

Producción científica sobre educación STEM en Latinoamérica: un estudio bibliométrico

Producción científica sobre educación STEM en Latinoamérica: un estudio bibliométrico

Daniela Patiño-Cuervo¹ 

Diana Yicela Pineda-Caro² 

Aura Marcela Torres-Torres³ 

Oscar Pulido-Cortés⁴ 

¹ Mg. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. Correo electrónico: daniela.patino@uptc.edu.co

² Lic. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. Correo electrónico: diana.pineda01@uptc.edu.co

³ Lic. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. Correo electrónico: aura.torres01@uptc.edu.co

⁴ Dr. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. Correo electrónico: oscar.pulido@uptc.edu.co

Recibido: 15 de noviembre de 2020

Aceptado: 21 de julio de 2022

Publicado en línea: 6 de diciembre de 2022

Editor: Matilde Bolaño García 

Para citar este artículo: Patiño-Cuervo, D., Pineda-Caro, D., Torres-Torres, A. y Pulido-Cortés, O. (2022). Producción científica sobre educación STEM en Latinoamérica: un estudio bibliométrico. *Praxis*, 18(2), 278-304.

RESUMEN

Este estudio tuvo por objetivo identificar el progreso de la producción científica sobre educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas de Latinoamérica. Para ello, se realizó un análisis bibliométrico aplicado a los metadatos de publicaciones de Scopus y Web of Science. Los resultados obtenidos permiten establecer la evolución temporal de las publicaciones identificadas desde el año 2009 hasta el mes de octubre del 2020. También se identificaron el tipo de documentos, revistas y su clasificación según el SCImago Journal & Country Rank y el Journal Citation Report, países de publicación, eventos académicos, principales autores y citas realizadas. Los indicadores bibliométricos registrados han permitido evidenciar los esfuerzos para fortalecer la educación científica y tecnológica en Latinoamérica; sin embargo, así mismo se evoca la necesidad de fomentar la producción de documentos especializados en estas áreas puesto que, al compararla con otros países, aún es reducida.

Palabras clave: STEM; educación; América Latina; bibliometría.

ABSTRACT

This study aimed to identify the progress of scientific production on education in science, technology, engineering and mathematics in Latin America. For this, a bibliometric analysis applied to the metadata of Scopus and Web of Science (WoS) publications was carried out. The results obtained allow to establish the temporal evolution of the publications identified from 2009 to October 2020. The type of documents, journals and their classification according to SCImago Journal & Country Rank (SJR) and Journal Citation Report were also identified. (JCR), countries of publication, academic events, main authors and citations made. The bibliometric indicators identified have made it possible to demonstrate efforts to strengthen science and technology education in Latin America; However, the need to promote the production of specialized documents in these areas is also evoked, since when compared with other countries, it is still limited.

Keywords: STEM; Education; Latin America; Bibliometrics.

INTRODUCCIÓN

La educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM por sus siglas en inglés; en algunos casos también llamada STEAM con la “A” de artes) ha evolucionado para simbolizar la renovación científica en la educación (Juškevičienė et al., 2020). La idea de este tipo de educación se originó en Estados Unidos como consecuencia de las tensiones generadas luego del lanzamiento del Sputnik por parte de la Unión Soviética, razón por la cual, en la década de los años sesenta, ocurrió un replanteamiento de la formación científica y tecnológica que fue adquiriendo gran relevancia hasta la actualidad. En este sentido, la educación STEM puede considerarse como un movimiento educativo que posee un trasfondo político debido a desafíos globales como la economía, el cambio climático y la producción energética. Autores como Santillán et al. (2019) señalan que es un enfoque pedagógico que busca desarrollar competencias digitales y conocimiento a través de disciplinas que aportan nuevos elementos, escenarios, recursos y capital humano, destinado a afrontar los problemas del contexto real.

La educación STEM puede ser considerada incluso como una meta disciplina porque asocia aplicaciones en varias disciplinas, para crear conocimiento en su conjunto (Johnson, 2012). Sin embargo, el objetivo de las STEM, más que enseñar contenidos, es propender a la aplicación del conocimiento (Jolly, 2014). En consecuencia, diversas investigaciones educativas han centrado su atención en robótica educativa (Arís y Orcos, 2019; Casado y Checa, 2020; Jurado et al., 2020), inteligencia artificial (How y Hung, 2019), programación (De Oliveira et al., 2016), uso de herramientas tecnológicas (Jesus et al., 2020) y proyectos en ciencias. En general, las metodologías de educación STEM se relacionan con el

aprendizaje cooperativo, el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje basado en problemas (Domingo y Marqués, 2013).

Educación STEM en Latinoamérica

Evidentemente, el fomento de la educación STEM en América Latina ha sido influenciado por tendencias norteamericanas y por distintas posturas que ha tomado la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco). De igual manera, la circulación de documentos, miradas y posiciones provenientes de Corea del sur, Europa y Canadá (Tovar, 2019) ha permitido aunar esfuerzos para mejorar la formación del capital humano en busca del crecimiento económico. Desde este punto de vista, se ha repensado en una educación científico-humanista (Castro e Iturbe, 2020), de forma que han tomado gran relevancia el fortalecimiento de la investigación y la divulgación científica, así como la apropiación de competencias alineadas con la demanda profesional del mercado.

En consecuencia, con el fin de impulsar la educación STEM en Latinoamérica, se han puesto en marcha algunos programas como *Virtual Educa*, una iniciativa de la Organización de los Estados Americanos (OEA) cuyo objetivo es favorecer la transformación social y el desarrollo sostenible, especialmente de América Latina y el Caribe. Este programa opera gracias a las alianzas de organismos internacionales, agencias de cooperación e instituciones públicas y privadas (*Virtual Educa*, s.f.). También se destaca el trabajo realizado por la fundación alemana Siemens Stiftung, que apoya el programa *Experimento-Red STEAM Latinoamericana*, donde se han asociado pedagogos, profesores, científicos y políticos de educación en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador, Colombia, México y Perú (Siemens Stifun, 2020), permitiendo intercambiar conocimientos y experiencias de prácticas educativas.

Además, es importante destacar el trabajo realizado por el *Programa Pequeños Científicos*, que surgió en el año 1998, en colaboración con el Liceo Francés Louis Pasteur de Bogotá, Colombia, y posteriormente se integró con la Academia Colombiana de Ciencias denominándose STEM-Academia. Actualmente, esta iniciativa es uno de los referentes más importantes en Latinoamérica y ha establecido programas en Panamá, República Dominicana, Argentina, Brasil, Uruguay, México, Francia, Canadá, Estados Unidos, Alemania, Chile, Perú y Bolivia (STEM-Academia, s.f.). En general, las estrategias y los proyectos que han surgido en la región plantean una mejor educación técnico-científica, consecuente con las dinámicas de la globalización, pero aún es evidente la necesidad de establecer políticas gubernamentales de amplia acogida.

En cuanto a producción científica sobre educación STEM, se han reportado diversas investigaciones. Entre ellas se destacan la implementación de modelos de recursos adaptables para promover la enseñanza de robótica (Almeida y De Magalhaes, 2019), estrategias didácticas para la enseñanza de nanotecnología (Fonseca et al., 2018), cursos de física y matemática aplicada (Fiuza et al., 2019), implementación de tecnologías de la información y la comunicación para beneficiar la agricultura (Núñez et al., 2020) y estudios comparativos sobre las dimensiones de pensamiento crítico, resolución de problemas, comunicación y creatividad e investigación (Vega et al., 2019).

Como se anotó, a pesar de los esfuerzos latinoamericanos por promover la educación STEM, aún es necesario fortalecer las estrategias, los programas y las políticas para la formación científica y tecnológica puesto que de esta manera se tendrá mayor posibilidad de competitividad frente a los países desarrollados y se garantizará una transformación ideal a los niveles social, económico y ambiental, ya sea a mediano o a largo plazo (Mori, 2020). Una

primera fase para fomentar iniciativas en la educación STEAM es diagnosticar la producción académica que se ha generado en la región, teniendo en cuenta que se pueden evidenciar tendencias y oportunidades tanto para los Gobiernos como para las instituciones educativas.

Estudios bibliométricos y STEM

Debido a la amplia circulación del conocimiento en el mundo, se han originado distintos métodos aplicados para el estudio de la literatura científica. Tal es el caso de la bibliometría, la cual se encarga de analizar cuantitativamente la producción científica y permite evaluar los resultados de la actividad científica (Coto, 2020), sus tendencias, regularidades, países e instituciones contribuyentes a los temas tratados (Gregorio-Chaviano et al., 2020).

La principal fuente de información de los estudios bibliométricos son las bases de datos especializadas en áreas científicas. Sin embargo, la validez de estos análisis depende de los criterios de selección, sesgos geográficos y lingüísticos, entre otros aspectos que deben considerarse antes de realizar la evaluación (Bordons y Zulueta, 1999). A continuación, se mencionan algunos estudios bibliométricos enfocados a educación STEAM-STEM que anteceden este artículo.

