



EDUCACIÓN STEM, UN CAMPO DE INVESTIGACIÓN EMERGENTE: ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO ENTRE 2010 – 2020

*STEM education, an emerging field of research:
bibliometric analysis between 2010 - 2020*

Darwin Leonardo Vargas Sánchez [dlvargass@correo.udistrital.edu.co]
*Estudiante Doctorado Interinstitucional en Educación.
Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
Sede Aduanilla de Paiba, Calle 13 N° 31 - 75, Bogotá, Colombia.*

Álvaro García - Martínez [alvaro.garcia@udistrital.edu.co]
*Docente Doctorado Interinstitucional en Educación.
Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
Sede Aduanilla de Paiba, Calle 13 N° 31 - 75, Bogotá, Colombia.*

Resumen

Este artículo presenta un análisis bibliométrico realizado con trabajos publicados en diferentes bases de datos especializadas durante los años 2010 – 2020 sobre la educación STEM como un campo emergente de investigación. Con el análisis se busca contestar la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las sublíneas de trabajo que se perfilan dentro del campo investigativo emergente de la educación STEM entre los años 2010 y 2020? Para facilitar la búsqueda de los artículos en las bases de datos se definieron las siguientes palabras clave: Educación STEM, Ciencias Naturales (Biología, Química, Física, Ecología), Educación Secundaria y Educación Universitaria. En total se seleccionaron 57 artículos que se alineaban con estas palabras. Para realizar el análisis bibliométrico se establecieron tres criterios. El primer criterio corresponde a características generales de los artículos y el segundo y el tercer criterio corresponden a características identificadas en la lectura y revisión de los mismos (criterios emergentes). Como conclusión, se pudo establecer nueve sublíneas de trabajo dentro de este campo emergente de investigación en el marco de la educación en ciencias.

Palabras clave: Investigación bibliográfica; Educación STEM; Ciencias Naturales; Educación Secundaria y Educación Universitaria.

Abstract

This paper presents a bibliometric analysis of papers published in different specialized databases during the years 2010 - 2020 on STEM education as an emerging field of research. The analysis seeks to address the following research question: What are the sublines of work that are emerging within the emerging research field of STEM education between 2010 and 2020? To facilitate the search for articles in the databases, the following keywords were defined: STEM education, Natural Sciences (biology, chemistry, physics, ecology), Secondary Education and University Education. In total, 57 articles were selected that aligned with these words. Three criteria were established to perform the bibliometric analysis. The first criterion corresponds to general characteristics of the articles and the second and third criteria correspond to characteristics identified in the reading and review of the articles (emergent criteria). In summary, it was possible to establish nine sublines of work within this emerging field of research in the framework of science education.

Keywords: Bibliographic research; STEM Education; Natural Sciences; Secondary Education and University Education.

INTRODUCCIÓN

El término STEM hace referencia al acrónimo *Sciences, Technology, Engineering, Mathematics* o en español; Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. Fue propuesto por primera vez en la década de los noventa por la *National Sciences Foundation* (NSF). Según Purzer, Strobel y Cardella (2014), el acrónimo STEM se le atribuye a la Dra. Judith Ramaley, exdirectora de la división de educación y recursos humanos en la NSF. Antes de que ella formara parte de esta división en el año 2001, se conocía el término como SMET por requerimiento de varios miembros de la NSF. Por esos años, se presentaba un cambio en las políticas dentro de la NSF y la doctora Ramaley no se sentía cómoda con el término, a consecuencia de lo cual se le reemplazó por la sigla STEM.

A pesar que el origen del acrónimo se dio en la década de los 90, solo fue hasta el año 2009 en donde tomó relevancia a nivel nacional (en Estados Unidos) e internacional. En ese año, los resultados de Estados Unidos en el Programa Internacional para la Evaluación de estudiantes (PISA), dirigido por la OCDE, estuvo por debajo del promedio mundial, unos resultados desalentadores en comparación con otros países. Por ello, el Gobierno de Estados Unidos se motivó a generar una reforma educativa. Botero (2018), menciona que cuando se habla de las razones que movieron al Gobierno de Estados Unidos a comenzar con el programa STEM, se dio origen a un “*Sputnik Moment*” con lo que se resalta que es una circunstancia sin precedentes. Otros autores como Perales, Palacio y Aguilera (2020), indican que el término STEM desde 2009 ha experimentado una expansión global fundamentada en las necesidades sociales expuestas por la *National Governor’s Association*, quien definió la promoción de una identidad STEM entre la ciudadanía como un medio para mantener la competitividad económica de EE.UU. frente a las potencias emergentes.

Con el objetivo de llevar el programa STEM a todos los colegios de Estados Unidos de forma rápida y eficiente, *The National Research Council* desarrolló en el año 2012 el *Framework for K-12 Science Education*, un documento de gran relevancia que tenía como objetivo promover un cambio en la forma de enseñar Ciencias Naturales en EEUU y por otro lado, fundamentar los estándares de Ciencias para la próxima generación (*Next Generation Sciences Standards, NGSS*). Estos nuevos estándares marcan un hito en la historia de la educación en Estados Unidos porque transforman de manera radical los antiguos estándares, acoplándolos a la educación del siglo XXI (Botero, 2018).

Los NGSS proponen cinco aspectos para renovar la enseñanza de las ciencias. En primer lugar plantea tres dimensiones para el aprendizaje de las ciencias: las prácticas científicas y de ingeniería, los conceptos transversales y las ideas básicas de las disciplinas. Estas tres dimensiones ayudarán a los estudiantes a conectar los principios científicos con situaciones del mundo real y les facilitará la comprensión de conceptos científicos complejos. Por otro lado, con las prácticas científicas y de ingeniería se busca integrar el proceso de diseño e ingeniería en la estructura de la educación en ciencias, poniéndolo al mismo nivel que el método de indagación científica, con el fin de ayudar a los estudiantes a visualizar cómo la ciencia y la ingeniería son fundamentales para abordar los grandes desafíos que la sociedad enfrenta actualmente, como lo son la generación de energía, la prevención y tratamiento de enfermedades, el acceso al agua potable, la seguridad alimentaria, el cambio climático, entre otros.

En segundo lugar, los NGSS plantean que las tres dimensiones de aprendizaje de las ciencias deben ayudar al estudiante a construir progresiones de aprendizaje coherentes, de tal forma que los conocimientos y habilidades aprendidas por los estudiantes en primaria les den múltiples oportunidades para comprender los conceptos y los problemas que abordarán en secundaria. En tercer lugar, proponen que los estudiantes se involucren en el diseño de soluciones reales poniendo en práctica los conceptos transversales que han aprendido. En cuarto lugar, plantea que la ingeniería y las ciencias naturales se pueden integrar, por ejemplo, en la identificación y en la resolución de problemas. Por último, plantean que las ciencias se pueden conectar directamente, con las matemáticas, las artes, las humanidades generando una superposición de habilidades y conocimientos.

Desde que el programa STEM empezó a implementarse en colegios e instituciones educativas, se le ha denominado educación STEM. Para Perales, Palacio y Aguilera (2020), la educación STEM resulta de la transposición al ámbito educativo del movimiento STEM, el cual emergió con claros propósitos políticos. Desde entonces las aproximaciones desde la investigación educativa a la educación STEM han sido múltiples,

originando una amalgama de definiciones sobre este término tan diferentes entre sí que la han guiado hacia la ambigüedad.

Otros autores como Domenèch (2019), indican que el término STEM es polisémico, que tiene una gran presencia en ámbitos de innovación en la enseñanza de las ciencias, pero es complejo definirlo desde la didáctica. Por otro lado, Couso (2017), indica que abordar la educación STEM en realidad implica pensar qué entienden los profesores por STEM y qué visiones construyen sobre el mismo, ¿es una nueva manera de enseñar las disciplinas (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas)? ¿Es una nueva metodología de aula? ¿Es un conjunto de nuevos contenidos que se deben aprender y enseñar? ¿Es un nuevo objetivo de la educación para el siglo XXI? ¿Es una nueva filosofía de la educación? ¿Son nuevos recursos y nuevas tecnologías para enseñar las disciplinas? ¿Es una estrategia de innovación educativa? ¿Es un conjunto de objetivos políticos? ¿Es una estrategia de alfabetización científica? A continuación se presentarán algunas aproximaciones teóricas sobre cómo se puede considerar STEM.

