

El enfoque educativo STEAM: una revisión de la literatura¹

Olalla García-Fuentes²; Manuela Raposo-Rivas³; María-Esther Martínez-Figueira⁴

Recibido: septiembre 2021 / Evaluado: marzo 2022 / Aceptado: mayo 2022

Resumen. INTRODUCCIÓN. La aparición del movimiento maker y la filosofía DIY (Do It Yourself) está provocando el desarrollo de nuevas metodologías, enfoques y recursos educativos que se basan en principios como la creación, la colaboración y el aprender haciendo. Uno de estos nuevos enfoques es STEAM, que se fundamenta en la necesidad de apostar por las ciencias (S), la tecnología (T), la ingeniería (E), las artes (A) y las matemáticas (M) de manera transversal e interdisciplinar, para transformar los procesos de enseñanza aprendizaje, en procesos integrados y creativos (Yakman, 2008a). MÉTODO. En este trabajo se presenta una revisión de la literatura sobre estudios e investigaciones relacionados con el enfoque educativo STEAM, con el objetivo de obtener una visión general de la literatura científica producida sobre ello entre los años 2008 y 2019. Se han identificado en Scopus, ERIC, Dialnet, GoogleScholar y ResearchGate, y analizado un total de 48 artículos con una hoja de registro elaborada a tal efecto. RESULTADOS. Los resultados muestran que el 83.3% de las investigaciones que se realizan son de tipo cuantitativo, el 12.5% cualitativas y el 4.1% mixtas. Siendo el objetivo principal (39.5%) el desarrollo, aplicación y evaluación de propuestas STEAM y la temática más recurrente (60.4%) el análisis de la combinación del arte con la ciencia, la tecnología o las matemáticas. DISCUSIÓN. La investigación confirma que STEAM se posiciona como un enfoque eficaz para aumentar la creatividad, la motivación y la autoeficacia del alumnado en los procesos de enseñanza aprendizaje, siempre que prime la interdisciplinariedad y la conexión con la vida real de los contenidos, a través de las metodologías de investigación o indagación. Siendo las principales dificultades para la puesta en marcha de proyectos STEAM, las limitaciones económicas, curriculares y temporales.

Palabras clave: educación STEAM; STEM; educación científica; investigación; revisión de literatura

[en] STEAM education: review of literature

Abstract. INTRODUCTION. The emergence of the maker movement and DIY philosophy (Do It Yourself) is causing the development of new methodologies, approaches and educational resources that are based on principles such as creation, collaboration and learning by doing. One of these new approaches is STEAM, which is based on the need to bet on science (S), technology (T), engineering (E), arts (A) and mathematics (M) in a cross-cutting and interdisciplinary way, in order to transform learning teaching processes into integrated and creative processes (Yakman, 2008a). METHOD. This work presents a review of literature on studies and research related to the STEAM educational approach, with the aim of obtaining an overview of the scientific literature produced on this between the years 2008-2019. 48 articles have been identified in Scopus, ERIC, Dialnet, GoogleScholar and Research Gate and analyzed 48 articles with a registration sheet prepared for this purpose. RESULTS. The results show that 83.3% of the investigations are of quantitative type, 12.5% qualitative and 4.1% mixed. Being objective the main (39.5%) the development, application and evaluation of proposals STEAM and the thematic recurrent (60.4%) the analysis of the combination of the art with the science, the technology or the mathematics. DISCUSSION. The investigation confirms that STEAM is positioned as an effective approach to increase the creativity, motivation and self-efficacy of students in learning teaching processes, provided that interdisciplinary and the real-life connection of the contents, through research or research methodologies, first. Being the main difficulties for the implementation of STEAM projects, the economic, curricular and temporal limitations.

Keywords: STEAM education; STEM; science education, research of academic literature

Sumario. 1. Introducción. 2. Método. 3. Resultados 4. Discusión y conclusiones. 5. Referencias bibliográficas.

Cómo citar: García-Fuentes, O.; Raposo-Rivas, M.; Martínez-Figueira, M. (2023). El enfoque educativo STEAM: una revisión de la literatura. *Revista Complutense de Educación*, 34(1), 191-202.

¹ Trabajo financiado por la Xunta de Galicia, a través de una ayuda de apoyo a la etapa predoctoral concedida a una de las autoras por la Consellería de Educación, Universidade e Industria (Xunta de Galicia, España) (número ED481A-2019/306).

² Universidade de Vigo (España)
E-mail: olalla.garcia.fuentes@uvigo.es
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9084-0078>

³ Universidade de Vigo (España)
E-mail: mraposo@uvigo.es
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7781-7818>

⁴ Universidade de Vigo (España)
E-mail: esthermf@uvigo.es
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7923-6267>

1. Introducción

Los avances científicos, la conectividad y el desarrollo tecnológico están generando estilos de vida cada vez más dinámicos y cambiantes, en los que la manera de relacionarnos, de trabajar, y como no, de enseñar y aprender, está cambiando.

Uno de los cambios más significativos se produjo en 2006, con la celebración de la primera *Maker Faires*, que propició en todo el mundo la divulgación de conceptos como maker (“hacedor”) o la filosofía *Do It Yourself* (-DIY- “Hazlo tú mismo”), conceptos que se fundamentan principalmente en principios como la colaboración, compartir recursos, espacios e incluso creaciones con otras personas, permitiendo la exploración de diferentes técnicas y disciplinas, al tiempo que se crean grupos de interés (Lafuente & Horrillo, 2016). Ejemplo del impacto positivo del movimiento *maker* y la filosofía DIY es la constante y cada vez mayor creación de los espacios maker, originados para que sus usuarios inventen, colaboren, aprendan haciendo y compartan proyectos de forma abierta (Aleixo et al., 2021). Pese a que el movimiento maker se desarrolló en sus inicios en espacios no educativos, la realidad es que la escuela, como eje fundamental de la realidad, también está acompañando e integrando la aparición de estos nuevos conceptos y filosofías, a través de diferentes e innovadores recursos, metodologías, y lo que muchos autores denominan la mentalidad del maker (Dougherty, 2013).