Autores como Ferrada et al. (2019) realizaron un análisis bibliométrico en el que identificaron 65 producciones científicas de educación STEM en la base de datos Scopus entre los años 2010 y 2018. Por otro lado, Hinojo-Lucena et al. (2020) examinaron la trayectoria y trascendencia del concepto “STEM” en 4.390 publicaciones de Web of Science (WoS), y Ha et al. (2020) evaluaron los resultados científicos de la educación STEM en la región de la Asociación de las Naciones del Sudeste Asiático (ASEAN), lo que resultó en la identificación de 175 publicaciones de Scopus realizadas entre los años 2000 y 2019. Asimismo, Özkaya (2019)

analizó 2.313 documentos publicados en WoS entre los años 1992 y 2017 y que respondieron al término de búsqueda "Education STEAM". Por último, Uguz et al. (2017) estudiaron 2.584 artículos científicos de la base de datos WoS con la palabra clave "STEM" publicados entre 1990 y 2017. En este último caso se empleó HAMMER, un servidor de análisis basado en web que facilitó la obtención de resultados.

Objetivo del estudio

Puesto que los estudios previos sobre bibliometría de educación STEM no han centrado su atención en la generación de conocimiento latinoamericano, esta investigación se propuso como objetivo analizar el progreso de la producción de este conocimiento en dicha región, analizando las publicaciones realizadas en las bases de datos Scopus y WoS hasta el año 2020. En general, se pretende dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿cómo ha evolucionado la producción científica sobre educación STEM en Latinoamérica?, ¿cuál es su estado respecto a otras regiones del mundo?, ¿qué tipo de documentos y eventos han permitido la construcción y divulgación académica sobre STEM?, y ¿qué desafíos se evidencian para futuras investigaciones?.

En consecuencia, este artículo proporciona información útil para las instituciones de investigación de Latinoamérica, con el fin de asumir una mayor responsabilidad en cuanto a los programas STEM que se adelanten (Webb y LoFaro, 2020), así como para afrontar los retos que surgen desde contextos institucionales, nacionales e internacionales y que abarcan aspectos como la financiación o la formación de maestros estudiantes y comunidad en general (Fan y Yu, 2017). Sumado a esto, es relevante considerar que el análisis bibliométrico es un campo de investigación atractivo para la

comunidad científica y permite la identificación, la clasificación y el análisis de bibliografía, lo que da lugar a generar resúmenes de los resultados más destacados (Merigó y Yang, 2017) y a trazar panoramas amplios de la producción académica en una determinada temática (para este caso, la producción de conocimiento sobre educación STEAM).

METODOLOGÍA

La investigación realizada es un análisis descriptivo de la acogida en Latinoamérica de las estrategias STEAM-STEM⁵ en los objetos de estudio y discursos materializados en producción académica visible en WoS y Scopus. Para dicho fin se emplearon técnicas bibliométricas, es decir, procesos cuantitativos aplicados a los metadatos de los documentos científicos, con los que establecen indicadores que permiten determinar tendencias latentes en el objeto investigado (Cadavid et al., 2012; Puebla-Martínez et al., 2018).

Para la recolección de los datos y la configuración del *corpus* documental analizado, se utilizó la siguiente ecuación de búsqueda para Scopus:

```
TITLE ( "Steam" OR "Stem" AND NOT "Stem cell" AND NOT "Stem-C" ) AND ( LIMIT-TO ( AFFILCOUNTRY , "Brazil" ) OR LIMIT-TO ( AFFILCOUNTRY , "Mexico" ) OR LIMIT-TO ( AFFILCOUNTRY , "Chile" ) OR LIMIT-TO ( AFFILCOUNTRY , "Colombia" ) OR LIMIT-TO ( AFFILCOUNTRY , "Argentina" ) OR LIMIT-TO ( AFFILCOUNTRY , "Puerto Rico" ) OR LIMIT-TO ( AFFILCOUNTRY , "Peru" ) OR LIMIT-TO ( AFFILCOUNTRY , "Cuba" ) OR LIMIT-TO ( AFFILCOUNTRY , "Ecuador" ) OR LIMIT-TO ( AFFILCOUNTRY , "Costa Rica" ) OR LIMIT-TO ( AFFILCOUNTRY , "Panama" ) OR LIMIT-TO ( AFFILCOUNTRY , "Uruguay" ) OR LIMIT-TO ( AFFILCOUNTRY , "Venezuela" )
```

⁵ Este artículo es producto del proyecto de investigación titulado: El cuidado de lo otro desde los modelos alternativos de desarrollo fundamentados en el "buen vivir" y el "vivir bien" con SGI 3049

)) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "SOC")) AND (EXCLUDE (PUBYEAR , 2021)) AND (EXCLUDE (DOCTYPE , "ch") OR EXCLUDE (DOCTYPE , "re") OR EXCLUDE (DOCTYPE , "ed")).

En WoS se hizo uso de la ecuación:

TÍTULO: ("Steam" OR "Stem" NOT "Stem cell*" NOT "Stem-C")

Refinado por: [excluyendo] AÑOS DE PUBLICACIÓN: (2021) AND CATEGORÍAS DE WEB OF SCIENCE: (EDUCATION SCIENTIFIC DISCIPLINES OR EDUCATION EDUCATIONAL RESEARCH OR PSYCHOLOGY EDUCATIONAL) AND PAÍSES/REGIONES: (BRAZIL OR CHILE OR ARGENTINA OR COSTA RICA OR MEXICO OR PERU OR COLOMBIA)

Período de tiempo: Todos los años. Índices: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, ESCI.

Debido a que *stem* es el término en inglés para tallo o raíz y *stem cell* hace referencia a células madre, la ecuación de búsqueda excluyó los artículos relacionados con estos descriptores. De igual manera, solo fueron seleccionados los documentos con autoría latinoamericana, categorizados en ciencias sociales en Scopus y en educación en WoS y de tipo *article* o

conference paper. Asimismo, teniendo en cuenta que la pretensión del estudio es determinar la emergencia y evolución de la producción científica en STEM, en el intervalo de tiempo no se estableció un año inicial, aunque sí se tomó una cota superior, correspondiente a octubre del 2020. A partir de esta búsqueda, se obtuvieron 106 documentos (77 en Scopus y 29 en WoS), y por medio del software VantagePoint⁶ se fusionaron los textos duplicados. De esta manera se obtuvieron las 72 referencias que constituyeron el *corpus* documental y sobre las cuales se realizaron los procesos estadísticos.

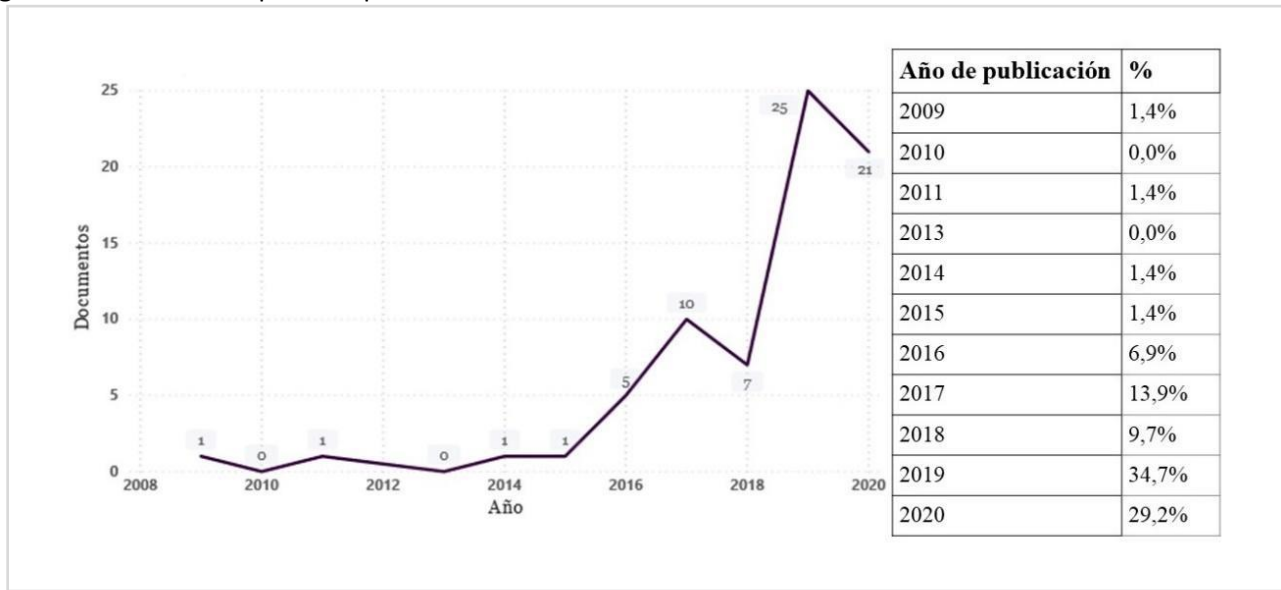
RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis de los 72 documentos. Este se realizó a través de indicadores como la productividad científica (figuras 1 y 2), la circulación y dispersión (tabla 1) y la colaboración (figuras 4 y 5, y tablas 3 y 4).

Distribución temporal

La distribución temporal hace parte del indicador de productividad científica y representa el número de artículos producidos en un periodo de tiempo (2009-octubre 2020).

Figura 1. Evolución temporal de producción científica sobre educación STEM en Latinoamérica.



Fuente: elaboración propia, según datos de Scopus y WoS.

La figura 1 muestra la distribución temporal de 72 documentos. El primer artículo que se encuentra es del 2009, y los resultados revelaron un periodo de crecimiento durante los últimos cinco años. Así, si bien solo hubo cuatro publicaciones relacionadas con educación STEM antes de 2016, es decir, el 5,6 %, después de este año el número acumulado de artículos aumentó significativamente a 68, lo que representa una tasa de crecimiento del 425 %.