Partiendo del proyecto STEM propuesto en Estados Unidos, se puede identificar a STEM como un nuevo enfoque curricular. Según Vasques, Sneider y Comer (2013), se define como un enfoque curricular interdisciplinario de aprendizaje que elimina las barreras tradicionales que separan dentro del currículo las ciencias, la tecnología, las matemáticas y la ingeniería; y las integra dentro del mundo real por medio de experiencias de aprendizaje rigurosas y relevantes para los estudiantes.

Por otro lado, Domenèch (2019), indica que en ocasiones STEM se utiliza para describir trabajo interdisciplinario apelando a la integración de la ciencia, la tecnología, la matemática y la ingeniería; en este orden de ideas, STEM sería una estrategia que permite integrar cuatro áreas del conocimiento que son epistemológicamente diferentes. También es común que aparezca la letra A en sus siglas (STEAM), que en sentido estricto corresponde a las artes (pintura, dibujo, escultura y danzas) pero en sentido más amplio también puede referirse a las humanidades, la historia, la literatura y la filosofía. Una concepción similar sobre STEM la presentan Kelley y Knowles (2016), Moore *et al.* (2014) y Sanders (2009) que entienden la educación STEM como un enfoque de enseñanza que integra dos o más disciplinas utilizando contextos reales y con la intención de vincular estas disciplinas para mejorar el aprendizaje del alumnado.

Por otro lado, el término STEM se asocia en muchas ocasiones a la enseñanza de la tecnología, de la robótica, de la programación, el uso de aparatos relacionados con las nuevas tecnologías de la información y la comunicación e inclusive al uso del laboratorio de ciencias. Otras veces el término STEM suele asociarse al desarrollo de competencias transversales como la comunicación, el trabajo en equipo, la creatividad, el pensamiento crítico, la resolución de problemas, entre otras (Simarro & Couso, 2017).

En Iberoamérica la visión de STEM asociada a la incorporación de la tecnología es muy frecuente, por ello, algunas investigaciones como las de Simarro y Couso (2017), reportan que una de las visiones más marcadas entre los profesores sobre STEM es la tecnocentrista que destaca el papel central otorgado a las nuevas tecnologías. Esta visión surge porque en la actualidad hay nuevas tecnologías que son más accesibles para las personas y se relaciona con movimientos sociales emergentes conocidos como la cultura maker. Esta visión tiene algunas limitaciones, por ejemplo, reducir el pensamiento científico y tecnológico a la construcción de artefactos o prototipos, enfatizar en la promoción de la programación sin promover el pensamiento computacional, y en muchas ocasiones se asocia la educación STEM con la compra de tecnología, lo que puede generar un consumo irresponsable. Otros autores como Domenèch (2019), indican que esta visión apoya pensamientos asociados con las tecnofilias (la creencia de que todo puede y debe resolverse mediante tecnología).

La educación STEM también puede verse como un objetivo para el futuro. En la actualidad estamos atravesando la cuarta revolución industrial, que se construye sobre la base de la electrónica, la informática y sobre los sistemas de información. El sistema educativo y los miembros que lo conforman, deben estar preparados para las nuevas dinámicas que estamos viviendo; esto significa que los estudiantes deben desarrollar unas competencias y unas destrezas que les permita ser competitivos y les facilite su adaptación a los cambios. Partiendo de este contexto podemos plantearnos algunas preguntas: ¿En qué mundo vivirán nuestros estudiantes al terminar su etapa escolar en el colegio? ¿En qué actividades y labores se desempeñarán cuando sean adultos? ¿Cuáles serán sus respuestas ante desafíos éticos, políticos, morales, democráticos y científicos?

En el contexto de la cuarta revolución industrial, se cree que el 75% de los empleos que tendrán en el futuro los niños que están actualmente en primaria, no existen todavía, pero estarán relacionados con profesiones STEM. Por ello, STEM puede plantearse como un objetivo educativo para responder a las necesidades que tendrán los estudiantes en el futuro. Algunas de las profesiones del futuro pueden ser ingenieros de datos, ingenieros de nanorobots médicos, terapeutas de inteligencia artificial, entre otras.

La educación STEM también puede reconocerse como una herramienta de alfabetización. Domenèch (2019), menciona que STEM puede ayudar a formar una nueva ciudadanía que participe de forma directa en la agenda de innovación e investigación y que sea capaz de actuar como integrante de una comunidad para llevar a cabo sus decisiones de forma independiente e incluso opuesta a agendas o planes de estado o poderes económicos. La educación STEM constituye una forma de alfabetizar, que además de hacer que los estudiantes tengan nuevas perspectivas e ideas ante la ciencia y la tecnología, puede conducir a la formación de futuros profesionales más productivos, independientemente si trabajan o no en un campo relacionado con STEM, ya que todas las personas necesitan tener algún grado de conocimiento científico y tecnológico para llevar una vida productiva como ciudadanos.

La perspectiva STEM se concibe, sobre todo, como una nueva oportunidad para cuestionar el enfoque y contenido de las disciplinas del ámbito científico-tecnológico con el objetivo de promover una alfabetización para todos. La alfabetización en el ámbito STEM se concibe como la capacidad de identificar, aplicar e integrar las formas de hacer, pensar y hablar de la ciencia, la ingeniería y la matemática para: por un lado, comprender, decidir o actuar ante problemas complejos; por otro, construir soluciones creativas e innovadoras, aprovechando las sinergias personales y las tecnologías disponibles (Couso, 2017).

Otras definiciones las aportan Shaughnessy (2013) que ha definido a la educación STEM como la resolución de problemas basados en conceptos y procedimientos de Ciencias y Matemáticas, que incorporan las estrategias aplicadas en Ingeniería y el uso de Tecnología; Sanders y Wells (2006) que indican que se trata de una educación STEM integrada, tratándose de un enfoque de enseñanza basado en el diseño tecnológico o de Ingeniería, que integra intencionalmente contenidos conceptuales y procedimentales de la educación científica y/o matemática con los conceptos de naturaleza práctica propios de la educación tecnológica y de la Ingeniería. Por último, Martín-Páez, Aguilera, Perales-Palacios y Vílchez-González (2019) abogan por concebir la educación STEM como un enfoque de enseñanza en el que se integran, con mayor o menor grado, contenidos conceptuales y procedimentales propios de la Ciencia, la Tecnología, la Ingeniería y las Matemáticas.

A pesar que la educación STEM es polisémica porque es concebida de diferentes maneras, es claro que en los últimos años ha ido ganando relevancia y acapara el protagonismo en materia de integración de disciplinas del ámbito científico-tecnológico. Bajo este enfoque, la integración de saberes se concibe como necesaria para preparar al alumnado para enfrentar los problemas complejos del mundo actual (Simarro & Couso, 2018, p. 50). Son muchas las actividades escolares que llevan las etiquetas STEM, entre ellas los campamentos científicos, los concursos de robótica y programación, las simulaciones en 3D y 4D, los laboratorios virtuales, el uso de sensores para la toma de datos como la temperatura, la humedad y la presión en actividades experimentales, el diseño y la construcción de artefactos y prototipos, entre otras. En todas estas actividades se presupone un carácter innovador, sin embargo, es importante reflexionar sobre si la educación STEM es una línea emergente de investigación en el marco de la didáctica de las ciencias y cuáles serían sus sublíneas de trabajo.