Entre estos nuevos enfoques educativos está el STEAM que nace en 2008, con la idea de convertir el proceso de enseñanza y aprendizaje en un proceso integrado y creativo (Yakman, 2008a) apostando por trabajar las ciencias (S), la tecnología (T), la ingeniería (E), las artes (A) y las matemáticas (M) de manera interdisciplinar y transversal. Si bien en sus comienzos, se le haya atribuido como un término de moda que utilizaban para llamar la atención u obtener financiación (García-Carmona, 2020; Toma y García-Carmona, 2021; Toma y Retana-Alvarado, 2021) poco a poco se ha convertido en el modelo perfecto que permite el desarrollo del pensamiento lógico, científico y matemático, al mismo tiempo que mejora la creatividad y la motivación, fomentando en los estudiantes las habilidades necesarias para el siglo XXI (Greca, 2018). Principalmente, porque la enseñanza de las ciencias se centra en alcanzar la competencia científica, enfocándose sobre todo en la actividad experimental (Ochoa et al., 2018). La tecnología es entendida no solo como el aprendizaje y manejo de herramientas, si no por una educación tecnológica adaptada a la actualidad, una actualidad en la que la robótica, el aprendizaje de códigos (programación) y la codificación, son primordiales (Ruiz et al., 2019). El uso de robots fomenta el pensamiento computacional, que desarrolla habilidades necesarias para resolver problemas, diseñar sistemas y comprender no solo comportamientos de tipo informático, si no también sociales y humanos. La programación es ya para muchos autores el nuevo lenguaje de la sociedad digital, pues todo el mundo necesita interactuar en una sociedad fuertemente marcada por los sistemas informáticos, siendo la codificación, la que enseña a las niñas y niños que también pueden crear tecnología y no únicamente consumirla. Por lo que respecta a la educación en ingeniería, según Yakman y Lee (2012), permite al alumnado desarrollar capacidades específicas relacionadas con la definición, desarrollo y creación de soluciones para problemas del mundo real, mientras que el arte posibilita el desarrollo del pensamiento creativo e innovador (Anderson y Meier; 2016; Tsurusaki et al., 2017). Por último, la integración de las matemáticas permite que sean consideradas como elementos centrales en el quehacer científico y tecnológico, siempre presente en la vida real. Todo esto mediante metodologías de indagación, del diseño de ingeniería y principalmente en ambientes colaborativos en las que se involucra activamente al alumnado (Greca, 2018).

Con la integración y desarrollo de las materias científico-técnicas y artísticas desde una perspectiva interdisciplinar, se generan estudiantes con mayor capacidad para comprender las relaciones entre estas disciplinas, capacitándolos para resolver los problemas de una sociedad que cambia constantemente (Yakman y Lee, 2012; Gates, 2017). Esta integración intencional, a través del enfoque STEAM, permite hacer frente a los grandes desafíos de la educación científica actual, entre los que destacan el declive del interés por estudios de ciencias, la brecha de género en cuestiones científico-tecnológicas, o la enseñanza inadecuada de las ciencias que no despierta la curiosidad de los niños y niñas.

En la actualidad, el interés por este enfoque es evidente en la Unión Europea. El desarrollo de proyectos como Scientix (www.scientix.eu), Hypatia (www.expecteverything.eu) o Greenpower Inspiring (www.greenpower.co) nacidos y desarrollados principalmente para facilitar la divulgación científica y la inclusión de género, aúnan esfuerzos para llevar a cabo iniciativas STEAM, que no sólo fomentan las vocaciones científico-tecnológicas, sino que visibilizan y potencian el papel de la mujer en las mismas. Del mismo modo, el Ministerio de Educación y Formación Profesional español (2020) acaba de recoger como uno de los desafíos del sistema educativo para la Agenda 2030, la necesidad del desarrollo de las Vocaciones STEAM, especialmente entre las chicas, un dato que refuerza el gran impacto de este enfoque en el presente y para el futuro.

Si se pretende apostar por nuevos e innovadores modelos educativos, es clave conocer las aportaciones científicas que se han hecho al respecto. En este sentido, los trabajos de revisión de la literatura suponen una gran contribución, pues permiten conocer de manera sintetizada lo que se ha investigado sobre un tema y cuál es el estado actual del mismo. Sobre esta temática, contamos con la revisión realizada por Aguilera et al., (2021) que, aún sólo analizando seis trabajos publicados entre 1990 y 2019, pudieron proponer un marco

teórico del movimiento STEAM. En nuestro caso, pretendemos caracterizar la producción científica sobre el enfoque educativo STEAM destinado a edades comprendidas entre los 3 y los 16 años. Para dar respuesta a este objetivo se han planteado las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Qué indicadores bibliométricos caracterizan la producción científica asociada?
- ¿Qué elementos definen STEAM desde una perspectiva educativa?
- ¿Qué beneficios aporta el desarrollo de propuestas STEAM?
- ¿Qué criterios deben seguirse para desarrollar un proyecto STEAM?

2. Método

Para dar respuesta a las preguntas de investigación, se ha llevado a cabo una revisión de la literatura que, según Grant y Booth (2009) describe materiales publicados que proporcionan un examen de la producción científica publicada recientemente, y que implican algún proceso de inclusión o exclusión de los mismos.

2.1. Procedimiento

Teniendo en cuenta el objetivo principal y preguntas de investigación, los criterios de inclusión y exclusión establecidos (Tabla 1) resaltan el enfoque STEAM, poniendo el énfasis en la consideración de las artes (A) que posibilitan la puesta en práctica de habilidades creativas e innovadoras (Anderson y Meier; 2016; Tsurusaki, 2017). Por tanto, aunque pueden confluir algunos aspectos con el enfoque STEM en las disciplinas más científico-técnicas, éste no se considera.

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión formulados

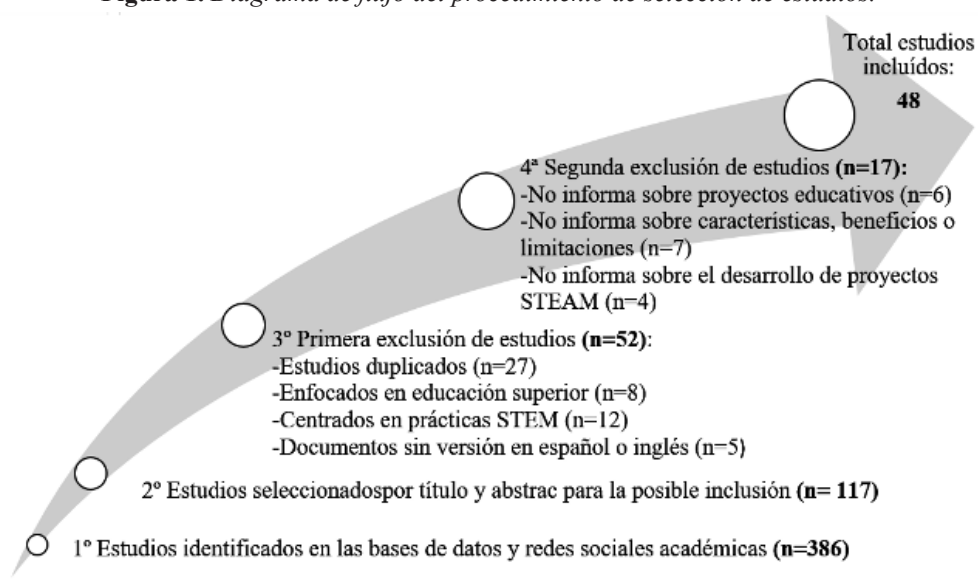
	nº1	nº2	nº3
Criterios de inclusión	Informa sobre proyectos educativos STEAM destinados a niños de 3 a 16 años	Informa sobre el concepto STEAM, sus características, beneficios y/o limitaciones.	Informa sobre el desarrollo de proyectos STEAM
Criterios de exclusión	Enfocado en prácticas educativas de educación superior	Centrado en prácticas educativas STEM	Documentos sin versión en inglés o castellano

La revisión de la literatura se llevó a cabo durante los meses de septiembre y octubre de 2019. Las bases de datos y redes sociales académicas consideradas en este estudio han sido Scopus, ERIC, Dialnet, GoogleScholar y ResearchGate. Para la búsqueda de los artículos, las cadenas o ecuaciones de búsqueda se adaptaron atendiendo las características de búsqueda avanzada de cada una de las bases de datos, a las preguntas de investigación planteadas y a los criterios de inclusión y exclusión establecidos. Las ecuaciones y términos clave empleados están recogidos en la Tabla 2.