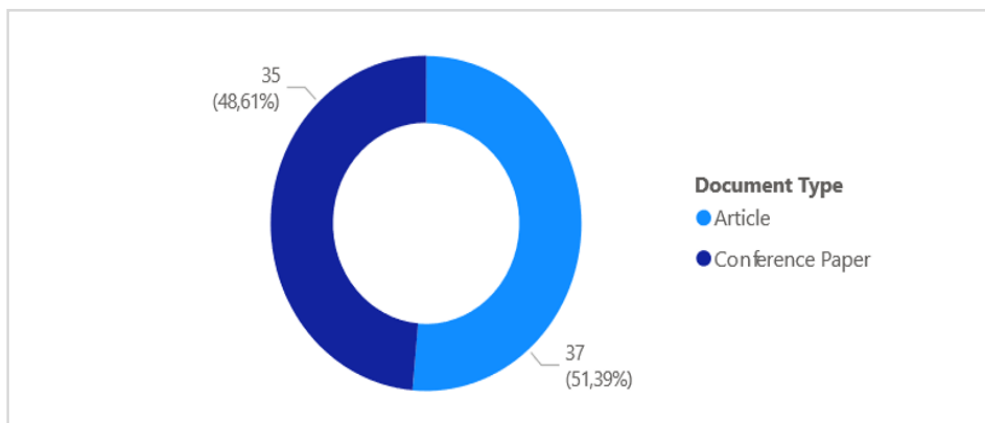
A pesar de que el aumento de documentos en último quinquenio se debe principalmente a un creciente interés por la educación STEM

(Ferrada et al., 2019), también es significativo observar que tanto el número de investigadores a nivel mundial como WoS y Scopus han experimentado una expansión durante los últimos años, lo que sin duda ha influido en el aumento del número de publicaciones en todas las temáticas (Gil-Doménech et al., 2020).

Tipo de documento

Otro de los indicadores usados en esta investigación es la tipología de los documentos. Para este caso se tomaron únicamente dos categorías: los artículos (empíricos, reflexión y revisión) y eventos científicos. En la figura 2 se relaciona el porcentaje de los documentos sobre educación STEM de Latinoamérica.

Figura 2. Tipo de documentos sobre educación STEM en Latinoamérica.



Fuente: elaboración propia, según datos del SCImago Journal & Country Rank (SJR) y el Journal Citation Report (JCR).

Como se puede observar, el 48,61 % de los documentos fueron publicados en congresos, eventos o encuentros académicos, mientras que el 51,39 % corresponden a revistas científicas. Ahora bien, con el fin de evitar la duplicidad de los documentos que se encontraron en congresos y los que fueron publicados en revistas de investigación, se realizó una revisión de títulos. Así se pudo

comprobar que ningún estudio presentó este fenómeno de duplicidad.

Concentración en revistas

La concentración en revistas hace parte del indicador de circulación y dispersión, en donde se analizan la categorización y las características de las revistas en las que se publicaron los documentos identificados.

Tabla 1. Revistas de publicación.

N.º de docs.	Nombre de la publicación	Institución	País	Q	h
3	<i>Journal of Education for Teaching</i>	Routledge	Reino Unido	Q1	34
2	<i>Cultural Studies of Science Education</i>	Springer Netherlands	Países Bajos	Q1	25
2	<i>International Journal of Engineering Education</i>	Tempus Publications	Irlanda	Q1	47
1	<i>Assessment and Evaluation in Higher Education</i>	Taylor and Francis Ltd.	Reino Unido	Q1	76
1	<i>Cadernos de Pesquisa</i>	Fundacao Carlos Chagas	Brasil	Q1	14
1	<i>Computers and Education</i>	Elsevier Ltd.	Reino Unido	Q1	164
1	<i>Higher Education</i>	Springer Netherlands	Países Bajos	Q1	91
1	<i>Research In Science Education</i>	Springer Netherlands	Países Bajos	Q1	50
1	<i>Science and Education</i>	Springer Netherlands	Países Bajos	Q1	42
2	<i>Utopía y Praxis Latinoamericana</i>	Universidad del Zulia	Venezuela	Q2	8

1	<i>Education Economics</i>	Routledge	Reino Unido	Q2	33
1	<i>Education Policy Analysis Archives</i>	Arizona State University	Estados Unidos	Q2	44
1	<i>International Journal of Emerging Technologies in Learning</i>	Kassel University Press	Alemania	Q2	19
1	<i>Journal of New Approaches in Educational Research</i>	University of Alicante	España	Q2	6
1	<i>Physics Education</i>	IOP Publishing Ltd.	Reino Unido	Q2	27
1	<i>Sustainability (Switzerland)</i>	MDPI AG	Suiza	Q2	68
1	<i>Cogent Education</i>	Taylor and Francis Ltd.	Reino Unido	Q3	11
1	<i>Curriculo sem Fronteiras</i>	Edicoes Pedago	Portugal	Q3	6
1	<i>Journal of World Intellectual Property</i>	John Wiley and Sons Ltd	Reino Unido	Q3	6
2	<i>Acta Scientiae</i>	Lutheran University of Brazil	Brasil	Q4	1
1	<i>Higher Learning Research Communications</i>	Laureate Education, Inc.	Estados Unidos	Q4	2
1	<i>Psychology and Education</i>	Psychology and Education	Estados Unidos	Q4	10
1	<i>RED (Revista de Educación a Distancia)</i>	Universidad de Murcia	España		
1	<i>Revista Científica</i>	Universidad Distrital	Colombia		
1	<i>Revista Mexicana de Física E</i>	Sociedad Mexicana de Física	México		
1	<i>RIE (Revista de Investigación Educativa)</i>	Universidad de Murcia	España		
1	<i>Educacao</i>	Universidade Guarulhos	Brasil		
1	<i>Education in the Knowledge Society</i>	Ediciones Universidad de Salamanca	España		
1	<i>Innovación Educativa</i>	Universidade de Santiago de Compostela	España		
1	<i>Interaction Design and Architectures</i>	Scuola IaD	Italia		

Fuente: elaboración propia, según datos del SJR y del JCR, consultados en noviembre del 2020.

La tabla 1 presenta algunos detalles bibliométricos de las 30 revistas en las que fueron publicados los artículos relacionados con educación STEM. La revista con mayor cantidad

de publicaciones es la *Journal of Education for Teaching*, con tres documentos, mientras que en las revistas *Cultural Studies of Science Education*, *Utopía* y *Praxis Latinoamericana*,

Acta Scientiae e *International Journal of Engineering Education* se publicaron dos artículos en cada una. En 25 revistas se encontró la publicación de un único artículo; dentro de ellas se tienen: *Revista Mexicana de Física E*, *Journal of World Intellectual Property*, *Journal of New Approaches in Educational Research*, *Psychology and Education*, entre otras.

En cuanto a la clasificación de las revistas, se observa que nueve pertenecen a Q1, siete están clasificadas en Q2; tres, en Q3, y tres, en Q4. A estas se suman ocho revistas encontradas en Emerging Sources Citation Index que aún no cuentan con clasificación en cuartil. En lo que se refiere a las revistas con mayor índice h, en primer lugar, se ubica *Computers and Education*

(h=164); en segundo lugar, *Higher Education* (h=91), y en tercer lugar, *Assessment and Evaluation in Higher Education* (h=76). *Computers and Education*, en particular, es una publicación que tiene como objetivo aumentar el conocimiento y la comprensión de las formas en que la tecnología digital puede mejorar la educación. Finalmente, con relación al país de edición, se obtuvo que únicamente 1,7 % pertenecen a Latinoamérica.

Eventos académicos

En la tabla 2 se presenta el listado de eventos académicos en los que se han divulgado documentos que responden a los criterios de búsqueda de la investigación.

Tabla 2. Eventos científicos sobre educación STEM.

N.º de docs.	Evento
6	Proceedings – Frontiers in Education Conference (FIE)
5	IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)
3	2019 9. th IEEE Integrated STEM Education Conference, ISEC 2019
3	Proceedings – 14. th Latin American Conference on Learning Technologies, LACLO 2019
3	Research in Engineering Education Symposium (REES) 2017
3	IEEE Integrated STEM Education Conference
2	SHIRCON 2019 – 2019 IEEE Sciences and Humanities International Research Conference
1	Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology
1	2020 IEEE European Technology and Engineering Management Summit, E-TEMS 2020
1	Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, ITICSE
1	EDUNINE 2020 – 4. th IEEE World Engineering Education Conference: The Challenges of Education in Engineering, Computing and Technology without Exclusions: Innovation in the Era of the Industrial Revolution 4.0, Proceedings
1	International Symposium on Project Approaches in Engineering Education
1	Latin American Robotics Symposium

1	Technologies Applied to Electronics Teaching Conference (TAEE) 2020
1	International Conference on Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age (CELDA) 2018
1	ITiCSE Working Group Reports, ITiCSE 2016
1	SIGGRAPH Asia 2017 Symposium on Education, SA 2017
1	EDMA 0-6-Educación Matemática en la Infancia

Fuente: elaboración propia, según datos de Scopus y WoS.