Perales, Palacio y Aguilera (2020), afirman que la Didáctica de las Ciencias Experimentales (DCE) es hoy por hoy una disciplina compleja tras décadas de consolidación epistemológica, social y profesional. Ello conlleva la proliferación de líneas de investigación que ponen el énfasis en algunas de sus múltiples variantes. Dichas líneas intentan aislar determinadas variables de manera que pueda visualizarse el efecto de las mismas en los resultados deseados, normalmente la mejora de la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias. No resulta fácil englobar dichas líneas en categorías más generales, aunque en un esfuerzo de simplificación podríamos hablar de las referentes a: el alumno, el profesor, los materiales y recursos de enseñanza, o el contexto. Con relación a estas dos últimas categorías, sobresale STEM que amplía las relaciones interdisciplinares a las Matemáticas y las Ingenierías con el fin último de incrementar las vocaciones hacia las mismas en los países occidentales frente al desafío de las nuevas potencias económicas.

Otros autores como Adúriz-Bravo (2020), reconocen que la educación STEM o STEAM es considerada como una línea emergente de investigación ya que no tiene la cantidad suficiente de investigadores para publicar

trabajos o cantidad de expertos para evaluarlos, por ello, son líneas nacientes en los congresos internacionales especializados en educación en Ciencias. Partiendo de la idea que la Educación STEM es una línea naciente y emergente dentro del campo de la didáctica de las Ciencias, este documento presenta un análisis bibliométrico que aborda la siguiente pregunta de investigación: ¿cuáles son las sublíneas de trabajo que se perfilan dentro del campo investigativo emergente de la educación STEM entre los años 2010 y 2020?

Abordar este problema, implica realizar una búsqueda de trabajos de investigación publicados en bases de datos especializadas, en el marco de la educación STEM, en el área de Ciencias Naturales, en la educación secundaria y en la educación superior. A partir de la identificación y selección de estas publicaciones, se pretende realizar una categorización que permita identificar cuáles son las sublíneas de trabajo que emergen dentro de este campo naciente de investigación.

METODOLOGÍA

El surgimiento de STEM como un campo investigativo en educación es reciente. Por ello, la educación STEM es considerada como una línea emergente en la investigación en didáctica de las ciencias experimentales. Sin embargo en los últimos años se puede evidenciar un aumento significativo en la cantidad de publicaciones relacionadas con educación STEM en revistas científicas indexadas a nivel internacional. Por ello, el presente trabajo pretende identificar y categorizar las sublíneas de trabajo que se perfilan dentro del campo de investigación emergente de la educación STEM en el marco de la Didáctica de las Ciencias Naturales (Biología, Química, Física y Ecología) durante los años 2010 – 2020. La metodología empleada se basa en una revisión bibliográfica, guiada por el marco teórico de Gil (2002), que explica que este tipo de trabajo debe desarrollarse a partir de materiales existentes, como libros y artículos científicos, cuya principal ventaja es permitir al investigador cubrir una gama de fenómenos más amplios que no podrían buscarse directamente.

Grant y Booth (2009), indican que una revisión bibliográfica describe materiales publicados que proporcionan un examen de la literatura reciente o actual, a los que se les realiza una síntesis de forma textual o gráfica de la información y un análisis de su contribución o valor. Abarca una amplia gama de temas con distintos niveles de exhaustividad que pueden incluir resultados de investigación, lo que indica que en este tipo de revisiones se analizan materiales que han sido sometidos a un proceso de revisión por pares.

Según Gil (2002), este tipo de trabajos siguen una serie de pasos tales como: elección del tema; estudio bibliográfico preliminar; formulación del problema; elaboración del plan temático provisional; búsqueda de fuentes; lectura de los materiales, organización lógica del tema y redacción del texto. En el diagrama 1 se resumen los principales pasos definidos para el desarrollo del presente trabajo y posteriormente se explicarán con detalle.

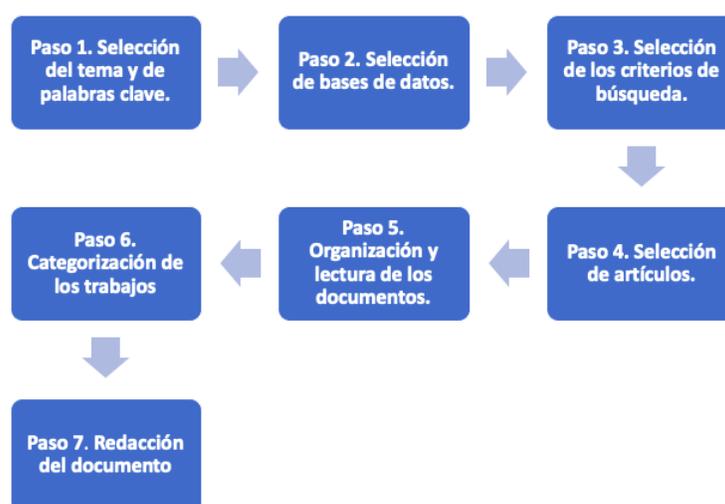


Diagrama 1 – Pasos definidos para el análisis bibliométrico. Elaboración propia.

Paso 1. Selección del tema y de palabras clave. Para realizar este análisis bibliométrico se hizo la selección del tema (Educación STEM), en el marco de la educación en Ciencias y en los niveles de escolaridad de secundaria y educación superior. Para realizar el análisis bibliométrico se definieron las siguientes palabras clave para facilitar la búsqueda en la base de datos: Educación STEM, Ciencias Naturales (Biología, Química, Física, Ecología), Educación Secundaria y Educación Universitaria.

Paso 2. Selección de bases de datos. Para realizar la búsqueda de materiales se eligieron las bases de datos Scopus, Génesis, Dialnet, Google académico ya que cuentan con diferentes herramientas y funcionalidades que facilitaron el desarrollo del trabajo. Se hizo la búsqueda de documentos, por autor, por afiliación y búsqueda avanzada para usuarios expertos, también permite evaluar el rendimiento de una revista científica por medio de algunos indicadores, como el número total de citas recibidas cada año, el número de artículos publicados en un período de tiempo, el número total de citas dividido por el número total de artículos publicados.

Paso 3. Selección de los criterios de búsqueda. Los criterios que se utilizaron para buscar los materiales dentro de las bases de datos son los siguientes: artículos producto de trabajos de investigación y actas de congresos, relacionados con las palabras clave previamente definidas, publicados en revistas científicas durante los años 2010 a 2020. Aunque la disponibilidad de las revistas en línea y la gratuidad de los artículos no se tuvo en cuenta para la selección final de los artículos, sí se realizó una caracterización para identificar cuáles estaban disponibles online y gratis. Para tener acceso a algunos de los artículos se debía realizar algún pago o aporte económico, sin embargo, se pudo tener acceso a ellos gracias a que se solicitaron directamente a sus autores por medio de la plataforma Research Gate. A los autores, se les indicó que sus artículos se iban a analizar y a utilizar para realizar una investigación.

Paso 4. Selección de artículos. Los artículos fueron seleccionados teniendo en cuenta los criterios previamente definidos, utilizando diferentes filtros, entre ellos, la tipología de documentos y el intervalo de años. Además del cumplimiento de estos criterios se identificaron trabajos capaces de proporcionar posibles respuestas a solución del problema planteado en este trabajo.

En la primera búsqueda, en las diferentes bases de datos arrojó un total 692 artículos relacionados con los criterios dispuestos en este análisis bibliométrico. Para acotar la cantidad de artículos se realizó una lectura en serie de los resúmenes, seleccionando estrictamente aquellos que cumplieran con los criterios establecidos. Es importante aclarar que el acrónimo STEM también es utilizado para la investigación científica de las áreas puras (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas), a pesar que la búsqueda se realizó como educación STEM, la base de datos también filtró los trabajos en donde solo se utilizaba el término STEM. Por ello, el 91,8% de los artículos filtrados inicialmente correspondían a investigaciones en ciencias puras y no en educación en ciencias, por lo cual, solo el 8,2% de los artículos seleccionados correspondían a educación STEM. Por ello, se realizó la selección final de 57 artículos. La tabla 1 muestra el número de artículos seleccionados por revistas, así como el número total elegido de acuerdo con el índice de impacto revisado en Shimago Journal & Country Rank.

