formación de profesores bajo la modalidad presencial, debido a que aquellas que son llevadas a cabo se tienden a realizar de manera virtual, donde probablemente la discusión es menor y la interacción con los instrumentos tecnológicos es reducida.
- Las investigaciones acerca de la educación STEAM no formal que se han desarrollado durante los últimos treinta años reflejan avances en relación con la manera en la que se diseña e implementa en los países potencia. Sin embargo, aún se carece de claridad en contextos como Iberoamérica y es necesario tener un mayor conocimiento de cara a los niveles de integración que se esperan alcanzar en las propuestas de educación STEAM, es decir, las maneras en las que estos niveles pueden lograrse. Por otra parte, es un desafío comprender la evaluación de los aprendizajes y la evaluación de las iniciativas en las propuestas de educación STEAM no formal.
- Si bien existen diferentes eventos académicos que potencian la educación STEAM no formal en Iberoamérica a partir de encuentros como los congresos, el número de estos son limitados y no focalizados exclusivamente en la temática de interés. En este estudio se argumentan los beneficios y desafíos que tiene la educación STEAM no formal, por lo tanto, los espacios de discusión académica brindan gran potencial para ampliar el panorama y generar una masa crítica que posibilite consolidar la educación STEAM en la región.

En coherencia, este estudio plantea algunas alternativas para orientar futuras investigaciones relacionadas con la temática, por ejemplo, investigaciones que permitan identificar tendencias, desafíos y potenciales de la educación STEAM no formal para el caso particular de cada país iberoamericano. Adicionalmente, es importante resaltar las limitaciones del presente estudio, aspectos que sugieren rutas para futuras investigaciones.

Por una parte, si bien el ejercicio de delimitación de los principales temas y tendencias de discusión internacional recoge un amplio espectro de documentos, no logra describir con contundencia la producción total pues no se desarrolló un proceso metodológico tan detallado como en el caso de Iberoamérica. Por otro lado, el presente estudio centró la atención en la producción académica iberoamericana sobre la enseñanza de las ciencias y las matemáticas, lo cual limita las inferencias que se generan en relación con la enseñanza en las demás disciplinas del acrónimo. Por último, si bien el presente estudio argumentó los motivos para centrar la búsqueda en eventos y bases de datos iberoamericanas, esto puede generar un sesgo en cuanto a algunos documentos de la misma región que posiblemente fueron excluidos por estar publicados en bases como Scopus, Springer, Sciencedirect y ERIC, por mencionar algunas.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre, D. (2017). Scientix, la comunidad de docentes de ciencias y matemáticas. *VIII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática*, 34-41, Madrid, España.
- Allen, S. & Peterman, K. (2019). Evaluating informal STEM education: Issues and challenges in context. In A. C. Fu, A. Kannan, & R. J. Shavelson (Eds.), *Evaluation in Informal Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education. New Directions for Evaluation*, 161, 17– 33. <https://doi.org/10.1002/ev.20354>
- Andrée, M., & Hansson, L. (2020). Industrial actors and their rationales for engaging in STEM education. *Journal of Curriculum Studies*, 52(4), 551-576. <https://doi.org/10.1080/00220272.2019.1682055>
- Aróstegui, J. L., Perales, F. J., & Bautista, A. (2019). Redefining academic curricula by breaking down barriers: the STEAM proposal (Science-Technology-Engineering-Arts-Mathematics). *Infancia y Aprendizaje*, 42(2), 459-464. <https://doi.org/10.1080/02103702.2019.1579450>
- Ávila, C. A. (2019). Educación STEM en ambientes formales y no formales de aprendizaje: buenas prácticas y estrategias de éxito. *Revista Electrónica TicALS*, 1(5), 24-43.
- Basu, S., Biswas, G., Sengupta, P., Dickes, A., Kinnebrew, J. S., & Clark, D. (2016). Identifying middle school students' challenges in computational thinking-based science learning. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s41039-016-0036-2>
- Borko, H., Jacobs, J., & Koellner, K. (2010). Contemporary Approaches to Teacher Professional Development. In *International Encyclopedia of Education* (pp. 548–556). Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-08-044894-7.00654-0
- Bravo-Mosquera, P., Cisneros-Insuasti, N., Mosquera-Rivadeneira, F., & Avendaño-Uribe, B. (2019). Aprendizaje STEM basado en diseño de aeronaves: una estrategia interdisciplinaria desarrollada para Clubes de Ciencia Colombia. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14(1), 204-227. Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.629>
- Caldwell, B. S. (2015). Spaceflight-relevant stem education and outreach: Social goals and priorities. *Acta Astronautica*, 112, 174-181. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2015.03.017>
- Caplan, M., & Nosedá, C. (2019). Modelos de implementación educación STEM / STEAM en américa. X Congreso Iberoamericano de Educación Científica, 1, 803-812, Montevideo, Uruguay.