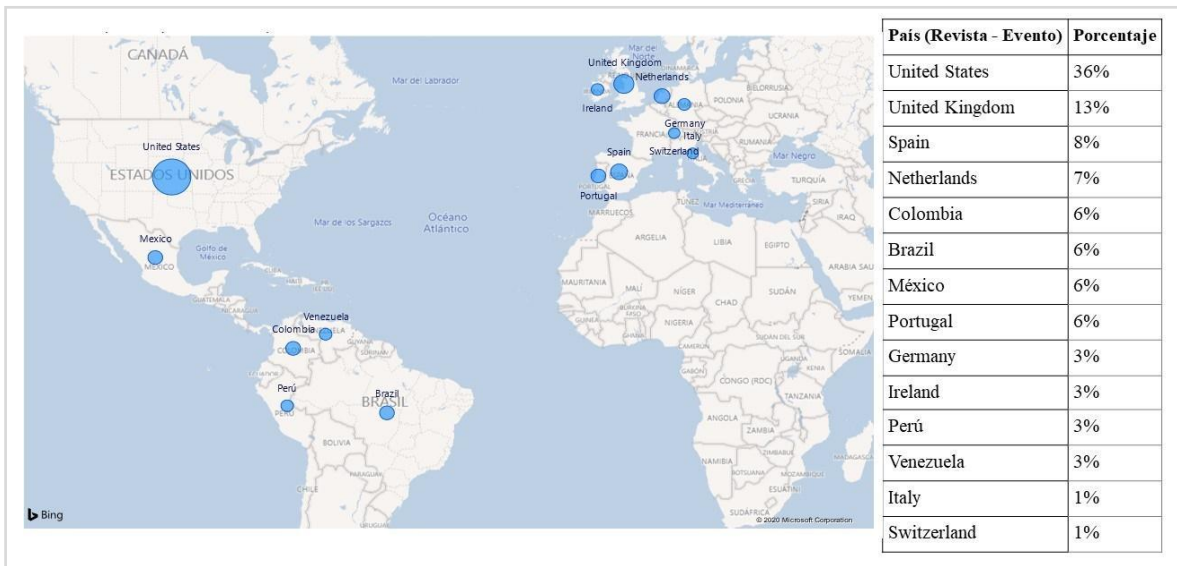
Como se evidencia, el 48,61 % de los documentos se han divulgado en congresos o eventos de carácter científico. Dentro de ellos se encuentran 18 encuentros, y el de mayor número de experiencias en educación STEM es el Proceedings – Frontiers in Education Conference, con seis publicaciones que abordan investigaciones e innovaciones sobre educación en ingeniería e informática. El segundo espacio

con mayor cantidad de documentos es el IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), con cinco publicaciones en torno a estas áreas.

Países de publicación

La figura 3 identifica los lugares de procedencia de las revistas y eventos que han fomentado la producción de conocimiento especializado en educación STEM.

Figura 3. Países de publicación.



Fuente: elaboración propia, según datos de Scopus y WoS.

Autorías y coautorías

Otro tema relevante en los análisis bibliométricos es determinar los autores más influyentes en el campo. La tabla 3 muestra los principales autores y coautores de las publicaciones analizadas, relacionando la cantidad de publicaciones en las que aparecen.

Tabla 3. Autores y coautores de las publicaciones.

Autores	Documentos
Fernández-Cárdenas, J. M.	3
Aizman, A.	2
Alarcón, H.	2

Bautista-Montesano, R.	2
Bernold, L. E.	2
Díaz, B.	2
Gonzales-Macavilca, M.	2
Iraola-Real, I.	2
Morales, S. G. S.	2
Peixoto, A.	2
Tintaya, R. D. T.	2
Vega, F. M. T.	2

Fuente: elaboración propia, según datos de Scopus y WoS.

El estudio realizado en Scopus y WoS permite identificar que existen 305 autores diferentes que responden a los criterios de búsqueda. El autor con mayor cantidad de documentos reporta una frecuencia de tres y es Juan Manuel Fernández Cárdenas, quien ha dirigido sus investigaciones a la innovación y evaluación educativa en entornos mediados por las TIC. Por otra parte, once de los autores registran una frecuencia de dos artículos cada uno; dentro de ellos se encuentran: Rolando Bautista-Montesano, Iván Iraola-Real y Hugo Alarcón.

Firmas por documento

En la tabla 4 se presentan las firmas por publicación, es decir, el número de autores en cada uno de los documentos. El análisis de estos datos permite determinar el índice de colaboración con la razón $P(x)$ entre la frecuencia absoluta de la variable *firm* y el total de documentos (72), y la sumatoria $\sum x \cdot p(x)$. Para establecer la dispersión de los datos se calculó la desviación estándar, definida por la raíz cuadrada de la sumatoria $\sum P(x-u)^2 \cdot p(x)$.

Tabla 4. Número de firmas por documento.

Firmas (x)	Documentos	P(x)	$\sum x \cdot p(x)$	$\sum P(x-u)^2 \cdot p(x)$
------------	------------	------	---------------------	----------------------------

1	4	0,06	0,06	0,64
2	12	0,17	0,33	0,95
3	15	0,21	0,63	0,40
4	12	0,17	0,67	0,03
5	15	0,21	1,04	0,08
6	4	0,06	0,33	0,14
7	2	0,03	0,19	0,19
8	3	0,04	0,33	0,54
9	2	0,03	0,25	0,59
10	0	0,00	0,00	0,00
11	0	0,00	0,00	0,00
12	1	0,01	0,17	0,80
13	1	0,01	0,18	1,03
14	0	0,00	0,00	0,00
15	1	0,01	0,21	1,56
		1,00	4,39	6,96

Fuente: elaboración propia, según datos de Scopus y WoS.

El estudio arroja una alta colaboración en la autoría de $4,39 \pm 2,63$ (índice de colaboración \pm desviación estándar). Es decir, en promedio cada artículo tiene 4,39 autores, y hay una concentración de publicaciones entre 1,76 y 7,02 firmas. Puesto que esta última variable es discreta, se puede afirmar que la agrupación se encuentra en el intervalo de dos a siete autores. Además, se encuentra que en el 94,4 % de los artículos hay como mínimo dos autores.

Documentos por país de afiliación

En la figura 4 se presenta la concentración de autores en cada uno de los países, de acuerdo con su afiliación institucional.

Figura 4. Documentos por país de afiliación.



Fuente: elaboración propia, según datos de Scopus y WoS.

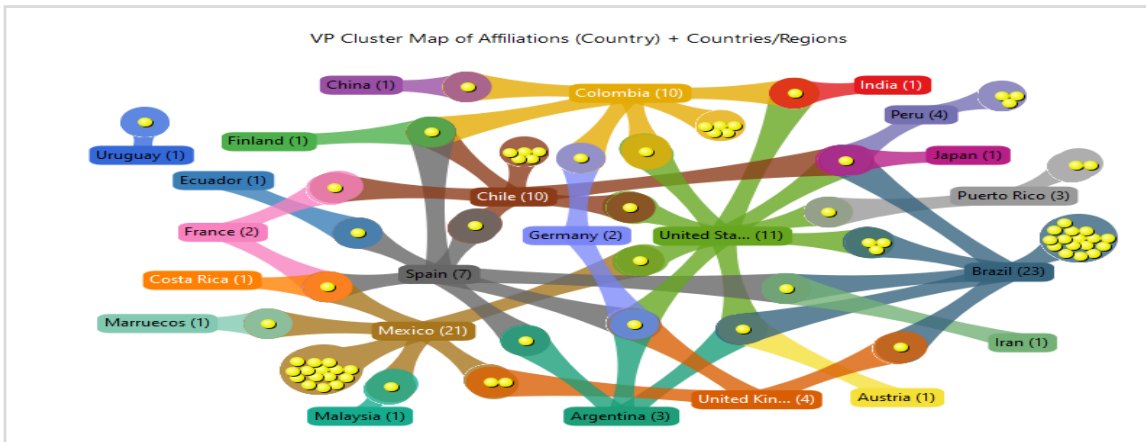
países como China, India, España, Finlandia, Estados Unidos, Alemania, entre otros.

Como se puede observar, para la región latinoamericana se evidencia una alta concentración de autorías en Brasil, México y Colombia. En este último caso, las líneas de la figura indican la colaboración con autores de

Índice de colaboración por países

En la figura 5 se evidencian los índices de colaboración por cada país, lo cual permite identificar la producción científica realizada en coautoría internacional.

Figura 5. Índice de colaboración por países.



Fuente: elaboración propia, según datos de Scopus y WoS.

Se identificaron 23 países, entre los cuales se destaca México por poseer mayor tasa de colaboración nacional, seguido de Brasil, Chile y Colombia. De igual manera, es posible reconocer que la producción científica latinoamericana ha realizado colaboraciones con países como China, Finlandia, India, Japón, Australia, Irán, Malasia, Marruecos, Estados Unidos, Francia, España, Alemania y Reino Unido, y el 33,3 % de los documentos contienen

al menos un coautor internacional. Por otra parte, Uruguay no presenta colaboración externa.

Autores citados

En la tabla 5 se relaciona el número de publicaciones y citas de los 20 autores más productivos en el campo de la educación STEM.

Tabla 5. Citación de autores.

Autores	Documentos	Citas	%
Mark Sanders	8	9	11,1 %
David Beede	7	8	9,7 %
Jonathan M. Breiner	7	9	9,7 %
Rodger W. Bybee	7	14	9,7 %
Richard M. Felder	6	9	8,3 %
David Langdon	5	5	6,9 %
Unesco	5	7	6,9 %
John Dewey	4	6	5,6 %
Mark Doms	4	4	5,6 %
Juan Manuel Fernández-Cárdenas	4	10	5,6 %
Paulo Freire	4	11	5,6 %
Todd R. Kelley	4	6	5,6 %
Beethika Khan	4	4	5,6 %
Catherine M. Koehler	4	4	5,6 %
Jeffrey J. Kuenzi	4	6	5,6 %
George McKittrick	4	4	5,6 %
Lennart Nacke	4	4	5,6 %
National Science Board	4	6	5,6 %
Greg Pearson	4	4	5,6 %
Etienne Wenger-Trayner	4	6	5,6 %

Fuente: elaboración propia, según datos del SJR y JCR.