Tabla 1 – Identificación y clasificación de las revistas y la cantidad de artículos seleccionados de acuerdo con el cuartil de la revista.

Publicaciones clasificadas como Q1	
Nombre de la revista	Número de artículos
Journal of American Chemical Society	3
International Journal of STEM Education	2
International Journal of Science Education	2
Science Advances	2
Journal of Research in Science Teaching	1
Chemistry Education Research and Practice	1
PLoS Biology	1
CBE Life Sciences Education	1

Publicaciones clasificadas como Q1	
Nombre de la revista	Número de artículos
Computers and Education	1
International Journal of Educational Research	1
Journal of Latinos and Education	1
Journal of Science Education and Technology	1
Journal of Technology and Science Education	1
Total de publicaciones Q1 seleccionadas	18
Publicaciones clasificadas como Q2	
Journal of Chemical Education	14
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias	3
Green Chemistry Letters and Reviews	1
Engineering and Applied Science Research	1
International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology	1
Journal of Geoscience Education	1
Publicaciones de la Facultad de Educación y Humanidades del Campus de Melilla	1
Total de publicaciones Q2 seleccionadas	22
Publicaciones clasificadas como Q3	
ACS Symposium Series	4
Computers in Education Journal	1
Advances in Intelligent Systems and Computing	1
Journal of Visual Impairment and Blindness	1
Education Sciences	1
Total de publicaciones Q3 seleccionadas	8
Publicaciones clasificadas como Q4	
Journal of Physics: Conference Series	7
Turkish Online Journal of Educational Technology	1
Revista Acta Bioethica	1
Total de publicaciones Q4 seleccionadas	9
Total de publicaciones	57

Paso 5. Organización y lectura de los documentos. En este paso se realizó la organización de los documentos en una carpeta digital, asignando un código a cada uno (desde el 01 al 57). Posteriormente se realizó la lectura de los mismos y se redactó un resumen de cada documento en el que se incluían los objetivos planteados por la investigación, la metodología empleada y las principales conclusiones obtenidas en cada estudio. Finalmente, se realizó una base de datos en la que se incluían datos como el título, los autores, el año y el país de publicación y el resumen redactado después de la lectura de los documentos. En la tabla 2, se presenta el código asignado a cada uno de los artículos, el año, el país de publicación y los autores para cada de las publicaciones clasificadas como Q1. Q2, Q3 y Q4.

Tabla 2 – Codificación de los artículos seleccionados en cada una de las revistas, años y países de publicación y autores.

Publicaciones clasificadas como Q1				
Revista	Código	Año	País	Autores
Journal of American Chemical Society	01	2012	EEUU	Sheardy, Richard D and Quemaduras, Wm. David.
	02	2017	EEUU	Sheardy, Richard D and Quemaduras, Wm. David.
	03	2018	EEUU	Sorensen-Unruh, Clarissa; Gupta, Tanya.
International Journal of STEM Education	04	2014	Germany	Ronny Scherer ¹ , Jenny Meßinger-Koppelt ² and Rüdiger Tiemann.
	05	2019	EEUU	Eli Tucker-Raymond, Gillian Puttick, Michael Cassidy, Casper Hartevelde, and Giovanni M. Troiano
International Journal of Science Education	06	2015	EEUU	Andrew Wild.
	07	2020	Netherlands	Stammes, H., Henze, I., Barendsen, E., de Vries, M.
Science Advances	08	2017	EEUU	Hazari, Z., Potvin, G., Cribbs, J.D., Scott, T.D., Klotz, L.
	09	2018	EEUU	Huang, A., Nguyen, PQ, Stark, JC, Jewett, MC, Collins, JJ.
Journal of Research in Science Teaching	10	2015	EEUU	Simpkins, S.D., Price, C.D., Garcia, K.
Chemistry Education Research and Practice	11	2018	Turkey	Aydin-Gunbatar, S., Tarkin-Celikkiran, A., Kutucu, E.S., Ekiz-Kiran, B.
PLoS Biology	12	2017	EEUU and Germany	Gerber, L.C., Calasanz-Kaiser, A., Hyman, L., Patil, U., Riedel-Kruse, I.H.
CBE Life Sciences Education	13	2010	EEUU	Caudill, L., Hill, A., Hoke, K., Lipan, O.
Computers and Education	14	2015	EEUU	Rau, M.A., Michaelis, J.E., Fay, N.
International Journal of Educational Research	15	2016	Switzerland and Austria.	Aeschlimann, B., Herzog, W., Makarova, E.
Journal of Latinos and Education	16	2019	EEUU	Gautreau, C., Brye, M.V., Mitra, S., Winstead, L.
Journal of Science Education and Technology	17	2020	EEUU	Falconer, E. K.; Wood, B.; Griffith, J. C.
Journal of Technology and Science Education	18	2018	EEUU	Jihad, T., Klementowicz, E., Gryczka, P., (...), Lee, Y., Montclare, J.K.
Publicaciones clasificadas como Q2				
Journal of Chemical Education	19	2014	EEUU	Andrea C. Burrows, Jonathan M. Breiner, Jennifer Keiner, and Chris Behm.
	20	2014	EEUU	Heejoo Kim, Priya Chacko. Jinhui Zhao and Jin Kim Montclare.
	21	2014	EEUU	Wilson, Z.S., McGuire, S.Y., Limbach, P.A., Marzilli, L.G., Warner, I.M.
	22	2016	EEUU	Donnelly, J., Diaz, C., Hernandez, F.E.

	23	2016	EEUU	Velasco, J.B., Knedeisen, A., Xue, D., Abebe, M., Stains, M.
	24	2017	EEUU	Enlow, J.L., Marin, D.M., Walter, M.G.
	25	2017	EEUU	Damkaci, F., Braun, T.F., Gublo, K.
	26	2018	EEUU	Mindy Levine and Dana J. DiScenza.
	27	2018	EEUU	Barrett, R., Gandhi, H.A., Naganathan, A., Luehmann, A., White, A.D.
	28	2019	Thailand	Patcharee Chonkaew, Boonnak Sukhummek y Chatree Faikhamta
	29	2019	EEUU	Ramachandran, R., Sparck, E.M., Levis-Fitzgerald, M.
	30	2020	Brasil	Victor T. C. Paiva, Eduardo Parma, and Regina Buffon.
	31	2020	EEUU	Cody W. Pinger, Morgan K. Geigery, Dana M. Spence
	32	2020	México	Parra Cordova, A., González Peña, O.I.
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias	33	2019	España	Jordi Domènech-Casal, Sílvia Lope, Lluís Mora.
	34	2019	España	Fina Guitart, Silvia Lope.
	35	2020	España	Jordi Domènech-Casal.
Green Chemistry Letters and Reviews	36	2018	EEUU	Mellor, KE, Coish, P., Brooks, BW, Zimmerman, JB, Anastas, PT.
Engineering and Applied Science Research	37	2018	Thailand	Thanomsilp, C.
International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology	38	2018	Malaysia	Majid, N.A.
Journal of Geoscience Education	39	2020	EEUU	Seroy, S.K., Zulmuthi, H., Grünbaum, D.
Publicaciones de la Facultad de Educación y Humanidades del Campus de Melilla	40	2018	España	Cristian Ferrada Danilo Díaz, Levicoy Norma Salgado Orellana.
Publicaciones clasificadas como Q3				
ACS Symposium Series	41	2013	EEUU	Holme, Thomas; Cooper, Melanie M.; Varma-Nelson, Pratibha.
	42	2016	EEUU	Redd, G.P., Redd, T.C., Lewis, T.O., Gravely, E.C.
	43	2019	EEUU	Thuggins, M., Molek, K., Cavnar, P., Godfrey, L.
	44	2019	EEUU	Eichler, J.F., Peebles, J.
Computers in Education Journal	45	2020	EEUU	Magesh, C.
Advances in Intelligent Systems and Computing	46	2020	Morocco	Laouina, Z., Ouchaouka, L., Elkebch, A., Khazri, Y., Asabri, A.
Journal of Visual Impairment and Blindness	47	2020	EEUU	Smith, D.W., Lampley, S.A., Dolan, B., (...), Schleppenbach, D., Blair, M.
Education Sciences	48	2017	Irland	Ian Grout.
Publicaciones clasificadas como Q4				