- Cardona, M., Arias, V., Trujillo, C., & Carmona-Mesa, J. A. (2020). Divulgación de la ingeniería en estudiantes de secundaria por medio del diseño ingenieril y la educación Maker, una experiencia de campamento bajo el enfoque de educación STEAM. En E. Serna (Ed.), *Revolución en la Formación y la Capacitación para el Siglo XXI* (3a ed.) (Vol. II) (pp. 264–277). Medellín: Editorial Instituto Antioqueño de Investigación. doi: 10.5281/zenodo.4266566.
- Carmona-Mesa, J. A., Cardona, M. E., & Castrillón-Yepes, A. (2020). Estudio de fenómenos físicos en la formación de profesores de Matemáticas. Una experiencia con enfoque en educación STEM. *Uni-pluriversidad*, 20(1), e2020101. <https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.20.1.02>
- Carmona-Mesa, J. A., Acevedo-Zapata, A., & Villa-Ochoa, J. A. (2020). Producción académica Iberoamericana en educación STEM / STEAM: el caso de los eventos académicos y la formación de profesores. *I Congreso Caribeño de Investigación Educativa*, 1-7.
- Carmona-Mesa, J. A., Arias-Suárez, J., & Villa-Ochoa, J. A. (2019). Formación inicial de profesores basados en proyectos para el diseño de lecciones STEAM. En E. Serna (Ed.), *Revolución en la Formación y la Capacitación para el Siglo XXI* (2a ed.) (Vol. I) (pp. 483–492). Medellín: Editorial Instituto Antioqueño de Investigación. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3524356>
- Chen, L., Yoshimatsu, N., Goda, Y., Okubo, F., Taniguchi, Y., Oi, M., Konomi, S., Shimada, A., Ogata, H., & Yamada, M. (2019). Direction of collaborative problem solving-based STEM learning by learning analytics approach. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s41039-019-0119-y>
- DeCoito, I. (2016). STEM Education in Canada: A Knowledge Synthesis. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 16(2), 114-128. <https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1166297>
- Diego-Mantecón, J., Blanco, T., González, M., Istúriz, M., Gorgal, A., González-Ruiz, I., Búa, J., & Recio, T. (2017). Proyecto kiks (kids inspire kids for STEAM). *VIII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática*, Madrid, España.
- Domènech-Casal, J. (2018). ABPMap: «mapeando» componentes didácticas del Aprendizaje Basado en Proyectos de ámbitos STEM. *28 encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 829-834, Coruña, España