Tabla 2. Protocolo de búsqueda

Bases de datos	Cadenas de Búsqueda y términos clave
SCPOPUS	(TÍTULO-ABS-KEY (steam) AND TÍTULO-ABS-KEY (early school OR preprimary education OR early childhood education OR ECCE)
ERIC	(steam OR steam proyectos) AND (early school OR preprimary education OR early childhood education OR ECCE) AND (elementary education OR children OR school)
Google Scholar	STEAM, proyectos STEAM, educación STEAM, educación infantil, educación primaria
ResearchGate	
Dialnet	STEAM, elementary education, STEAM education, STEAM education projects,

Como resultado, la búsqueda inicial proporcionó un total de 386 documentos. Atendiendo a los criterios de inclusión/exclusión adoptados se ejecutaron varias fases hasta alcanzar la selección final (Figura 1).

Figura 1. Diagrama de flujo del procedimiento de selección de estudios.

En primer lugar se realizó una revisión del título, año, autoría y resumen de acuerdo con los criterios citados, descartándose así los artículos duplicados, los referidos a la educación superior, los que se centraban únicamente en experiencias educativas STEM sin considerar las artes y la literatura que no contaba con la versión del documento en español o inglés. Finalmente, se revisó de manera independiente el texto completo de los diferentes artículos, prestando atención a los objetivos y preguntas de investigación, el tipo de investigación realizada, las herramientas empleadas y los resultados obtenidos. Gracias a esta revisión se eliminaron aquellos trabajos que no cumplieran los criterios de inclusión. El resultado final generó un total de 48 documentos para su revisión detallada.

2.2. Instrumento

De los 48 artículos seleccionados, 25 fueron extraídos de Google Scholar, 12 de ResearchGate, 4 de Eric, 4 de Dialnet y 3 de SCOPUS. Para el examen de esta muestra se elaboró un instrumento (Figura 2) con la finalidad de sintetizar toda la información necesaria que permitiera el análisis de datos y la interpretación de resultados. En él se reflejaron características descriptivas (como el título, el año, el país de publicación, la base de datos y la revista en que se localiza) junto con aspectos de contenido como el resumen y las palabras clave, el tipo y tema de investigación, además de los objetivos y el diseño del estudio. Dicho instrumento fue revisado por expertos con experiencia en la metodología de revisiones de literatura.

Figura 2. Instrumento de análisis.

Título:				
Año:	Institución:	País:	Revista:	Base de datos:
Resumen:				
Palabras clave:				
Cita:				
Tema de inv.		Objetivo de inv.		
Tipo de inv.		Diseño de inv.		

Con la información recadada se realizó un análisis descriptivo de los diferentes elementos que configuran los artículos, así como un análisis de su contenido categórico, con la finalidad de identificar y caracterizar la producción científica sobre STEAM.

3. Resultados

3.1. Indicadores bibliométricos

En relación con el país de procedencia del primer autor, tal como se recoge en la Tabla 3, la mayoría de los autores son americanos (56.2 %), destacando EEUU como el país de mayor presencia en los artículos analizados; el 20.8% es de procedencia europea, destacando 5 de autoría española, 3 turca, 1 francés y uno belga respectivamente; el 18.7 % es de origen asiático, particularmente 8 de origen coreano y 1 indonesio. Finalmente el 4.1 % de los autores son de origen oceánico.

Tabla 3. *Lugar de procedencia del primer autor*

Continente	País	nº total	%
Europa	Francia (n=1)	10	20.8%
	Bélgica (n=1)		
	España (n=5)		
	Turquía (n=3)		
Asia	Corea del Sur (n=8)	9	18.7%
	Indonesia (n=1)		
América	EEUU (n=26)	27	56.2 %
	Hawái (n=1)		
Oceanía	Australia (n=1)	2	4.1%
	Nueva Zelanda (n=1)		

Respecto a las instituciones de procedencia de los autores, la mayoría (79.5%) pertenece a Universidades, siendo únicamente el 20.4% perteneciente a institutos u otros centros de investigación tecnológica. Atendiendo al año de publicación, en la Tabla 4 se han agrupado los artículos en dos periodos temporales que abarcan hasta mediados de la década (año 2015) y posterior a ella.

Tabla 4. *Artículos publicados por etapa cronológica y autoría*

2008-2015 n=13 (27 %)	Yakman, (2010, 2008a, 2008b). Ahn y Choi (2015), Boy (2013), Chai y Chun (2015), Chung (2014) Cilleruelo y Zubiaga (2014), Connor, Karmokar y Whittington (2015), Hamner y Cross (2013), Moriwaki, Brucker-Cohen, Campbell, Saavedra, Stark, y Taylor (2012), Yakman y Lee (2012a, 2012b)
2016-2019 n=35 (72%)	Anderson y Meier (2016), Alsina y Salgado (2018), Alsina y Acosta (2017), Ata y Demircan (2017), Baek y Yoon (2016), Bahri, Kusumawati y Nuraini (2017), Bati, Ikbil, Çalışkan, Güneş y Gül (2018), Borsay y Foss (2016), Bush y Cook (2016), Cline y Smith (2016), Cools, Conradie, Ciocci y Saldien (2017), Engelman, Magerko, McKlin, Miller, Edwards y Freeman (2017), Erwin (2017), Fulton y Simpson-Steele (2016), Gates (2017), Graham y Brouillette (2016), Gray, Rule, Kirkland, Logan, Alert y Mason (2016), Herro y Quigley (2016), Kim y Kim (2016), Kim y Chae (2016), Kim (2016), Kuhn, Greenhalgh y Mcdermott (2016), Leong (2017), Magerko, Freeman, McKlin, Reilly, Livingston, McCoid y Crews-Brown (2016), Myounghoon, Maryram, Jaclyn, Zackery, Ruimin, Joseph y Eric (2016), Park, Byun, Sim, Han, y Baek (2016), Rule, Atwood-Blaine, Edwards y Gordon (2016), Ruiz, Zapatera, Montes, Rosillo (2019), Samarakoon y Smith (2016), Stoycheva y Perkins (2016), Teske y Pittman (2016), Tsurusaki, Tzou, Conner, y Guthrie (2017), Ugras, (2018). Yakman, (2019). Zamorano, García y Reyes (2018).