Journal of Physics: Conference Series	49	2018	Thailand and Philippines	Eileen J. Villaruz, Maria Cindy F. Cardona, Amelia T. Buan, Manuel B. Barquilla , and Chokchai Yuenyong.
	50	2018	Thailand and Philippines	Ivy Claire Mordeno m, Algin Michael Sabac, Angel Jane Rouullo, Hazel Dwight Bendong , Amelia Buan, and Chokchai.
	51	2019	Thailand and Philippines	Rica Mae Guarin, Amelia T. Buan, Elesar Malicoban, Manuel B. Barquilla and Chokchai Yuenyong.
	52	2020	Indonesia	Dian Purnamasari, Ashadi, Suryadi Budi Utomo.
	53	2020	Indonesia	Lia, R.M., Rusilowati, A., Isnaeni, W.
	54	2020	Indonesia	Sudarmin, Sumarni, W., Mursiti, S., Sumarti, S.S.
	55	2020	Indonesia	Rangkuti, MA , Ritonga, W. , Brata,
Turkish Online Journal of Educational Technology	56	2017	Turkey	Öztürk, B., Seçken, N.
Revista Acta Bioethica	57	2020	EEUU	Karina Bramstedt.

Paso 6. Categorización de los trabajos. Después de hacer la lectura de los artículos, se realizó una categorización de los trabajos utilizando diferentes criterios. En la tabla 3, se presentan los criterios de análisis utilizados.

Tabla 3 – Criterios de análisis utilizados para categorizar los trabajos revisados.

Criterios de análisis 1	Criterios de análisis 2	Criterios de análisis 3
País de publicación Año de publicación Idioma	Categorización de acuerdo con objetivos afines o comunes.	Categorización de acuerdo a su correspondencia con las palabras claves. <ul style="list-style-type: none"> • Nivel 1 • Nivel 2

Criterios de análisis 1: Partiendo de la base de datos realizada en el paso 5, se identificaron cuáles fueron los años en los que se han publicado mayor cantidad de artículos, los países de origen de esos mismos documentos y el idioma original en el que fueron publicados. Estos datos se consolidaron y se realizaron algunas gráficas para facilitar su análisis.

Criterios de análisis 2. Partiendo de los resúmenes redactados en el paso anterior, se identificaron los trabajos que tenían objetivos afines u objetivos en común y se agruparon generando unas categorías emergentes a las que llamaremos sublíneas de investigación dentro de la educación STEM.

Criterios de análisis 3: Además de la categorización por objetivos, se agruparon los artículos en dos niveles, en el nivel 1, se asignaron los artículos en los que había una correspondencia completa de las palabras clave seleccionadas en este análisis bibliométrico y el trabajo de investigación. Es decir, los artículos que tienen una profundización teórica fuerte con respecto a la educación STEM en el área de Ciencias Naturales (Biología, Ecología, Química y Física) en los niveles de escolaridad de secundaria y educación superior. Por el contrario, los artículos que se asignaron en el nivel 2, abordan las palabras clave de una forma superficial sin un análisis teórico y crítico muy profundo.

Paso 7. Redacción del documento. El paso final consiste en redactar este artículo teniendo en cuenta la pregunta de investigación planteada, los datos obtenidos y las categorías de análisis anteriormente planteadas. Para la elaboración de este escrito se utilizaron categorizaciones a priori y emergentes (categorías deductivas e inductivas). Los criterios de análisis 1 corresponden a características generales de los artículos y los criterios de

análisis 2 y 3 corresponden a características identificadas en la lectura y revisión de los trabajos. En los resultados y la discusión, se presentan algunos gráficos con el objetivo de organizar y visualizar los datos obtenidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El surgimiento de STEM como un campo investigativo en educación es reciente. Sin embargo, en los últimos años se puede evidenciar un aumento significativo en la cantidad de publicaciones relacionadas con educación STEM en revistas científicas indexadas. Por esta razón, el presente análisis bibliométrico cobra especial importancia para comprender cuáles son las sublíneas de trabajo que se perfilan dentro de este campo investigativo emergente. Los resultados y la discusión de resultados están organizados de acuerdo con los criterios de análisis definidos en la tabla 3 y explicados en el paso 6 de la metodología.

Criterios de análisis 1

Los criterios de análisis 1 corresponden a características generales de los artículos como el año de publicación, el país de publicación y el idioma. De acuerdo con la información presentada en la tabla número 2, de los 57 documentos preseleccionados, se pudo determinar que los años de publicación de los artículos oscilan entre el año 2010 y el 2020 tal como lo presenta la siguiente gráfica.



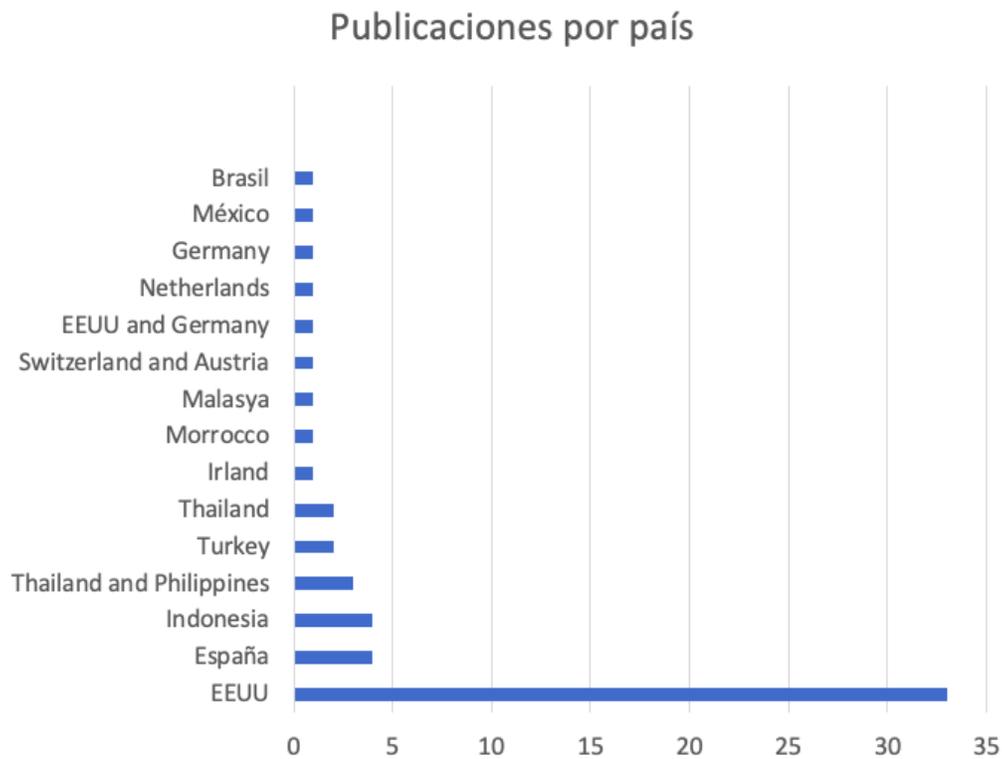
Gráfica 2 – Número de artículos publicados entre 2010 - 2020. Elaboración propia.