- Domènech-Casal, 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>
- 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), 1-16. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203
- Domínguez, P., Oliveros, M., Coronado, M., & Valdez, B. (2019). Retos de ingeniería: enfoque educativo STEM+A en la revolución industrial 4.0. *Innovación educativa*, 19(80), 15-32.
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Espinal, L., & Silveira, F. (2019). La generación de prácticas, proyectos o programas en educación STEM-STEAM en el marco de una diplomatura virtual para américa latina. *X Congreso Iberoamericano de Educación Científica*, 2, 622-631, Montevideo, Uruguay.
- Fernández-Limón, C., Fernández-Cárdenas, J. M., & Gómez Galindo, A. A. (2018). The role of non-formal contexts in teacher education for STEM: the case of horno3 science and technology interactive centre. *Journal of Education for Teaching*, 44(1), 71-89. <https://doi.org/10.1080/02607476.2018.1422623>
- Ferrada-Ferrada, C., Carrillo-Rosúa, J., Díaz-Levicoy, D., & Silva-Díaz, F. (2020). Robotics from stem areas in primary school: A systematic review. *Education in the Knowledge Society*, 21, 1-18. <https://doi.org/10.14201/eks.22036>
- Ferrada, C., Díaz-Levicoy, Danilo, Salgado-Orellana, Norma, Puraivan, & Eduardo. (2019). Análisis bibliométrico sobre educación STEM Bibliometric analysis on STEM education Contenido. *Espacios*, 40(8), 1-12. <http://www.revistaespacios.com/a19v40n08/a19v40n08p02.pdf>
- Fitzallen, N., & Brown, N. R. (2017). Outcomes for engineering students delivering a STEM education and outreach programme. *European Journal of Engineering Education*, 42(6), 632-643. <https://doi.org/10.1080/03043797.2016.1210570>
- Gao, X., Li, P., Shen, J., & Sun, H. (2020). Reviewing assessment of student learning in interdisciplinary STEM education. *International Journal of STEM Education*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00225-4>

- Garg, S. (2015). Expanding high school STEM literacy through extra-curricular activities. *ISEC* 2015, 276-281. <https://doi.org/10.1109/ISECon.2015.7119940>
- Hallström, J., & Schönborn, K. J. (2019). Models and modelling for authentic STEM education: reinforcing the argument. *International Journal of STEM Education*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0178-z>
- Hernández, C., Marañón, E., Calderón, M., & Santoyo, M. (2017). Club de Robótica Educativa MATH-BOT. *Pistas Educativas*, 39(125), 278-289.
- Herr, D. (2016). The need for convergence and emergence in twenty-first century nano-STEAM+ educational ecosystems. In *Global perspectives of nanoscience and engineering education* (pp. 83-115). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-31833-2>
- Holmlund, T. D., Lesseig, K., & Slavitt, D. (2018). Making sense of “STEM education” in K-12 contexts. *International Journal of STEM Education*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0127-2>
- Honey, M. A., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). STEM integration in K-12 education: status, prospects, and an agenda for research. In *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. <https://doi.org/10.17226/18612>
- Hoyos, C. (1999). Un modelo para investigación documental: guía teórico-práctica sobre construcción de Estados del Arte con importantes reflexiones sobre la investigación. Señal Editora.
- Khambari, M. (2019). Instilling innovativeness, building character, and enforcing camaraderie through interest-driven challenge-based learning approach. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s41039-019-0115-2>
- Krell, M., Koska, J., Penning, F., & Krüger, D. (2015). Fostering pre-service teachers’ views about nature of science: evaluation of a new STEM curriculum. *Research in Science and Technological Education*, 33(3), 344-365. <https://doi.org/10.1080/02635143.2015.1060411>
- Li, Y., & Schoenfeld, A. H. (2019). Problematizing teaching and learning mathematics as “given” in STEM education. *International Journal of STEM Education*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0197-9>