Dentro de los autores más citados se encuentra en primer lugar Mark Sanders, con nueve citas en ocho documentos, seguido por David Beede con ocho citas en siete documentos y Rodger W. Bybee, con 14 citas en siete documentos. En cuanto a referentes latinoamericanos, se destacan autores como Paulo Freire de Brasil y Juan Manuel Fernández Cárdenas de México, dejando en evidencia una contribución y construcción teórica desde corrientes latinoamericanas en la educación STEM. Sin embargo, los autores más citados y la mayor cantidad de colaboraciones provienen de Estados Unidos (lugar de emergencia de la formación STEM), España y Reino Unido.

DISCUSIÓN

Los indicadores bibliométricos descritos permiten evidenciar un privilegio del campo por la circulación del conocimiento en eventos científicos, donde se hacen relevantes el análisis, la discusión y la divulgación de los conocimientos, las estrategias y las experiencias en educación STEM, con la participación de expertos y comunidad académica. Esta tendencia pone de manifiesto un interés por “la disposición de esta información científica en un escenario y lenguaje común para la sociedad” (Colmenares, 2017, p. 1), permitiendo también que los actores del campo educativo, directivos y docentes, apropien las prácticas y los conocimientos de la educación STEM. Si bien el acceso abierto en las revistas académicas se piensa en la misma función, los eventos científicos son el escenario predilecto para circular y generar inquietud sobre discursos de estas tendencias emergentes.

Uno de los indicadores analizados fue la productividad científica. En esa medida, se evidencia que el primer artículo registrado en la búsqueda es del 2009, probablemente como resultado de los esfuerzos realizados en el 2008 por impulsar la educación STEM en el currículo K-12. Este interés obedece a distintas razones: primero, la escasez de trabajadores calificados

en los campos STEM, sobre todo en Estados Unidos; segundo, la falta de interés de los estudiantes por seguir carreras afines a estas áreas al terminar su ciclo escolar, y por último, la falta de capacitación a los profesores de K-12 para integrar temas STEM dentro de sus aulas, y más aún en el currículo (National Science Board [NSB], 2008; Rockland et al., 2010). De hecho, a pesar de que ha pasado casi una década desde que se identificaron estas problemáticas, aún se siguen presentando, tal como lo expone un estudio reciente denominado *Especial Alert STEM Education* (IBE), realizado por la Unesco (2016), en donde se abre el debate sobre la disminución constante de los jóvenes dedicados a la ciencia y la ingeniería. De acuerdo con Salas y Espitia (2016), este fenómeno se debe a la “dificultad que sienten los estudiantes para enfrentarse a las matemáticas y las tecnologías” (p. 5).

Por otra parte, se evidencia un aumento en la producción científica a partir del 2016. Estos resultados son consistentes con otras observaciones previas, según las cuales el concepto de STEM ha ganado cada vez más atención a nivel mundial y se ha convertido en un área de investigación superior en la educación (Özkaya, 2019; Yu et al., 2016). El incremento de artículos en este campo al parecer responde a diferentes iniciativas que se impulsaron en las proximidades de este año, como lo es el Programa Marco 2014-2020, de la Comisión Europea, donde se dispuso de 13 millones de euros para apoyar iniciativas que se enfocaran en “aumentar el atractivo de la educación científica y las carreras científicas e impulsar el interés de los jóvenes en STEM” (European Commission, 2015). Sumado a ello, en el Foro Económico Mundial (WEF, 2016) se enfatizó en la formación de profesionales para responder a las exigencias de la Cuarta Revolución Industrial, teniendo en cuenta los retos y las predicciones en cuanto a la globalización, automatización y generación de nuevos empleos a nivel mundial.

Estados Unidos es el país con mayor cantidad de publicaciones sobre educación STEM, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Ferrada et al. (2019). En consecuencia, las discusiones generadas en otros países, por ejemplo, en Latinoamérica, se realizan teniendo en cuenta los avances estadounidenses puesto que en este país las políticas y estrategias de competitividad en ciencia y tecnología tienen como pilar la educación STEM (White, 2014). Otros países referentes sobre este tipo de estudios son Inglaterra, Australia, España, Canadá y Alemania, según un estudio bibliométrico en la base de datos WoS realizado por Hinojo-Lucena et al. (2020).

De otro lado, si bien hay una dispersión evidente en la autoría, se reconoce que la investigación en el área poco a poco se va afianzando con autores como Juan Manuel Fernández Cárdenas, del Tecnológico de Monterrey, quien ha realizado estudios de la educación STEM en escenarios o población vulnerable, además de análisis que buscan un cambio en las prácticas de enseñanza en docentes de las instituciones públicas mexicanas (Ching-Chiang y Fernández-Cárdenas, 2020; Fernández-Limón et al., 2018; Montgomery y Fernández-Cárdenas, 2018). Ahora bien, según Tovar (2019), la producción académica sobre STEM en Sudamérica es incipiente puesto que los estudios son de carácter exploratorio y generalmente las propuestas se aplican a poblaciones reducidas. En este sentido, se destacan avances en países como Argentina, donde se han promovido la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas a través de becas doctorales en campos estratégicos y políticas encaminadas en estas disciplinas. Por otra parte, en Chile la educación STEAM cuenta con un apartado específico dentro del currículo nacional, lo cual ha permitido que docentes y estudiantes aborden estrategias educativas desde la indagación y el aprendizaje basado en proyectos.

Sin embargo, según esta investigación los países latinoamericanos pioneros en productividad académica sobre educación STEM son: Colombia, Brasil, México, Perú y Venezuela. En el caso del primero, se ha señalado que es el principal país de la región en cuanto a innovación y producción STEM (Celis y González, 2021; Ferrada et al., 2019), probablemente debido a la inversión e impacto del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y el Ministerio de Educación, los cuales han impulsado la investigación y la formación de docentes y estudiantes en estas áreas. Además, ha contado con el apoyo y la consultoría de entes gubernamentales, lo cual ha influenciado las prácticas micro curriculares del país (Tovar, 2019).

Para el caso de Brasil, la educación STEM se ha abordado a través de programas educativos de organizaciones no gubernamentales, empresas educativas y escuelas privadas, aspectos que, en últimas, son reiterados en los demás países de Latinoamérica (Confederação Nacional da Indústria [CNI], 2021). Por su parte, México ha priorizado cuatro ejes estratégicos: incrementar el gasto en ciencia y tecnología, impulsar investigaciones sobre educación STEM, promover la formación docente, vincular los sectores empresarial, industrial, museológico y escolar y, por último, monitorear estos procesos en el país (Gras et al., 2021). En Perú se han impulsado propuestas iniciativas como el Observatorio de Iniciativas STEM para Educación Básica y Clubes de Ciencia y Tecnología. Además, desde el Ministerio de Educación de dicho país se han desarrollado cursos virtuales para que los docentes puedan fortalecer sus conocimientos y habilidades en las disciplinas científico-tecnológicas (Vásquez, 2021).

En cuanto a las autorías y coautorías evidenciadas en este estudio bibliométrico, se identificaron doce investigadores

predominantes (ver tabla 3): ocho hombres y cuatro mujeres. Ahora, en cuanto a los documentos citados (ver tabla 5), se evidencia que los autores corresponden principalmente al género masculino, y en una gran minoría al femenino. Estos resultados permiten insistir sobre la brecha de género en cuanto a producción y apropiación de conocimiento STEM. Al respecto, la Unesco (2019) identificó que la proporción de investigadoras sobre estos temas en el año 2016 fue de 48,2 % para Asia central; 45,1 % en Latinoamérica y el Caribe; 41,5 % en los Estados árabes; 39,3 % en Europa central y oriental; 32,7 % en América del Norte y Europa occidental, y 29,3 % para África subsahariana. Aunque las cifras no son tan bajas para la región Latinoamérica y caribeña, algunos países se destacan frente a la brecha de género por investigación, como: Nicaragua, Costa Rica, Colombia, México y Argentina (Arredondo *et al.*, 2019).

Es importante destacar que el índice de colaboración por países es estratégico para fomentar la citación de autores latinos e incursionar en el conocimiento internacional. Aun así, en investigaciones previas como las de Hinojo-Lucena *et al.* (2020), Uguz *et al.* (2017) y Yu *et al.* (2016) no se profundiza en este criterio, pero sí se tiene en cuenta para el estudio realizado por Ha *et al.* (2020), donde analiza el índice de colaboración de los documentos publicados en WoS sobre la educación STEM en la Asociación de Naciones del Sudeste Asiático (ASEAN) entre el año 2000 y el 2019. Los resultados de dicho estudio indicaron que, en su región, Malasia es el país que cuenta con mayor cooperación investigativa con países como Indonesia y Estados Unidos. En el caso de Latinoamérica, los documentos académicos han sido producto de la colaboración internacional de 12 países, donde México, Brasil y Colombia han promovido los mayores índices de colaboración.

CONCLUSIONES

Este estudio bibliométrico indagó por el estado de la educación STEM en Latinoamérica. Entre sus revelaciones cabe destacar que, si bien el primer documento encontrado sobre este tipo de educación data del 2009, la temática tomó fuerza hasta el 2015, cuando se presenta un aumento relativo en el número de artículos. Esto indica que la educación STEM ha ganado una atención creciente en Latinoamérica, aunque no ha sido homogénea en todas las regiones del sur.