Como se puede apreciar en la tabla anterior, es en el año 2008 cuando aparecen los primeros trabajos sobre esta temática. La evolución de los artículos publicados en el período analizado es diferente, identificándose un punto de inflexión en el año 2016. Si bien, hasta el año 2015 la producción entorno a esta temática fue bastante incipiente (en un periodo de siete años se identifican 13 artículos), ha sido a partir de esta fecha cuando se produce un incremento en la publicación sobre la temática, llegando a triplicarse entre los años 2016 y 2019 (35 artículos) con respecto al período antes mencionado.

3.2. Metodología de investigación

En cuanto al tipo de investigaciones desarrolladas, atendiendo a la categorización propuesta por Sampiere et al. (2016), tal como se recoge en la Tabla 5, destaca que en el 83.3% de los artículos seleccionados se desarrollan investigaciones con metodologías cuantitativas, en el 12.5 % investigaciones de tipo cualitativo y 4.1% incluyen metodologías mixtas.

Tabla 5. *Tipo de investigación en artículos sobre STEAM*

Cuantitativas n=40 (83.3%)	
Experimentales n=24 (60%)	No experimentales n= 16 (40%)
-Diseño y aplicación de proyectos STEAM (23)	-Desarrollo teórico-conceptual de STEAM (8)
-Beneficios de la inserción del Arte (1)	-Descripción de experiencias educativas STEAM(5)
	-Percepciones del alumnado y profesorado sobre STEAM (3)
Cualitativas n= 6 (12.5%)	
-Beneficios de la inserción del Arte (3)	
-Desarrollo teórico-conceptual de STEAM (2)	
-Percepciones del alumnado y profesorado sobre STEAM (1)	
Mixtas n= 2 (4.1%)	
-Percepciones del alumnado y profesorado sobre STEAM (1)	
-Desarrollo teórico-conceptual de STEAM (1)	

De manera más detallada, en los artículos seleccionados prevalecen las investigaciones de tipo experimental (60%) que se centran en el diseño y aplicación de proyectos STEAM (Ahn y Choi, 2015; Alsina y Acosta, 2017; Alsina y Salgado, 2018; Baek y Yoon, 2016; Bahri et al., 2017; Bati et al., 2018; Borsay y Foss, 2016; Chai y Chun, 2015; Cline y Smith, 2016; Cools et al., 2017; Engelman et al. 2017; Gates, 2017; Graham y Brouillette, 2016; Gray et al. 2016; Hamner y Cross, 2013; Herro y Quigley, 2016; Kim, 2016; Kim y Chae, 2016; Magerko et al., 2016; Moriwaki et al., 2012; Myounghoon et al., 2016; Stoycheva y Perkins, 2016; Ruíz et al., 2019) y una centrada en la inserción del arte (Teske y Pittman, 2016).

Las investigaciones no experimentales (40%) se centran en desarrollar un marco teórico-conceptual de STEAM (Boy, 2013; Cilleruelo y Zubiaga, 2014; Connor et al., 2015; Yakman y Lee, 2012; Yakman, 2008a, 2008b, 2010, 2019), en la descripción de experiencias educativas STEAM, resaltando cinco investigaciones (Bush y Cook, 2016; Chung, 2014; Erwin, 2017; Fulton y Simpson-Steele, 2016; Samarakoon y Smith, 2016) y en recoger las percepciones del alumnado y profesorado sobre STEAM (Kim y Kim, 2016; Park et al., 2016; Tsurusaki et al., 2017).

La investigaciones de tipo cualitativo (12.5%) se preocupan por conocer los beneficios de la inserción del arte (Anderson y Meier, 2016; Ata y Demircan, 2017; Kuhn et al., 2016), en el desarrollo de un marco teórico-conceptual (Yakman y Lee, 2012; Zamorano et al., 2018) y en averiguar las percepciones del alumnado y el profesorado (Rule et al., 2016).

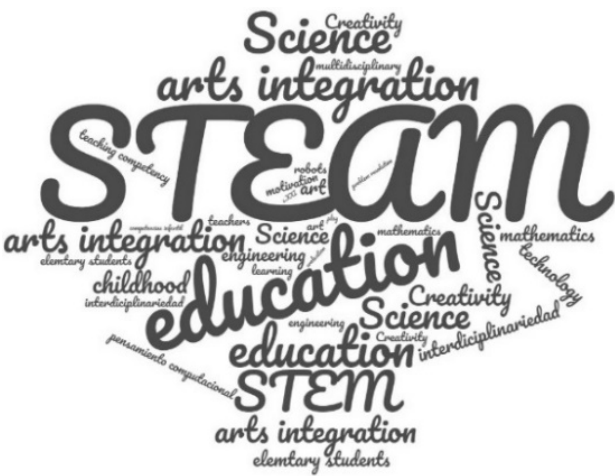
Respecto a las investigaciones de tipo mixto nos encontramos una centrada en las percepciones que tiene el alumnado y el profesorado (Ugras, 2018) y otra en el desarrollo del marco teórico-conceptual sobre STEAM (Leong, 2017).

3.3. Tipificación semántica de los estudios sobre STEAM

La primera aproximación se ha realizado a través de las palabras clave. El recuento de las mismas ha permitido el análisis de contenido y la elaboración de una nube de palabras (Figura 3), que muestra de manera visual, clara y sencilla una aproximación inicial al contenido de los artículos en su conjunto.

Figura 3. Recuento de palabras clave y nube de palabras.

Palabra clave	nº	%
Education STEAM	30	34.4%
Education STEM	16	18.3%
Science	11	12.6%
Art Integration	9	10.3%
Mathematics	8	9.1%
Creativity	5	5.7%
Elementary school	3	3.4%
Education	3	3.4%
Robots	3	3.4%
Interdisciplinary	3	3.4%
Otras	65	74.7%



El resultado permite obtener los primeros indicadores en relación con el contenido. Se han obtenido un total de 84 palabras clave diferentes, siendo las más utilizadas Education STEAM con 30 repeticiones, Education STEM con 16 repeticiones, Science con 11 repeticiones y Art e Integration Mathematics con 8 y 5 repeticiones respectivamente. Además, otras palabras como desafíos, alfabetización, teoría o pensamiento, han sido mencionadas una vez en los diferentes artículos.

3.4. Cuestiones y propósitos de la investigación STEAM

De manera más detallada, tras el análisis de contenido se han podido identificar las principales cuestiones de investigación, siendo el resultado de dicho análisis el recogido en la Tabla 6, en la que se detallan los temas, el número de artículos y su porcentaje relativo.