- Mantecón, J., Sáenz, J., & Brzozowy, M. (2017). Proyecto STEMforYouth. *VIII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática*, 4(1), 305-311.
https://doi.org/10.14941/pregrass.4.1-2_74_1
- Manzano, J., Gómez, M., & Mozo, J. (2017). Mecanismos articulados- Geometría Dinámica y Cinemática en un entorno educativo STEM. *Innoeduca: international journal of technology and educational innovation*, 3(1), 15-27.
<https://doi.org/10.24310/innoeduca.2017.v3i1.1973>
- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(1).
<https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- Márquez, E., & Jiménez-Rodrigo, M. (2014). El aprendizaje por proyectos en espacios virtuales: estudio de caso de una experiencia docente universitaria. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 11(1), 76-90.
- Martín, O., & Santaolalla, E. (2020). Educación STEM Formación con conciencia. *Padres y Maestros*, 381, 41-46. <https://doi.org/10.14422/pym.i381.y2020.006>
- Martini, S., & Chiarella, M. (2017). Didactica Maker. Estrategias colaborativas de aprendizaje STEM en Diseño Industrial. *XXI Congreso de la Sociedad Ibero-americana de Gráfica Digital*, 158-164. Concepción, Chile <https://doi.org/10.5151/sigradi2017-025>
- Matthews, K. R., Motiwala, S. A., Edberg, D. L., & García-Llama, E. (2012). Flight mechanics experiment onboard NASA's zero gravity aircraft. *Journal of Technology and Science Education*, 2(1), 4-12.
- Miramontes, M., Barciela, P., Fernández, J., & Lamas, P. (2018). maker@domus: un programa de actividades de educación STEAM con intención constructora. *28 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 91-96. Coruña, España
- Mtika, P. (2019). High School Students' Perspectives of Participating in a STEM-Related Extracurricular Programme. *Frontiers in Education*, 4.
<https://doi.org/10.3389/educ.2019.00100>
- Nadelson, L. S., y Seifert, A. L. (2017). Integrated STEM defined: Contexts, challenges, and the future. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 221–223.
[doi:10.1080/00220671.2017.1289775](https://doi.org/10.1080/00220671.2017.1289775)

- Ochoa, L., & Valenzuela, A. (2019). Mejoramiento de la comprensión del campo de la educación STEM-STEAM en agentes educativos de América Latina, a través de un programa de capacitación virtual en el portal educativo de las Américas de la OEA. *X Congreso Iberoamericano de Educación Científica*, 3, 837-846, Montevideo, Uruguay.
- Prolongo, M., & Pinto, G. (2018). La educación STEM: ejemplos prácticos e introducción al proyecto europeo Scientix. *V Congreso Internacional de Docentes de Ciencia y Tecnología*, 451-460. Madrid, España.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMAnia. *The Technology Teacher*, 68(4), 20–26
- Sanders, M. (2012). Integrative Stem Education As “ Best Practice ”. *7th Biennial International Technology Education Research Conference*, 1-15.
- Servicio Nacional de Aprendizaje (2015). TecnoAcademia. En Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Recuperado de <http://www.sena.edu.co/es-co/formacion/Paginas/tecnoacademia.aspx>
- Takeuchi, M. A., Sengupta, P., Shanahan, M. C., Adams, J. D., & Hachem, M. (2020). Transdisciplinarity in STEM education: a critical review. *Studies in Science Education*, 56(2), 213-253. <https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1755802>
- Terrazas-Marín, R. A. (2018). Developing non-formal education competences as a complement of formal education for STEM lecturers. *Journal of Education for Teaching*, 44(1), 118-123. <https://doi.org/10.1080/02607476.2018.1422613>
- Torras-Melenchon, N., Grau, M. D., Font-Soldevila, J., & Freixas, J. (2015). Explore: An action to bring science and technology closer to secondary school. *Journal of Technology and Science Education*, 5(2), 75-86. <https://doi.org/10.3926/jotse.142>
- Wong, V., Dillon, J., & King, H. (2016). STEM in England: meanings and motivations in the policy arena. *International Journal of Science Education*, 38(15), 2346-2366. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1242818>
- Yakman, G., & Lee, H. (2012). Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 32(6), 1072-1086.
- Yepes Miranda, D. (2020). *STEM y sus oportunidades en el ámbito educativo* (Tesis de grado). Universidad de Córdoba. Córdoba, Colombia.

Zailan, N. A., Bunyamin, M. A. H., Hanri, C., Ibrahim, N. H., Osman, S., Ismail, N., & Azelee, N. W. (2019). Assessment and evaluation of non-formal STEM education programs. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 7(6), 762-768.

Zambrano, K. (2017). Fortalecimiento de las matemáticas a través de las STEAM en la Tecnoacademia de Neiva. *Revista Ciencias Humanas*, 14(1), 39-52.
<https://doi.org/10.21500/01235826.3796>

Zhuang, R., Fang, H., Zhang, Y., Lu, A., & Huang, R. (2017). Smart learning environments for a smart city: from the perspective of lifelong and lifewide learning. *Smart Learning Environments*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-017-0044-8>