Sumado a lo anterior, se encontró que en el momento de publicar sobre educación STEM los autores no tienen preferencia por las revistas científicas, fenómeno que es muy común en otras disciplinas, sino que por el contrario se interesan por la divulgación de sus experiencias en eventos académicos. Así lo refleja el hecho de que aproximadamente la mitad de los documentos analizados en el marco de este estudio fueron publicados en revistas científicas, y el restante fue difundido en eventos académicos.

En Latinoamérica los discursos sobre educación STEM se movilizan principalmente en cuatro países: México, Colombia, Brasil y Chile. En estos lugares se han hecho grandes esfuerzos que se han materializado en programas, establecimiento de políticas públicas, inclusión de nuevas metodologías al currículo y nuevos proyectos editoriales. Por ejemplo, en Colombia se destacan el programa Ondas (2010) y los Clubes de Ciencia (2020); en México, el Movimiento STEAM; en Chile, Competencia STEM – Educando en Red y, por último, STEM Brasil, en dicho país.

El índice de colaboración indica que las investigaciones en educación STEM son realizadas por equipos de investigadores desde diferentes campos, o son proyectos macro con cooperación de diversos autores e instituciones. De igual manera, la cooperación internacional alude a que los investigadores latinoamericanos están en conexión con pares estadounidenses y

Europeos. Por otro lado, el análisis del país como indicador bibliométrico permitió observar que existe una desigualdad en cuanto a la producción científica en educación en STEM en Latinoamérica, ya que los países en donde se destaca una mayor colaboración internacional y concentración de revistas y eventos son Brasil, México y Colombia. Estas disparidades regionales conducen a oportunidades desiguales para los territorios y países en ciencia y tecnología.

En suma, los estudios bibliométricos permiten obtener un panorama general de la producción académica de un área o tema determinado, aunque no se deben ignorar varias limitaciones debido a la estrategia de investigación seguida y la clasificación de los documentos. En este sentido, es importante señalar que existen muchas otras bases de datos, repositorios y directorios que podrían haberse utilizado para este estudio, como la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (Redalyc), Dialnet, Latindex, Google Scholar, entre otros. Si bien considerar estas alternativas hubiese permitido tener una noción más amplia de la educación STEM, esta habría estado focalizada en Latinoamérica ya que muchas de ellas son proyectos de esa región, como es el caso de Redalyc. En ese orden de ideas, sería interesante que futuras investigaciones se centraran en realizar análisis de lo que se encuentra en estas bases de datos latinoamericanas.

DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores manifiestan que durante la ejecución del trabajo o la redacción del artículo no han incidido intereses personales o ajenos a su voluntad, incluyendo malas conductas y valores distintos a los que usual y éticamente tiene la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

Almeida, T. y De Magalhaes, J. (2019). Adaptive Educational Resource Model to Promote

Robotic Teaching in STEM Courses. *2019 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1-8. <https://doi.org/10.1109/FIE43999.2019.9028417>

Arís, N. y Orcos, L. (2019). Educational Robotics in the Stage of Secondary Education: Empirical Study on Motivation and STEM Skills. *Education Sciences*, 9(2), 73. <https://doi.org/10.3390/educsci9020073>

Arredondo, F., Vázquez, J. y Velázquez, L. (2019). STEM y Brecha de Género en Latinoamérica. *Revista de El Colegio de San Luis*, 9(18), 137.

Bordons, M. y Zulueta, Á. (1999). Evaluación de la actividad científica a través de indicadores bibliométricos. *Revista Española de Cardiología*, 52(10), 790-800. [https://doi.org/10.1016/S0300-8932\(99\)75008-6](https://doi.org/10.1016/S0300-8932(99)75008-6)

Cadavid, L., Aubad, G. A. y Cardona, C. (2012). Análisis bibliométrico del campo modelado de difusión de innovaciones. *Estudios Gerenciales: Journal of Management and Economics for Iberoamerica*, 28(Extra 0; Edición Especial), 213-236.

Casado, R. y Checa, M. (2020). Robótica y Proyectos STEAM: Desarrollo de la creatividad en las aulas de Educación Primaria. *Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación* (58), 51-59. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.73672>

Castro, A. e Iturbe, C. (2020). ¿Educación STEM o en humanidades? Una reflexión en torno a la formación integral del ciudadano del siglo XXI. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 25(9), 197-208.

Celis, D. y González, R. (2021). Aporte de la metodología Steam en los procesos curriculares. *Revista Boletín Redipe*, 10(8),

279-302.

<https://doi.org/10.36260/rbr.v10i8.1405>

Ching-Chiang, L.-W. C. y Fernández-Cárdenas, J. M. (2020). Analysing Dialogue in STEM Classrooms in Ecuador: A Dual Socioeconomic Context in a High School. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 9(2), 194-215. <https://doi.org/10.7821/naer.2020.7.529>

CNI. (2021). *Educação steam*. https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/50/78/5078a52e-c7f9-4bdb-815f-7282862670ff/educacao_steam.pdf

Colmenares, W. E. (2017). Importancia de la apropiación social y el acceso abierto al conocimiento especializado en ciencias agrarias. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 70(3), 8234-8236.

Coto, M. (2020). Análisis bibliométrico de los proyectos de graduación de ingeniería eléctrica de la Universidad de Costa Rica 1999-2018. *E-Ciencias de La Información*, 10(1). <https://doi.org/10.15517/eci.v10i1.39883>

De Oliveira, L., Bosse, Y. y Gerosa, M. (2016). Visual programming and automatic evaluation of exercises: An experience with a STEM course. *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1-9. <https://doi.org/10.1109/FIE.2016.7757621>

Domingo, M. y Marqués, P. (2013). Práctica docente en aulas 2.0 de centros de educación primaria y secundaria de España. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 0(42), 115-128. <https://doi.org/10.12795/pixelbit>

European Commission. (2015). *Innovative ways to make science education and scientific careers attractive to young people*.

https://cordis.europa.eu/programme/id/H2020_SEAC-1-2015

Fan, S. y Yu, K. (2017). How an integrative STEM curriculum can benefit students in engineering design practices. *International Journal of Technology and Design Education*, 27(1), 107-129. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9328-x>

Fernández-Limón, C., Fernández-Cárdenas, J. M. y 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, C., Díaz-Levicoy, D., Salgado-Orellana, N. y Puraivan, E. (2019). Análisis bibliométrico sobre educación STEM. *Revista Espacios*, 40(8).

Fiuza, K., Espíndola, A., Miotto, F., Poletto, M., Scotti, M., Morelato, T., Severo, T. y Villas-Boas, V. (2019). STEM topics: A course to teach mathematics functions in a contextualized way. *International Symposium on Project Approaches in Engineering Education*, 9, 309-318.

Fonseca, S., González, S., Rodríguez, B., Seda, M., Bobonis, J., Canela, A., Rolón, C., Bosque, J., Méndez, L., Cartagena, A., Fuentes, T., Santiago, N. G. y Nieves, A. (2018). Educational Nanotechnology Video Game to Inspire Middle and High School Students to Pursue STEM Related Professional Careers. *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1345156, 1-5. <https://doi.org/10.1109/FIE.2018.8658469>

Gil-Doménech, D., Berbegal-Mirabent, J. y Merigó, J. (2020). STEM Education: A Bibliometric Overview. En J. Ferrer-Comalat, S. Linares-Mustarós, J. Merigó y J. Kacprzyk

(Eds.), *Modelling and Simulation in Management Sciences* (pp. 193-205). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15413-4_15

Gras, M., Alí, C., y Segura, L. (2021). *Estrategia Educación STEM para México*. <https://movimientostem.org/publicaciones/>

Gregorio-Chaviano, O., Limaymanta, C. y López, E. (2020). Análisis bibliométrico de la producción científica latinoamericana sobre COVID-19. *Biomédica*, 40(Supl. 2), 104-115. <https://doi.org/10.7705/biomedica.5571>

Ha, C., Thao, T., Trung, N., Huong, L., Dinh, N. y Trung, T. (2020). A Bibliometric Review of Research on STEM Education in ASEAN: Science Mapping the Literature in Scopus Database, 2000 to 2019. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(10), em1889. <https://doi.org/10.29333/ejmste/8500>

Hinojo-Lucena F., Dúo-Terrón, P., Ramos, M., Rodríguez-Jiménez, C. y Moreno-Guerrero, A. (2020). Scientific Performance and Mapping of the Term STEM in Education on the Web of Science. *Sustainability*, 12(6), 1-20. <https://doi.org/10.3390/su12062279>

How, M. y Hung, W. (2019). Educing AI-Thinking in Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (STEAM) Education. *Education Sciences*, 9(3), 184. <https://doi.org/10.3390/educsci9030184>

Jesus, M., Estrela, V., Mamani, W., Razmjoo, N., Plaza, P. y Peixoto, A. (2020). Using Transmedia Approaches in STEM. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*, 1013-1016. <https://doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020.9125239>

Johnson, C. (2012). Implementation of STEM education policy: Challenges, progress, and

lessons learned. *School Science and Mathematics*, 112(1), 45-55.

Jolly, A. (2014). STEM vs. STEAM: Do the arts belong? *Education Week*, 2-4.