Tabla 6. Contenido de investigación

	n	%
Los beneficios de combinar el Arte con la ciencia, la tecnología o las matemáticas	29	60.4%
Descripción teórica-conceptual de STEAM	8	16.1%
Las percepciones docentes sobre STEAM	4	8.3%
El proceso de enseñanza-aprendizaje en STEAM	2	4.1%
La creatividad en STEAM	2	4.1%
La elaboración y uso de recursos STEAM	1	2%
Las percepciones del alumnado sobre STEAM	1	2%
Revisiones de la literatura científica sobre STEAM	1	2%

De manera global en el panorama sobre la investigación en torno a STEAM, destaca que un gran volumen de artículos (60.4%) tiene como tema principal el análisis de la combinación del arte con la ciencia, la tecnología o las matemáticas (Ahn y Choi, 2015; Alsina y Acosta, 2017; Alsina y Salgado, 2018; Anderson y Meier, 2016; Ata y Demircan, 2017; Baek y Yoon, 2016; Bati et al., 2018; Borsay y Foss, 2016; Chai y Chun, 2015; Chung, 2014; Cline y Smith, 2016; Cools et al., 2017; Engelman et al. 2017; Erwin, 2017; Gates, 2017; Gray et al., 2016; Hammer y Cross, 2013; Herro y Quigley, 2016; Kim y Chae, 2016; Kim, 2016; Kuhn et al., 2016; Magerko et al., 2016; Moriwaki et al., 2012; Myounghoon et al., 2016; Rule et al., 2016; Ruíz et al., 2019; Samarakoon y Smith, 2016; Stoycheva y Perkins, 2016; Teske y Pittman, 2016).

El segundo tema más recurrente, con un 16.1%, se centra en la descripción teórica-conceptual de STEAM (Cilleruelo y Zubiaga, 2014; Boy, 2013; Yakman y Lee, 2012a, 2012b; Yakman, 2008a, 2008b, 2010, 2019). El tercero, con un 8.3% aborda las precepciones docentes entorno a STEAM (Bush y Cook, 2016; Fulton y Simpson-Steele, 2016; Kim y Kim, 2016; Park et al., 2016).

Por otro lado, en relación con los temas menos frecuentes, el 4.1% se centran en el proceso de enseñanza-aprendizaje en STEAM (Connor et al., 2015; Leong, 2017) y en la creatividad en STEAM (Graham y Brouillette, 2016; Tsurusaki et al., 2017;). Finalmente, el 2% está relacionado, respectivamente, con las precepciones del alumnado sobre STEAM (Ugras, 2018), la elaboración de recursos STEAM (Bahri et al., 2017) y las revisiones de literatura científica (Zamorano et al., 2018).

Finalmente, conociendo la temática que se aborda en los diferentes artículos, se puede identificar el propósito de los mismos. Tal como se recoge en la Tabla 7, se pueden agrupar en seis grandes propósitos.

Tabla 7. Propósitos de investigación

	n	%
Diseñar, aplicar, evaluar y describir la implantación de proyectos STEAM	19	39.5%
Desarrollar un marco teórico conceptual sobre STEAM	12	25%
Conocer y describir los beneficios de introducir el Arte en experiencias STEM	11	22.9%
Conocer las percepciones docentes entorno a STEAM	3	6.2%
Conocer la impresión del alumnado tras las aplicación de un proyecto STEAM	2	4.1%
Diseñar, aplicar y evaluar recursos STEAM	1	2%

La mayoría de los artículos (39.5%) tienen por objetivo el desarrollo, aplicación, evaluación y descripción de la implantación de proyectos STEAM (Ahn y Choi, 2015; Alsina y Acosta 2017; Alsina y Salgado, 2018; Baek y Yoon, 2016; Bati et al., 2018; Borsay y Foss, 2016; Chai y Chun, 2015; Cline y Smith, 2016; Cools et al., 2017; Engelman et al., 2017; Erwin, 2017; Graham y Brouillette, 2016; Hamner y Cross, 2013; Kim, 2016; Kim y Chae, 2016; Magerko et al., 2016; Ruíz et al., 2019; Moriwaki et al., 2012; Samarakoon y Smith, 2016). A su vez, el 25% de los artículos presenta como objetivo el desarrollo de un marco teórico conceptual sobre STEAM (Boy, 2013; Bush y Cook, 2016; Cilleruelo y Zubiaga, 2014; Connor et al., 2015; Leong, 2017; Yakman, 2008a, 2008b, 2010, 2019; Yakman y Lee, 2012a, 2012b, Zamorano et al., 2018).

El 22.9% se centra en conocer qué beneficios aporta la inserción del arte en las disciplinas STEM ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (Anderson y Meier, 2016; Ata y Demircan, 2017; Chai y Chung, 2014; Fulton y Simpson-Steele, 2016; Gates, 2017; Gray et al., 2016; Kuhn et al., 2016; Myounghoon et al., 2016; Teske y Pittman, 2016; Stoycheva y Perkins, 2016; Ugras, 2018); el 6.2% en conocer las percepciones docentes sobre el enfoque educativo STEAM (Herro y Quigley, 2016; Kim y Kim, 2016; Park et al., 2016) y el 4.1% las percepciones del alumnado (Tsurusaki et al., 2017; Rule et al., 2016). Finalmente, solo un trabajo tiene por objetivo diseñar, aplicar y evaluar recursos STEAM (Bahri et al., 2017).

4. Discusión y conclusiones

Este estudio parte de la creencia en el gran potencial del enfoque educativo STEAM y en cómo puede aportar grandes beneficios en la formación integral del alumnado. Dando respuesta a las preguntas de investigación planteadas, nos encontramos que, en relación con los indicadores bibliométricos, la mayoría de los artículos son de naturaleza empírica y de origen americano y coreano, probablemente por ser los países precursores del enfoque STEAM, tanto a nivel económico como por el desarrollo de leyes educativas que promueven el mismo. Además, el hecho de que la mayoría de los estudios hayan sido realizados por profesionales del ámbito universitario (79.5%) deja patente el interés actual por este enfoque en este contexto, lo que contribuye al debate sobre los beneficios que puede aportar a nivel educativo.

Se aprecia que este enfoque aún se encuentra en una etapa de desarrollo inicial a nivel teórico conceptual, pues únicamente el 24% de los artículos analizados aportan, o intentan aportar, fundamento teórico a este enfoque. De estos artículos se desprende, la respuesta a la pregunta de investigación relacionada con los elementos que definen el enfoque. Así, definir y caracterizar STEAM desde una perspectiva educativa, implica utilizar términos como interdisciplinar, multidisciplinar o alfabetización científico-tecnológica (Cilleruelo y Zubiaga, 2014; Kim y Chae, 2016; Leong, 2017; Yakman y Lee, 2012a; Yakman, 2010, 2019; Zamorano et al., 2018) siempre desde una perspectiva holística e integral (Yaman y Lee, 2012b; Yakman, 2008a, 2008b) que permita dar significado contextual a la enseñanza y al aprendizaje de estas cinco disciplinas, involucrando al alumnado activamente en la resolución de problemas de manera autónoma, colaborativa y con metodologías de indagación e investigación (Ahn y Choi, 2012; Boy, 2013; Bush y Cook, 2016; Graham y Brouillette, 2016).