De acuerdo con la gráfica 2, la mayor cantidad de publicaciones están concentradas entre los años 2016 y 2020. En el año 2016 se publicaron 4 artículos, en el año 2017 se publicaron 7, en el año 2018 se publicaron 12, en el año 2019 se publicaron 9 y en el año 2020 se publicaron 15. Esto permite concluir que en los últimos cinco años se han publicado el 82,4% de los artículos seleccionados en este análisis bibliométrico, lo que confirma que la educación STEM es una línea naciente o emergente de investigación en el marco de la didáctica de las Ciencias.

Las revistas científicas que más publicaron artículos relacionados con educación STEM son The Journal of Chemical Education con alrededor de 14 artículos publicados, The Journal of Physics: Conference series con alrededor de 7 artículos publicados, ACS Symposium Series con alrededor de 4 artículos publicados, Journal of American Chemical Society y la revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias con alrededor de 3 artículos publicados en cada una, y The International Journal of STEM Education con alrededor de 2 artículos. En la tabla número 2 se presentan otras revistas con menor representación de artículos. Del número total de artículos analizados, el 31,6% fueron publicados en revistas Q1, el 38,6 % en revistas Q2, el 14% en revistas Q3 y el 15,8% en revistas Q4.

Los países que más publican artículos relacionados con educación STEM son Estados Unidos con un total de 33 artículos publicados, España con un total de 4 artículos publicados, Indonesia con un total de 4 artículos publicados, Tailandia y Filipinas con un total de 3 artículos publicados y Turquía con un total de 2 artículos

publicados. Esto permite evidenciar que en América Latina la investigación y la producción en educación STEM en el marco de las Ciencias Naturales es muy baja, de los 57 artículos seleccionados solo dos corresponden a México y uno a Brasil. En la gráfica 3 se presentan el número de publicaciones por país.



Gráfica 3 – Cantidad de artículos por país. Elaboración propia.

Para finalizar, es importante indicar que de los 57 artículos preseleccionados, 4 fueron publicados en el idioma español y los 53 restantes en el idioma inglés.

Criterios de análisis 2

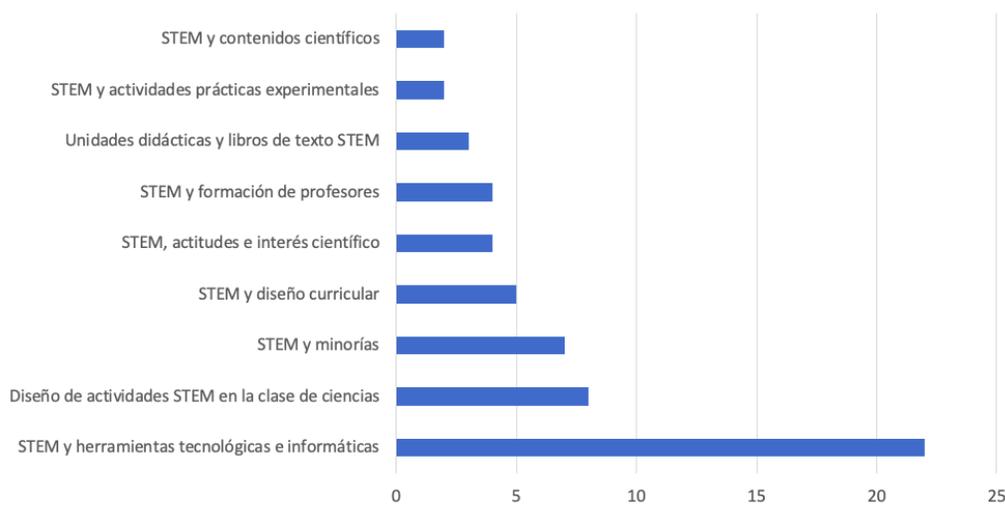
A partir de la lectura detallada de los 57 artículos seleccionados, y de los objetivos planteados en cada uno de los proyectos de investigación, se pudo establecer una categorización que permitió definir unas sublíneas de investigación dentro del campo de la Educación STEM en el marco de la educación es Ciencias y los niveles de escolaridad de secundaria y educación superior. Del total del trabajos analizados, el 54% se desarrollaron en secundaria, el 39% se desarrollaron en educación superior y el 7% se desarrollaron en niveles mixtos (superior y universitaria). En la gráfica 4 se muestra cómo fue la distribución de los trabajos teniendo en cuenta como criterio el área del conocimiento.



Gráfica 4 – Cantidad de trabajos por área de conocimiento. Elaboración propia.

De acuerdo con la gráfica, se puede identificar que la mayor cantidad de trabajos seleccionados fueron de Química y de Ciencias Naturales integradas. La menor representación la tienen las áreas de Biología, Ecología y Física. A continuación se presentan las nueve sublíneas de investigación emergentes a partir de la categorización realizada en este análisis bibliométrico y una descripción de cada una.

Sublíneas de investigación Educación STEM



Gráfica 5 – Sublíneas de investigación en educación STEM. Elaboración propia.

- **STEM y herramientas tecnológicas e informáticas.** En esta sublínea se suscriben los trabajos relacionados con proyectos de educación STEM en el que se incorporan nuevas herramientas tecnológicas e informáticas en el marco de las clases de Ciencias Naturales. En total se identificaron 22 trabajos relacionados en esta sublínea y se relacionan en la tabla 4.

Tabla 4 – Artículos asociados a la sublínea STEM y herramientas tecnológicas e informáticas.

Categoría	Artículos	Total de artículos
STEM y herramientas tecnológicas e informáticas	3, 4, 5, 12, 14, 18, 20, 24, 27, 29, 30, 31, 35, 36, 38, 39, 42, 44, 45, 46, 48, 52	22 Artículos

Los trabajos relacionados en esta sublínea se agruparon de acuerdo con el tipo de herramientas que utilizan, por ejemplo, simuladores, laboratorios virtuales y remotos, ambientes virtuales de aprendizaje, software de programación para el desarrollo del pensamiento computacional, robótica aplicada a la clase de Ciencias Naturales, sensores para construir algunos instrumentos de medida, la impresión y la modelización 3D, la realidad aumentada, los videos como estrategias para comprender temas STEM, el desarrollo de Apps y videojuegos para gamificar la clase de ciencias. A continuación se citan algunos trabajos en los que se evidencia el uso de herramientas tecnológicas e informáticas en cada una de las agrupaciones realizadas.

Entre los proyectos que emplean simuladores se puede mencionar el de Domenéch (2020), que propone el diseño y el desarrollo de un simulador con distintas funciones matemáticas para abordar en la clase de ecología el tema de los ecosistemas. El simulador se empleó como una estrategia para desarrollar en los estudiantes una visión interdependiente de los elementos que constituyen un ecosistema. Los proyectos STEM que involucran los simuladores cada vez son más comunes porque hay mayor acceso a este tipo recursos de forma gratuita, por ejemplo, la página web de *Phet simulations* (<https://phet.colorado.edu/es/>), es un proyecto de la Universidad de Colorado en la que se puede acceder de forma gratuita a diferentes simuladores para la enseñanza de las Ciencias Naturales y de las Matemáticas, algunos de estos simuladores se encuentran en formato flash y otros en formato HTML 4.0.

Otros de los trabajos que utiliza nuevas tecnologías como los sensores, es el de Guitart y Lope (2019), que proponen un proyecto STEM con mirada científica, titulado: Y tú, ¿te proteges del Sol? En este trabajo tienen especial relevancia, el diseño y la realización de experimentos, así como el registro de datos y su interpretación, pues en muchas de las actividades se plantea el uso de sensores de radiación UV.