Jurado, E., Fonseca, D., Coderch, J. y Canaleta, X. (2020). Social STEAM Learning at an Early Age with Robotic Platforms: A Case Study in Four Schools in Spain. *Sensors (Switzerland)*, 20(13), 1-23. <https://doi.org/10.3390/s20133698>

Juškevičienė, A., Dagienė, V. y Dolgopolas, V. (2020). Integrated activities in STEM environment: Methodology and implementation practice. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1), 209-228. <https://doi.org/10.1002/cae.22324>

Merigó, J. y Yang, J. (2017). A bibliometric analysis of operations research and management science. *Omega*, 73, 37-48.

Montgomery, C. y Fernández-Cárdenas, J. M. (2018). Teaching STEM education through dialogue and transformative learning: global significance and local interactions in Mexico and the UK. *Journal of Education for Teaching*, 44(1), 2-13. <https://doi.org/10.1080/02607476.2018.1422606>

Mori, A. (2020). *El reto educativo del siglo XXI: el enfoque STEAM en la Cuarta Revolución*.

NSB. (2008). *Science and engineering indicators 2008*. National Science Foundation.

Núñez, J., Vargas, V. y Quezada, Y. (2020). Implementation of a participatory methodology based on STEAM for the transfer of ICT knowledge and creation of Agtech spaces for the co-design of solutions that contribute to the development of small and medium agricultural producers in Colombia, Panama and China. *IEEE World*

Conference on Engineering Education (EDUNINE), 1-6.
<https://doi.org/10.1109/EDUNINE48860.2020.9149486>

Özkaya, A. (2019). Bibliometric Analysis of the Publications Made in STEM Education Area. *Bartın Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(2), 590-628.
<https://doi.org/10.14686/buefad.450825>

Puebla-Martínez, B., Del Campo Cañizares, E. y Pérez Cuadrado, P. (2018). Análisis bibliométrico de la revista *index.comunicación* (2011-2017). Estrategias de posicionamiento inicial. En R. Repiso, J. Guallar y J. M. de P. Coello (Coords.), *Revistas Científicas de Ciencias de la Información en el Abismo* (pp. 39-64). Ediciones Egregius.

Rockland, R., Bloom, D., Carpinelli, J., Burr-Alexander, L., Hirsch, L. y Kimmel, H. (2010). Advancing the “E” in K-12 STEM Education. *Journal of Technology Studies*, 36(1), 53-64.

Salas, D. y Espitia, L. (2016). Las STEM como estrategia para fortalecer la ciencia y la tecnología. *Ingeniería E Innovación*, 4(1).

Santillán, J., Cadena, V. y Cadena, M. (2019). Educación Steam: entrada a la sociedad del conocimiento. *Ciencia Digital*, 3(3.4.), 212-227.
<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.4..847>

Siemens Stifun. (2020). *Experimento Red STEM Latinoamericana*.

STEM-Academia. (s.f.). *Sobre nosotros*.
<https://www.stem-academia.net/sobre-nosotros>

Tovar, D. (2019). Educación STEM en la Sudamérica hispanohablante. *Latin-American Journal of Physics Education*, 13(3), 1-7.

Unesco. (2016). *IBE, Especial Alert STEM education*.

Uguz, S., Aksoy, B. y Oral, O. (2017). *The Analysis of Conceptual Development of Stem Education by Bibliometry*, 7(5), 118-128.

Vásquez, A. (2021). *La importancia de educar y fomentar el STEAM en la educación*.
<https://www.docenteytic.com/blog/steam/>

Vega, F., Morales, S., Tintaya, R., Gonzales, M. e Iraola, I. (2019). Results between STEM and non-STEM Teaching for Integral Learning in Primary School Children in Lima (Peru). *2019 IEEE Sciences and Humanities International Research Conference (SHIRCON)*, 1-4.
<https://doi.org/10.1109/SHIRCON48091.2019.9024744>

Virtual Educa. (s.f.). *Virtual Educa. Quienes somos*.
<https://virtualeduca.org/quienes-somos>

Webb, D. y LoFaro, K. (2020). Sources of engineering teaching self-efficacy in a STEAM methods course for elementary preservice teachers. *School Science and Mathematics*, 120(4), 209-219.
<https://doi.org/10.1111/ssm.12403>

WEF. (2016). *The Future of Jobs*.
https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf

White, D. W. (2014). What Is STEM Education and Why Is It Important? *Florida Association of Teacher Educators Journal*, 1(14), 1-9.
<http://www.fate1.org/journals/2014/white.pdf>

Yu, Y.-C., Chang, S.-H. y Yu, L.-C. (2016). An academic trend in STEM education from bibliometric and co-citation method. *International Journal of Information and Education Technology*, 6(2), 113.
<https://doi.org/10.7763/IJNET.2016.V6.668>

Anexo: corpus documental

Título	Autores	Año
Understanding the benefits of game jams: Exploring the potential for engaging young learners in STEM	De Paula B.C. Echeveste M.E. Fowler A. Gómez M.J. Pirker J. Pollock I.	2016
Investigating the affordances of a CAD enabled learning environment for promoting integrated STEM learning	Dasgupta C. Magana A.J. Vieira,	2019
Center for resources in general education (CIVIS): Towards student success in general and STEM education	Collins D.L. Cruz J.A. Garriga J.L. MacChiavelli R. O'Neill-Carrillo E.	2009
The role of attitudinal factors in mathematical on-line assessments: a study of undergraduate STEM students	Acosta-Gonzaga, E. Walet N.R. Walet, Niels R	2018
Visual programming and automatic evaluation of exercises: An experience with a STEM course	Bosse Y. De Oliveira Brandão L. Gerosa M.A.	2016
Developing non-formal education competences as a complement of formal education for STEM lecturers	Terrazas-Marín R.A.	2018
Women in STEM: does college boost their performance?	Abadía Alvarado L.K. Bernal Nisperuza, Gloria Lucia Gomez Soler, Silvia C Abadía Alvarado, Luz Karime	2020
Discerning contextual complexities in STEM career pathways: insights from successful Latinas	Claeys L. Flores Bustos B. Gallard Martínez A.J. Milton Brkich K.L. Pitts W. Ramos de Robles S.L. Brkich, Katie L Milton Bustos, Belinda Flores Claeys, Lorena de Robles, Silvia Lizette Ramos Martinez, Alejandro J Gallard Pitts, Wesley	2019
My Teacher is a Hologram: Measuring innovative STEM learning experiences	Paredes S.G. Vazquez N.R.	2019
Autonomous Vehicles and Aerospace Engineering as a STEAM development platform	Bautista-Montesano R. Gomez-Aladro V. Jimenez-Rios D. Lopez-Valdes E.	2019
Educational content development to enhance STEM learning	Cerino-Cordova F.J. Davila-Guzman, Nancy E Maya-Treviño M.L. Sanchez-Vazquez A.I. Tiempos-Flores, Norma de Jesus Cerino-Cordova, Felipe Maya-Trevino, Maria L Sanchez-Vazquez, Astrid I	2019
The social construction of a Teacher Support Team: an experience of university lecturers' professional development in STEM	Castro-Felix, Elvia Daniels H. Daniels, Harry	2018

The Puerto Rico CubeSat project to attract STEM students into the area of aerospace engineering	Darballi-Zamora R. Ortiz-Rivera E.I. Rincon-Charris A.A.	2015
Pequeños científicos program: STEM K5-K12 education in Colombia	Duque M. Gómez M. Hernández J.T. Vásquez C.	2011
Robotics simulators in STEM education [Simuladores Robóticos na Educação STEM]	Homa A.I.R.	2019
Educational robotics teaching with arduino and 3D print based on stem projects	Sato L. Souza T.	2019
Teaching Energy Efficiency: A Cross-Border Public Class and Lesson Study in STEM	Aguirre C. Araya, R. Baldin Y. Becerra, Pablo Calfucura P. Eddy C. Gormaz R. Isoda M. Malaspina U. Matney G. Mena-Lorca A. Noine T. Olfos R. Soto-Andrade J. Williams, Joseph	2017
The interplay between structure and agency in the enactment of STEM policy	Martins, Isabel Pinhão F. Vilanova, Rita Pinhao, Francine	2017
Do high school STEM courses prepare non-college bound youth for jobs in the STEM economy?	Bozick R. Gottfried, Michael Srinivasan S. Bozick, Robert Srinivasan, Sinduja	2017
The cognitive wealth of nations: A cross-country analysis of entrepreneurship abilities, innovation in STEM, and competitiveness in education	Anaya A.A.A. Burhan N.A.S. Tovar M.E.L.	2017
STEM education program evaluation survey: A report of experience	Carvalho I.A.V.A. Carvalho J.R.H. De Oliveira E.H.T.	2016
Including user devices and context into STEM education for minorities	Ordóñez A.	2014
Spatial and temporal dynamics of belousov-Zhabotinsky reaction: A STEM approach	Arzola-Flores J.A. Ayala-Herrera E. Corona-Morales G. García-García E. Hernández-Santiago A. Murueta-Fortiz R. Rojas-Rodríguez J.F. Vidal-Robles E.	2020
Learning leaders: Teachers or youtubers? Participatory culture and STEM competencies in Italian secondary school students	Castillo-Abdul B. Gil-Quintana J. Malvasi V. Romero-Rodríguez L.M.	2020
A Framework for Epistemological Discussion on Integrated STEM Education	Aduriz-Bravo, Agustin Greca I.M. Ortiz-Revilla J. Greca, Ileana M Ortiz-Revilla, Jairo	2020
Encouraging girls in STEM: Workshops on analog electronics, sensors and robotics	Blasina F. Briozzo I. Del Castillo M. Rattaro C. Siniscalchi M.	2020
STEM education – Um panorama e sua relação com a educação brasileira	Pugliese G.O.	2020