Se percibe además, a través de los temas y objetivos de las diferentes investigaciones analizadas, una fuerte necesidad de justificar la importancia de insertar las artes en la enseñanza de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, probablemente para distanciarse y justificar la mejora aportada con respecto a otros enfoques como es el STEM. Esta tendencia ayuda en gran medida a conocer algunos de los beneficios que aporta la metodología y el desarrollo de proyectos STEAM, dando respuesta a otras de las preguntas de esta investigación, detectando que oscilan desde aspectos como el aumento de la creatividad, la motivación o mejores resultados en las evaluaciones del aprendizaje (Gates, 2018; Borsay y Foss, 2016; Cline y Smith, 2016; Tsurusaki, et al., 2017; Ugras, 2018) a otros como la construcción de ideas y el análisis de los esquemas

cognitivos (Stoycheva y Perkins, 2016;). Los resultados obtenidos en algunas de estas investigaciones dejan patente mejoras significativas en la retención a largo plazo de los contenidos (Rule, et al., 2016; Teske y Pittman, 2016), el aumento de la autoeficacia (Magerko, et al., 2016), el desarrollo de habilidades y actitudes más óptimas hacia el propio trabajo, la cooperación y el trabajo en equipo (Anderson y Meier, 2016; Bati et al., 2018) o el crecimiento de aptitudes más positivas a nivel étnico o de género (Gray, et al., 2016). Del mismo modo, el desarrollo y uso de recursos STEAM demuestra una mayor implicación cognitiva y mayor significación en el aprendizaje y uso de los mismos (Bahri, et al., 2016).

Además, los docentes que aplican proyectos STEAM, presentan una visión positiva del papel de este enfoque educativo, así como de sus potencialidades y beneficios en los procesos de enseñanza aprendizaje (Park et al., 2016). La aparición de estos beneficios, también ha sacado a la luz algunas de las grandes limitaciones para el desarrollo de propuestas STEAM, que giran fuertemente en torno a las dificultades económicas, administrativas y organizativas de los currículums educativos, principalmente por su excesiva rigidez; así como a las limitaciones temporales del profesorado tanto para la aplicación como para la formación específica en este enfoque (Herro y Quigley, 2016; Kim y Kim, 2016).

Enseñar conceptos temáticos que permitan las interrelaciones y la transferencia es uno de los criterios fundamentales para el desarrollo de proyectos STEAM. Esto se consigue poniendo en marcha prácticas educativas que conecten la vida real y los intereses del alumnado (Alsina y Acosta, 2017; Chai y Chun, 2015; Ruíz et al., 2019) como, por ejemplo, la combinación de la robótica con el fútbol, el teatro o las artes escénicas (Baek y Yoon, 2016; Cools et al., 2017; Chung, 2014; Myounghoon et al., 2016). Del mismo modo, apostar por propuestas educativas que combinen ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas de manera conjunta, utilizando metodologías de indagación o investigación, no solo es posible, sino que es lo más oportuno y efectivo (Alsina y Salgado, 2018; Ata y Demircan, 2017; Connor et al., 2015; Engelman, 2017 Erwin, 2017; Fulton y Simpson-Steele, 2016; Hamner y Cross, 2013; Kim, 2016 Moriwaki, 2012; Samarakoon y Smith, 2016).

Como se puede apreciar, cada artículo de investigación destaca por ensalzar algún aspecto relacionado con el enfoque STEAM: beneficios en el proceso de enseñanza-aprendizaje, proyectos prácticos, recursos, percepciones del profesorado... por este motivo, es importante mantener una visión global y considerar cada una de estas aportaciones como complementaria y no como excluyente.

Somos conscientes de las limitaciones del presente estudio, principalmente las relacionadas con la dificultad para maximizar el alcance de los resultados, es decir, que está abierta la posibilidad de que existan sesgos en la información, pues la literatura ha sido seleccionada atendiendo a los criterios en los que se enmarca esta investigación. Pero esta limitación no implica que la información nos permita conocer y constatar las posibilidades educativas del enfoque STEAM. A nivel pedagógico, el alcance de este fenómeno está tomando gran fuerza tanto a nivel nacional como europeo, ejemplo de ello son los innumerables proyectos e iniciativas que se están desarrollando. Es quizás por este motivo, que sería relevante analizar y reflexionar en investigaciones futuras, acerca de las competencias y roles que deben desarrollar y adoptar los docentes para realizar con éxito este tipo de prácticas, sobre todo en una escuela que demanda una formación actualizada.

Uno de los grandes retos a afrontar en los próximos años, no solo desde la enseñanza sino también desde la investigación, es la necesidad de un mayor número de trabajos de carácter teórico-conceptual con la finalidad de aunar conocimiento y asentar unas bases sólidas para el desarrollo del enfoque STEAM. Estudios como el que aquí se presentan permiten conocer y constatar los beneficios, las limitaciones y las posibilidades educativas en torno a este enfoque de manera general. Pero es más que palpable la necesidad de abrir una ventana a lo desconocido, a través de investigaciones que profundicen y analicen los aspectos abordados en este trabajo de manera contextualizada, pues el contexto es y será un eje fundamental en el desarrollo de la práctica educativa y la actividad investigadora.

En este sentido, es importante resaltar que a pesar del uso extendido de STEAM, no es fácil encontrar obras en español que den respuesta a todas las preguntas que se generan en torno a este enfoque educativo. La escasez actual de artículos que revisen la bibliografía entorno a STEAM, aporta a este trabajo un carácter real y efectivo, pues ayuda a resolver discrepancias y a estar informados y actualizados en torno a esta disciplina, o incluso, ser el punto de partida para la elaboración de nuevas investigaciones.

En definitiva, el estudio que aquí se presenta sobre la producción científica en torno al enfoque STEAM proporciona datos de interés sobre las investigaciones recogidas en revistas indexadas que se están realizando a nivel internacional. Del mismo modo, permite plantear algunos aspectos desconocidos, tales como los beneficios a corto plazo en el aprendizaje del alumnado, o resuelve el enigma si este enfoque ha llegado para quedarse. Lo que está claro, es que sea cual sea el escenario, es necesario la formación continua y actualizada del profesorado para dar respuesta a las demandas actuales, y esto solo se consigue con trabajos de investigación que analicen de manera crítica la realidad educativa actual, sentando unas bases sólidas para el desarrollo de prácticas educativas de calidad.