Un trabajo adicional que se puede mencionar en esta misma línea, es el de Seroy, Zulmuthi y Grünbaum (2020), que diseñan un módulo para enseñar química en estudiantes de secundaria bajo el enfoque STEM. Para ello, los estudiantes construyeron sensores de pH espectrofotométricos utilizando componentes electrónicos fácilmente disponibles y los calibraron con estándares de referencia de pH conocidos. Luego, los estudiantes usaron sus sensores para medir el pH de muestras de agua ambientales locales. Este trabajo sugiere que la construcción de sensores en el aula y la recopilación de datos ambientales aumenta la comprensión y la confianza de los estudiantes para conectar conceptos químicos a los entornos ambientales.

En esta sublínea también se incluyen trabajos como el de Dian y Suryadi (2020), que implementan un módulo electrónico en clase de química con el objetivo de desarrollar el pensamiento crítico y habilidades que involucren procesos cognitivos, analíticos, racionales y lógicos. El módulo electrónico es considerado como un material didáctico que ayudará a los estudiantes a resolver problemas en química y a desarrollar las habilidades planteadas.

Es importante tener en cuenta que los sensores y en general cualquier tipo de dispositivo o tablero electrónico son solo herramientas que el estudiante puede manipular en las clases de ciencias con determinado objetivo, por ejemplo, realizar una medición, registrar un dato o diseñar un instrumento. Pero no se debe reducir el potencial didáctico de este tipo de proyectos únicamente a la manipulación de herramientas, por lo contrario, el potencial de estos proyectos está en los conocimientos, habilidades y competencias que el estudiante logra desarrollar en torno al manejo de estos dispositivos. En algunos de los trabajos incluidos en esta categoría se le otorga el potencial didáctico a las herramientas y no a lo que los estudiantes desarrollan con ellas.

Los laboratorios remotos también son herramientas que se incluyeron dentro de esta sublínea, uno de los trabajos que se puede mencionar es el de Grout (2017), que plantea cómo se pueden utilizar los laboratorios remotos en educación STEM con el fin de promover el acceso a actividades experimentales a través de Internet. Los laboratorios remotos son una propuesta para que los estudiantes puedan acceder a instalaciones, artefactos o equipos a las que no pueden acceder de otros modos. Este tipo de herramientas han tomado mayor relevancia en la actualidad, teniendo en cuenta que por los confinamientos decretados por la Covid -19, muchos estudiantes alrededor del mundo no han podido realizar laboratorios presenciales y estas herramientas son una alternativa para abordar las actividades prácticas en las clases de Ciencias.

Las herramientas informáticas como aplicaciones, videos, plataformas, ambientes virtuales de aprendizaje, redes sociales y realidad virtual, también hacen parte de esta sublínea. Aquí se pueden mencionar

trabajos como los de Pinger, Morgan y Spence (2020), que realizan una revisión y análisis sobre cómo incorporar la impresión 3D en las aulas de química para una mejor visualización de los fenómenos. Parten de la idea que los dispositivos de laboratorio impresos en 3D, son un recurso tecnológico que están en auge y tienen una utilidad en las clases de Química.

También se puede citar el trabajo de Gupta (2020), que describen cómo el aprendizaje a través de las redes sociales promueve un enfoque participativo digital para que la educación STEM sea más relevante, significativa y atractiva para más estudiantes, al mismo tiempo que promueve las habilidades de la era digital. Para ello, plantean un ejemplo de cómo se aplicó en un curso introductorio de STEM en una universidad privada de EE. UU.

Otros proyectos caracterizados dentro de esta sublínea corresponden a los asociados con videojuegos como el Tucker-Raymond *et al.*, (2019), que proponen una estrategia para integrar el pensamiento computacional y la informática en las aulas de ciencias, por medio del diseño de videojuegos para computador sobre el cambio climático. Por último, también se incluyeron trabajos que involucran robots, como el de Gerber, Calasanz, Hyman, Patil y Kruse (2017), que desarrollan una propuesta de robots de pipeteo en Lego para manejar de manera confiable volúmenes de líquidos desde 1 mL hasta el rango sub- μ l y que operan en material plástico de laboratorio estándar, como cubetas y placas de pocillos múltiples. Estos robots pueden soportar una variedad de experimentos de ciencias, en particular de la química e incluso se pueden usar para investigación.

Como conclusión se puede identificar que esta sublínea de investigación es la que tiene mayor cantidad de trabajos asociados en este análisis bibliométrico, tal vez por la concepción generalizada que los proyectos de educación STEM incorporan nuevas tecnologías y nuevas herramientas. Sin embargo, es importante dotar de una adecuada estructura desde la didáctica de las ciencias a estos nuevos recursos para que el profesorado tenga más claro: para qué se usan, qué conocimientos y habilidades pueden lograr los estudiantes con ellas y por qué se puede enseñar mejor Ciencias Naturales con estas herramientas. Al ir dando mayor fundamentación desde la Didáctica de las Ciencias, no solo permite que se alejen de visiones tradicionales de la enseñanza y que se aproximen a visiones más contemporáneas, sino que contribuiría a ir generando una mejor fundamentación teórica de la línea STEM.

Es importante tener en cuenta que muchos de los trabajos propuestos en esta sublínea de investigación requieren de un conocimiento y de un material especializado para poderse implementar en el aula de clase. Sin embargo, varios de los proyectos abordados en este análisis y en esta categoría, parten de la premisa que no se necesitan materiales especializados o tecnologías muy sofisticadas para realizar un proyecto STEM en el marco de las clases de Ciencias Naturales. En este tipo de propuestas también se puede cuestionar el carácter interdisciplinario de la educación STEM, pues es evidente que se da preponderancia a la tecnología y a la ingeniería, otorgando menor importancia a las otras áreas del conocimiento (Ciencias y Matemáticas).

- **Diseño de actividades STEM en la clase de Ciencias.** En esta sublínea se suscriben los trabajos relacionados con el diseño de actividades STEM dentro de las clases de Ciencias. En esta categoría se parte de la premisa que no se necesita desarrollar grandes proyectos para poder llevar la educación STEM a la escuela o a la universidad, por lo contrario, se parte de la idea que esta implementación se puede hacer por medio de actividades pequeñas y sencillas de aula e inclusive en periodos cortos de tiempo. En total se identificaron 8 trabajos relacionados en esta sublínea y se relacionan en la tabla 5.

Tabla 5 – Artículos asociados a la sublínea diseño de actividades STEM en la clase de Ciencias.

Categoría	Artículos	Total de artículos
Diseño de actividades STEM en la clase de ciencias.	16, 28, 32, 37, 49, 50, 51, 54	8 Artículos

Dentro de esta sublínea se pueden mencionar trabajos como el de Mordeno, Sabac, Roulo, Bendong, Buan y Chokchai (2018), que desarrollan una propuesta basada en el diseño en el que los estudiantes deberán abordar un problema relacionado sobre cómo la basura está afectando a los residentes de una ciudad de Filipinas que viven cerca de un relleno sanitario. Los estudiantes por medio de la integración de los conocimientos de Ciencias de la Tierra, Física, Química y Biología pueden plantear algunas formas de abordar y solucionar el problema de forma interdisciplinar.

En este orden de ideas, el profesor de física les puede ayudar a abordar el problema desde la fuerza y la compresión de un compactador de basura, el profesor de química desde los lixiviados, las mezclas, el proceso de tratamiento de las aguas y el profesor de biología puede abordar el tema de los macroinvertebrados y los bioindicadores para medir la calidad del agua. El proyecto finaliza cuando los estudiantes realizan la integración de conocimientos y plantean el diseño y desarrollo de un prototipo o producto que ayude a resolver el problema planteado.

En esta sublínea, también se puede citar el trabajo de Chonkaew, Sukhummek y Faikhamta (2019), que proporciona a los maestros una guía sobre cómo crear un entorno práctico de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) por medio de un pequeño kit de laboratorio para determinar las relaciones molares estequiométricas de la reacción entre el gas hidrógeno y el gas oxígeno para secundaria. Esta guía proporciona a los maestros una alternativa de trabajo rápido, simple y de bajo costo que ayudará a grupos pequeños de estudiantes a adquirir experiencia práctica.