Gender equality in STEM programs: A proposal to analyse the situation of a university about the gender gap	Amores L. Garcia-Holgado A. Garcia-Penalvo F.J. Garcia-Ramos L. Harmoinen S. Heikkinen M. Mena J. Pascual J. Penabaena-Niebles R.	2020
Involvement of students in online master's studies of Engineering and Science: A path to minimize the gender gap in STEM	Hammout N. Hosseini S.	2020
Collaborative virtual community to share class plans for STEAM education	Bilessimo S.M.S. Silva I.N.D. Silva J.B.D.	2020
Deep learning practice for high school student engagement in STEM careers	Lima M.L.D.F. Monte S.R.S.D. Santana O.A. Silva C.F.E. Sousa B.A.D.	2020
Using transmedia approaches in STEM	Estrela V.V. Jesus M.A.D. Mamani W.D.H. Peixoto A. Plaza P. Razmjoooy N.	2020
Implementation of a participatory methodology based on STEAM for the transfer of ICT knowledge and creation of Agtech spaces for the co-design of solutions that contribute to the development of small and medium agricultural producers in Colombia, Panama and China	Nunez V. J.M. Quezada L. Y.M. Vargas V.L.	2020
A Novel Education Program Using Autonomous Ground Vehicles to Develop STEM Skills	Arzate-Bello G. Bautista-Montesano R. Ponce-Cruz P. Rogel-Hurtado C.	2020
Measure of the impact of a stem-student-led course on privacy enhancing technologies for a non-technical target population	Miranda A. Wolf G.	2020
Indigenous knowledge and STEM disciplines: Rethinking the concept of ethnic identity in higher education [Saberes tradicionales y disciplinas STEM: Repensando concepto de identidad étnica en la educación superior]	Brito J. Sanzana P. Silva, Marta	2020
STEM or humanities education? A reflection on the integral formation of the 21st century citizen [¿Educación STEM o en humanidades? Una reflexión en torno a la formación integral del ciudadano del siglo XXI]	Castro Inostroza Á. Iturbe Sarunic C. Jiménez Villarroel R. Silva Hormázabal M.	2020
The problem of pseudo-STEM programs in higher education: A classification criterion	De La Cruz Burelo E. Pérez Maldonado Y. Vicario Solorzano, Claudia Marina De La Cruz Burelo, Eduard Perez Maldonado, Yara	2020
Electronic game creation through scratch software: Creative and collaborative learning fostering STEAM practices	Da Silva Pereira E. Lopes L.A.	2020
Surveyed impact of intellectual property training in STEM education on innovation, research, and development	Castro M. Friebe M. Hartnett M. Nilsiam Y. O'Sullivan S. Pozzo M.I. Tonti W.R.	2020
Analysing dialogue in STEM classrooms in Ecuador: A dual socioeconomic context in a high school	Ching-Chiang L.-W.C. Fernández-Cárdenas J.M. Carolina Ching-Chiang, Lay-Wah	2020

Results between STEM and non-STEM Teaching for Integral Learning in Primary School Children in Lima (Peru)	Gonzales-Macavilca M. Iraola-Real I. Morales S.G.S. Tintaya R.D.T. Vega F.M.T.	2019
STEM's Impact on Integral Learning. Exploratory and Predictive Study in Primary School Students in Lima Norte (Peru)	Gonzales-Macavilca M. Iraola-Real I. Morales S.G.S. Tintaya R.D.T. Vega F.M.T.	2019
Adaptive Educational Resource Model to Promote Robotic Teaching in STEM Courses	Almeida T.O. De Magalhaes Netto J.F.	2019
STEM expansions: A model of approach to STEM education in the perspective of educational innovation and teacher professional development	Chude M.D.C.G. Da Silva E.C. Gonçalves Lago L.	2019
Design science research for development and validation of a pedagogical agent for STEM education	Moreno-Cadavid J. Piedrahita-Ospina A.	2019
Engineering for inclusive STEM education. An interdisciplinary collaboration project for the design and creation of accessible and inclusive learning materials	Cortés Capetillo A.J. Díaz De León Lastras A. Fernández-Cárdenas J.M. Glasserman-Morales L.D. Reynaga-Peña C.G.	2019
Explanations in STEM Areas: an Analysis of Representations Through Language in Teacher Education	Cabello V.M. Impedovo M.A. Real C. Cabello, Valeria M Impedovo, Maria Antonietta Real, Constanza	2019
Educational nanotechnology video game to inspire middle and high school students to pursue STEM related professional careers	Bobonis J. Bosque J. Canela A. Cartagena A. Fonseca S. Fuentes T. Gonzalez S. Mendez L. Nieves A. Rodriguez B. Rolon C. Santiago N.G. Seda M.	2019
Cunning: From play to wit, a STEM science club for technological and social entrepreneurship	Beltran C.A. Franco J.P. Gonzalez N.G. Otalvaro S.C. Quiroga D.F. Ramirez S.B. Rodriguez-Velasquez E. Tovar M. Uribe B.A.	2019
STEM topics: A course to teach mathematics functions in a contextualized way [Tópicos de Ciências Exatas: Uma disciplina para ensinar e aprender funções matemáticas de forma contextualizada]	Espíndola A.M.S. Fiuzza K. Miotto F. Morelato T. Poletto M. Scotti M. Severo T.C. Villas-Boas V.	2019
An investigation of inter-stakeholder dynamics supportive of STEM, community-based learning	Cardoso J.R. Delaine D.A. Walther, Joachim Cardoso, Jose Roberto Delaine, David A	2019
Assessment of the socrative platform as an interactive and didactic tool in the performance improvement of STEM University students	Bravo M.J. Chávez M. Gómez-Espina R. Rodriguez-Oroz D. Saavedra C.	2019
STEM education and gender: A contribution to discussions in Brazil [Éducation stem et genre: Une contribution au débat Brésilien] [A educação STEM e gênero: Uma contribuição para o debate Brasileiro] [La educación STEM y el género: Una contribución para el debate brasileño]	De Mello F.E. De Oliveira E.R.B. Gava T. Laspina P.J. Unbehau S.	2019

Fostering STEM education considering female participation gap	Da Silva M.M. De Melo Bezerra J. De Oliveira N.M.F. Dos Santos L.R. Martins C.A. Piani R.C. Teles L.K.	2018
Proposal of a system architecture based on emerging technologies to motivate and engage STEM undergraduate students	Cajaleón Flores E. López Zapata E.	2018
Proposal for a postgraduate programme for STEM education	Baptista Cabral, Tania Cristina Carvalho Da Costa, Luciano Andreatta Santos F.D. Santos, Fabricia Damando	2018
Girls in STEM: Investigating the reasons that too few female students enter technical fields	Mones B. Peixoto A.	2017
Design of STEM activities and study of their motivation efficacy	Gaitan-Leon D.M. Tafur M.	2017
First results from building and guiding student teams for project-based learning in a first-semester STEM class	Aizman A. Alarcón H. Bernold L.E. Díaz B. Leddihn P.	2017
Introduction to engineering: A STEM-PBL approach	Aizman A. Alarcón H. Bernold L.E. Díaz B. Mora C. Olivares Á.	2017
Atarraya STEM: A STEM hub for Universidad de los Andes	Canü M. Danieles G. Rincón J.C. Tafur-Arciniegas M.	2017
Role-play and the Industrial Revolution: An STS approach to the teaching of STEAM engines	De Pereira A.P. Junior P.L. Sabka D.	2016
Family Influence on the "Choice of STEM careers" (science, technology, engineering and mathematics) in high school students	Avendano Rodriguez, Karla Cristina Flores Crespo, Pedro Magana Medina, Deneb Eli	2020
Gender Balance Actions, Policies and Strategies for STEM: Results from a World Cafe Conversation	Bello, Alessandro Dominguez, Angeles Jose Garcia-Penalvo, Francisco Romero Chacon, Rosaura M	2019
STEAM as a tool to encourage engineering studies	Amparo Oliveros-Ruiz, Maria	2019
Engineering challenges: a STEM+A educational approach in the 4.0 industrial revolution	Coronado Ortega, Marcos Alberto Dominguez Osuna, Patricia Mariela Oliveros Ruiz, Maria Amparo Valdez Salas, Benjamin	2019
Proposals of mathematical activities with a Bee-bot child robot based on STEM education	Diaz-Levicoy, Danilo Ferrada, Cristian Parraguez, Rafael Salgado-Orellana, Norma	2019
Effects of public policies on the preferences and orientation of the activities carried out by academics in STEM areas of IES de Mexico	Del Cid Garcia, Carlos Javier Estevez Nenninger, ETTY Haydee Gonzalez Bello, Edgar Oswaldo	2019

The role of non-formal contexts in teacher education for STEM: the case of horn(3) science and technology interactive centre Fernández-Cárdenas J.M. | Fernandez-Limon, Claudia | Gomez Galindo, Alma Adrianna 2018

Technology Integration Actions in Mathematics teaching in Brazilian Basic Education: Stimulating STEM disciplines da Silva Cristiano, Marta Adriana | da Silva, Juarez Bento | Nicolete, Priscila Cadorin | Schardosim Simao, Jose Pedro | Sommer Bilessimo, Simone Meister 2017

STEM Education Plan and the Relationships with the The Large Scale Assessment Policy DiBello, Lilia | Gesser, Veronica 2016