5. Referencias bibliográficas

- Aguilera, D., Lupiáñez, J. L., Perales, F. J. y Vílchez, J. M. (2021). *Objetivos de la educación STEM. Revisión sistemática*. 11º Congreso Internacional sobre investigación en la Enseñanza de las Ciencias. Lisboa
- Ahn, H. y Choi, Y. (2015). Analysis on the Effects of the Augmented Reality-Based STEAM Program on Education. *Advanced Science and Technology Letters*, 92(1), 125-130. <https://cutt.ly/HpXtMj1>
- Anderson, A. E., y Meier, J. A. (2016). Second-Graders Beautify for Butterflies. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(2), 38-47. <https://cutt.ly/PpXyHCR>
- Alsina, Á. y Salgado, M. (2018). Land Art Math: una actividad STEAM para fomentar la competencia matemática en Educación Infantil. *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia*, 7(1), 1-11. <https://cutt.ly/xpXiMdv>
- Aleixo, A. Silva, B., y Ramos, M. A. (2021). Análisis del uso de la cultura maker en contextos educativos: una revisión sistemática de la literatura. *Educatio Siglo XXI*, 39(2), 143-168. <https://doi.org/10.6018/educatio.465991>
- Alsina, Á. y Acosta, J. (2017). Iniciación al álgebra en Educación Infantil a través del pensamiento computacional: una experiencia sobre patrones con robots educativos programables. *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 1(52), 118-235. <https://cutt.ly/Ygd3y03>
- Ata, A. y Demircan, O. (2017). A Review of Studies on STEM and STEAM Education in Early Childhood. *Evrans Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi (KEFAD)*, 18(2), 757-776. <https://cutt.ly/Bgd3jgS>
- Baek, J. y Yoon, M. (2016). Development and Application of STEAM Education Program Based on Robots: Through a Theme-Based Robot Soccer. *International Journal of Computer Science and Information Technology for Education*, 1(1), 27-34. <http://dx.doi.org/10.21742/ijcsite.2016.1.05>
- Bahri, S., Kusumawati, L. y Nuraini, L. (2017). STEAM Education Based on local wisdom of coffee plantation in Jember to improve the competitiveness at 21st Century. *Pancaran Pendidikan*, 6(3), 126-135. <http://doi.org/10.25037/pancaran.v6i3.62>
- Bati, K., Ikbil, M., Çalışkan, I., Güneş, G. y Gül, S. (2018). Teaching the concept of time: A steam-based program on computational thinking in science education. *Cogent Education*, 5(1) 1-16. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2018.1507306>
- Borsay, K. D. y Foss, P. (2016). Third Graders Explore Sound Concepts through Online Research Compared to Making Musical Instruments. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(1), 46-61. <https://cutt.ly/egd8wZ3>
- Boy, G. (2013). From STEM to STEAM: Toward a Human-Centered Education. Creativity & Learning Thinking. *Proceedings of the European Conference on Cognitive Ergonomics*, 3, 1-7. <https://doi.org/10.1145/2501907.2501934>
- Bush, S. B. y Cook, K. L. (2016). Constructing Authentic and Meaningful STEAM Experiences through University, School, and Community Partnerships. *Journal of STEM Teacher Education*, 51(1), 57-69. <https://ir.library.illinoisstate.edu/jste/vol51/iss1/7>
- Chai, S. y Chun, S. (2015). The Effects of STEAM-based Programming Education with Robot on Creativity and Character of Elementary School Students. *Journal of the Korean Association of Information Education*, 19(2), 159-166. <https://doi.org/10.14352/jkaie.2015.19.2.159>
- Chung, C.J. (2014). Integrated STEAM education through global robotics art festival (GRAF). *Ponencia presentada en IEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)*. Princeton. <https://doi.org/10.1109/ISECon.2014.6891011>
- Cilleruelo, L. y Zubiaga, A. (2014). Una aproximación a la Educación STEAM. *Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología*, 1-18. <https://cutt.ly/cgd4CpV>
- Cline, J. E., y Smith, B. A. (2016). Water Play. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(2), 16-22. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1151177>
- Connor, A., Karmokar, S. y Whittington, C. (2015). From STEM to STEAM: Strategies for enhancing engineering & technology education. *International Journal of Engineering Pedagogies*, 5(2), 37-47. <https://cutt.ly/gpXdF55>
- Cools, S., Conradie, P., Ciocci, M. C. y Saldien, J. (2017). Diorama Project: Development of a tangible medium to foster STEAM education using storytelling and electronics. *Segunda Conferencia Internacional sobre Ecosistemas de Aprendizaje Inteligente y Desarrollo Regionales, Aveiro, Portugal*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61322-2_17
- Dougherty, D. (2013). The maker mindset. In Desing, make, play. Nueva York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203108352>
- Engelman, S., Magerko, B., McKlin, T., Miller, M., Edwards, D., y Freeman, J. (2017) Creativity in Authentic STEAM Education with EarSketch. *Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education – SIGCSE*, 17, 183-188. <https://doi.org/10.1145/3017680.3017763>
- Erwin, H. E. (2017). Full STEAM Ahead in Physical Education. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 88(1), 3-4. <https://doi.org/10.1080/07303084.2016.1249759>
- Fulton, L. y Simpson-Steele, J. (2016). Reconciling the Divide: Common Processes in Science and Arts Education. *Steam*, 2(2), 1-8. <https://doi.org/10.5642/steam.20160202.03>
- Gates, A. E. (2017). Benefits of a STEAM Collaboration in Newark, New Jersey: Volcano Simulation Through a Glass-Making Experience. *Journal of Geoscience Education*, 65(1), 4-11. <https://doi.org/10.5408/16-188.1>
- García-Carmona, A. (2020). STEAM, ¿una nueva distracción para la enseñanza de la ciencia? Ápice. *Revista de Educación Científica*, 4(2), 35-50. <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.2.6533>

- Graham, N. J. y Brouillette, L. (2016). Using Arts Integration to Make Science Learning Memorable in the Upper Elementary Grades: A Quasi-Experimental Study. *Journal for Learning through the Arts*, 12(1), 1–17. <https://doi.org/10.21977/D912133442>
- Grant, M.J. y Booth, A. (2009). A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information & Libraries Journal*, 26, 91-108. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>
- Gray, P., Rule, A. C., Kirkland, G., Logan, S., Alert, A., y Mason, C. (2016). Learning Form and Function by Dance-Dramatizing Cultural Legends to Drum Rhythms Wearing Student-Made Animal Masks. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(1), 75-97. <https://cutt.ly/Agd7niR>
- Greca, I. (2018). La enseñanza STEAM en la educación primaria. En I.M. Greca y J.A. Meneses (Coords.), *Proyectos STEAM para la educación primaria. Fundamentos y aplicaciones prácticas* (pp. 19-39). Dextra Ediciones
- Hamner, E. y Cross, J. (2013). Arts & Bots: Techniques for Distributing a STEAM Robotics Program through K-12 Classrooms. *Proceeding of the Third IEE Integrated STEM Education Conference*. Princeton. <https://doi.org/10.1109/ISECon.2013.6525207>
- Herro, D. y Quigley, C. (2016). Exploring teacher's perceptions of STEAM teaching through professional development: implications for teacher's educators. *Professional Development in Education*, 43(3), 1-23. <https://doi.org/10.1080/19415257.2016.1205507>
- Kim, H. y Chae, D. H. (2016). The Development and Application of a STEAM ProgramBased on Traditional Korean Culture. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(7), 1925–1936. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1539a>
- Kim, B., H. y Kim, J. (2016). Development and Validation of Evaluation Indicators for Teaching Competency in STEAM Education in Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(7), 1909–1924. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1537a>
- Kim, P. W. (2016). The Wheel Model of STEAM Education Based on Traditional Korean Scientific Contents. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(9), 2353–2371. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1263a>
- Kuhn, M., Greenhalgh, S., y Mcdermott, M. (2016). Using Creativity from Art and Engineering to Engage Students in Science. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(2), 9-5. <https://core.ac.uk/download/pdf/222989235.pdf>
- Lafuente, A y Horrillo, P. (2016). *Cómo hacer un espacio maker*. La aventura de aprender. <https://cutt.ly/GfID7ox>
- Leong, J. (2017). *Teaching Through A STEAM Network*. (Queensland University of Technology). <https://eprints.qut.edu.au/103761/>
- Magerko, B., Freeman, J., McKlin, T., Reilly, M., Livingston, E., McCoid, S. y Crews-Brown, A. (2016). EarSketch: A STEAM-based approach for underrepresented populations in high school computer science education. *ACM Transactions on Computing Education*, 16(4), 14-28. <https://doi.org/10.1145/2886418>
- Ministerio de Educación y Formación Profesional (2020, septiembre 19). *Educación de Calidad con Equidad* [Infografía]. <https://cutt.ly/agj8VzF>
- Moriwaki, K., Brucker-Cohen, J., Campbell, L., Saavedra, J., Stark, L. y Taylor, L. (2012). *Scrapyard challenge Jr: adapting an art desing workshop to suppot STEM to STEAM learning experiences*. (comunicación), Integrated STEM Education Conference. Ewing, N.Y. <https://cutt.ly/Fgj866F>
- Myounghoon, J., Maryram, F., Jaclyn, B., Zackery, D., Ruimin, Z., Joseph, R. y Eric V. (2016). Making live theatre with multiple robots as actors bringing robots to rural schools to promote STEAM education for underserved students. (Conferencia) *11th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*. Nueva Zelanda. <https://doi.org/10.1109/HRI.2016.7451798>
- Park, H., Byun, S., Sim, J., Han, H. y Baek, Y. S. (2016). Teachers' Perceptions and Practices of STEAM Education in South Korea. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(7), 1739–1753. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1531a>
- Rule, A., Atwood-Blaine, D., Edwards, C. y Gordon, M. (2016). Art-Integration through Making Dioramas of Women Mathematicians' Lives Enhances Creativity and Motivation. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(2), 84-103. <https://cutt.ly/Igj4hUp>
- Ruiz, F., Zapatera, A., Montes, N., y Rosillo, N. (2019). *Proyectos STEAM con LEGO Mindstorms para educación primaria en España*. (Conferencia), International Conference on Innovation, Documentation and Education. Editorial Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/10.4995/INN2018.2018.8836>
- Perestelo-Pérez, L. (2013). Standars on how to develop and report systematic reviews in Psychology and Health. *International Journal of Clinical anda Health Psychology*, 13(1), 49-57. <https://cutt.ly/pgf6D69>
- Samarakoon, D. y Smith, L. L. (2016). Who Moved Those Rain Clouds to Town? Making Windbirds to Learn about the Power of Wind. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(2), 23-37. <https://core.ac.uk/download/pdf/222989231.pdf>
- Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- Stoycheva, D. y Perkins, L. (2016). Three- and Four-Year Olds Learn about Gears through Arts Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(2), 67-83. <https://cutt.ly/igf6K9z>
- Teske, J. y Pittman, P. (2016). Eighth Graders Explore Form and Function of Modern and Fossil Organisms. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 2(1), 79-94. <https://cutt.ly/Sgj4RJ6>

- Toma, R. B. y García-Carmona, A. (2021). «De STEM nos gusta todo menos STEM»: análisis crítico de una tendencia educativa de moda. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(1), 65-80. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093>
- Toma, R. B., y Retana-Alvarado, D. A. (2021). Mejora de las concepciones de maestros en formación de la educación STEM. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(1), 15-33. <https://doi.org/10.35362/rie8714538>
- Tsurusaki, B., Tzou, C., Conner, L. y Guthrie, M. (2017). 5th - 7th Grade Girls' Conceptions of Creativity: Implications for STEAM Education. *Creative Education*, 8(2), 255-271. <https://doi.org/10.4236/ce.2017.82020>
- Ugras, M. (2018). The Effect of STEM Activities on STEM Attitudes, Scientific Creativity and Motivation Beliefs of the Students and Their Views on STEM Education, *International Online Journal of Educational Sciences*, 10(5), 165-182. <https://doi.org/10.15345/ijoes.2018.05.012>
- Yakman, G. (2019). STEAM- An Educational Framework to Relate Things to Each Other and Reality. *K12 Digest*. <https://cutt.ly/YpXYkHg>
- Yakman, G. (2010). What is the point of STEAM?-A Brief Overview. <https://cutt.ly/PpXYT3b>
- Yakman, G. (2008a). STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education. En M.J. DE Vries (Ed.). *PATT-17 and PATT-19 Proceedings* (pp. 335-358). Reston, V.A: ITTEA. <https://cutt.ly/Lgj7edP>
- Yakman, G. (2008b). STEM Pedagogical Commons for Contextual Learning: How Fewer Teaching Divisions Can Provide More Relevant Learning Connections? *STEAM Education Pedagogy*. <https://steamedu.com/pyramiddev/>
- Yakman, G. y Lee, H. (2012). Exploring the Exemplary Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea. *Journal of Korea Association Science Education*, 32(6), 1072-1086. <https://cutt.ly/ugf65v0>
- Yakman, G. y Lee, H. (2012) From Interdisciplinary to Transdisciplinary: An Arts-Integrated Approach to STEAM Education. *ART education*, 69(6), 44-49. <https://doi.org/10.1080/00043125.2016.1224873>
- Zamorano, T., García, Y. y Reyes, D. (2018). Educación para el sujeto del s XXI: principales características del enfoque STEAM desde la mirada educacional. *Contextos: Estudios de Humanidades y Ciencias Sociales*, 41, 4-21. <https://cutt.ly/jgj7RSI>