Para finalizar, se menciona un trabajo desarrollado por Parra y González (2020), en el que diseñan una actividad de cinco días, que involucra la construcción y caracterización de un automóvil pequeño cuyo movimiento es controlado por la reacción del reloj de vitamina C. El propósito de la actividad es involucrar asignaturas STEM en estudiantes que no se especializan en ciencias químicas. A lo largo de la actividad, los estudiantes aprenden y ponen en práctica conceptos básicos de electrónica y cinética química, mientras prueban cuatro tipos diferentes de dispositivos de energía eléctrica: celdas galvánicas, celdas termoeléctricas, celdas de combustible y paneles solares.

Los trabajos seleccionados en esta categoría ponen en evidencia que cuando la educación STEM es pensada desde actividades que se puedan implementar en el aula, la integración entre las áreas se da de forma más natural y menos forzada, lo que resalta el carácter interdisciplinario de este tipo de propuestas. Inclusive, la integración puede surgir como un elemento espontáneo en el desarrollo de la actividad por parte de los estudiantes y no como un requerimiento explícito o una solicitud de parte del maestro. La mayoría de las actividades aquí planteadas tienen un carácter experimental dentro de las clases de Ciencias. Lo que es cuestionable de este tipo de trabajos es que STEM se tiende a abordar más como una metodología para desarrollar actividades de aula y no como un enfoque curricular. Los trabajos citados anteriormente, fueron seleccionados porque las actividades diseñadas dieron cuenta de la naturaleza interdisciplinar de STEM con mayor detalle.

- **STEM y minorías.** En esta sublínea se suscriben los trabajos relacionados con la implementación de la educación STEM para resaltar grupos sociales subrepresentados como las mujeres en carreras propias de las Ciencia y la Tecnología, los estudiantes con necesidades especiales como los que tienen impedimentos visuales, los migrantes que llegan a Estados Unidos a buscar mejores oportunidades pero que tienen deficientes bases conceptuales para empezar a estudiar bajo un enfoque curricular STEM, y en general, jóvenes socialmente desatendidos en Estados Unidos (jóvenes urbanos). Para esta sublínea, se citó un trabajo representativo para cada una de las minorías identificadas. En la selección de los trabajos se tuvo en cuenta algunos criterios como el detalle y la descripción de cada una de las poblaciones subrepresentadas. En total se identificaron 7 trabajos relacionados en esta sublínea y se relacionan en la tabla 6.

Tabla 6 – Artículos asociados a la sublínea STEM y minorías.

Categoría	Artículos	Total de artículos
STEM y minorías	2, 6, 10, 21, 26, 43, 47	7 Artículos

Dentro de esta sublínea se pueden mencionar trabajos como el de Levine y DiScenza (2018), en el que se aborda el diseño, implementación y evaluación de un programa de extensión para niñas de secundaria que se enfoca en actividades relacionadas con química específicamente sobre el azúcar. El programa se llevó a cabo en febrero de 2016 y febrero de 2017, incluyó varios experimentos prácticos para aumentar el interés y el entusiasmo de las participantes por la ciencia en el marco de un campamento realizado durante un día. El éxito del programa se evaluó cuantitativamente mediante la administración de encuestas previas y posteriores al campamento.

Botero (2018), indica que la participación de la mujer es fundamental en todas las áreas de desarrollo de un país, pero se enfatiza en que se debe aumentar en las áreas STEM, porque la participación en los puestos de trabajo es muy baja, por lo que los países deben generar políticas e iniciativas más incluyentes para el género femenino. STEM desde los primeros años debe atraer mayor interés por parte de los estudiantes, pero en especial de las niñas.

Otros trabajos como los de Dockter, Uvarov, Guzmán y Molinaro (2017), muestran que los estudiantes especialmente de poblaciones minoritarias subrepresentadas, asignados a cursos de química preparatoria no avanzan en química general porque presentan un desempeño deficiente, la química general es vital para la persistencia de los estudiantes en educación STEM. Con el fin de apoyar, preparar y motivar mejor a estos estudiantes subrepresentados, se diseñó e implementó un curso de química preparatoria en línea para mejorar el desempeño de los estudiantes en química general y cursos STEM.

También, se cita el trabajo de Smith, Lampley, Dolan y Schleppenbach (2020), que tiene como objetivo utilizar la tecnología emergente de impresión tridimensional (3D) para ayudar a 17 estudiantes con impedimentos visuales para abordar algunos contenidos en química, como el de orbital atómico por medio del uso de gráficos impresos o táctiles o modelos 3D. Es complejo determinar si estos materiales contribuyeron al aprendizaje de los estudiantes, sin embargo, los estudiantes prefirieron estos modelos en 3D para comprender mejor los contenidos científicos.

Para finalizar, se puede concluir que la mayoría de trabajos categorizados en esta línea usan el acrónimo STEM haciendo referencia a los contenidos que deben aprender los estudiantes relacionados con estas áreas del conocimiento y también a profesiones relacionadas con Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. De acuerdo con Domenéch (2019), los alumnos y las alumnas de origen socioeconómico humilde acceden en muy baja proporción a las carreras relacionadas con STEM, por tanto, uno de los objetivos de la educación STEM debería ser la inclusión para corregir el sesgo de género y el sesgo socioeconómico en el acceso a estas vocaciones.

- **STEM y diseño curricular.** En esta sublínea se suscriben los trabajos que tienen como finalidad desarrollar y analizar propuestas curriculares STEM e identificar cómo se puede dar la alineación curricular entre las áreas científicas en los diferentes niveles de escolaridad. Los trabajos seleccionados y citados fueron aquellos en donde se explicaba con mayor detalle el diseño y el desarrollo curricular. En total se identificaron 5 trabajos relacionados en esta sublínea y se relacionan en la tabla 7.

Tabla 7 – Artículos asociados a la sublínea STEM y diseño curricular.

Categoría	Artículos	Total de artículos
STEM y diseño curricular	13, 17, 19, 56, 53	5 Artículos

Dentro de esta sublínea se pueden mencionar trabajos como el de Faulconer, Wood y Griffith (2020), que analiza la inclusión de las humanidades en un curso de química en línea para ver si existe una influencia en la conexión de los estudiantes entre el contenido del curso y las perspectivas interdisciplinarias. Específicamente, se preguntó a los estudiantes sobre el curso que establece una conexión clara con las disciplinas STEM, entre ciencia y no ciencia, entre ciencia y el mundo real, y una perspectiva más amplia de la conexión de la ciencia con otros cursos en sus programas de grado. Este tipo de estudios son importantes no solo para analizar cómo se da la integración entre las áreas STEM, también para conocer cómo perciben los estudiantes la integración dentro de los cursos de Ciencias.

Otro estudio que se puede citar es el de Caudill, Hill, Hoke y Lipan (2010) que describe cuatro proyectos de investigación de pregrado que involucran a estudiantes y profesores en biología, física, matemáticas e informática y cómo cada uno contribuyó de manera significativa a la concepción e implementación de un nuevo curso de Ciencia Cuantitativa Integrada dirigido para estudiantes de primer año de las especialidades de biología, química, matemáticas, informática y física.

Esta categoría permite analizar STEM como un enfoque curricular, que es la visión original de cómo se concibió desde Estados Unidos y los nuevos Estándares de Ciencias. Estos trabajos deben llevar a profundas reflexiones en torno a cómo hacer la integración curricular de áreas que son tan diversas, sobre cómo alinear al nivel microcurricular los contenidos y la evaluación y sobre qué metodologías y propuestas de aula pueden ser coherentes con esta forma de integrar las disciplinas. Esta sublínea debería derivar en aportes sobre los fundamentos en el trabajo interdisciplinar y transdisciplinar en la escuela.

- **STEM, actitudes e interés científico.** En esta sublínea se suscriben los trabajos que tienen como finalidad identificar cómo el enfoque STEM puede mejorar la motivación de los estudiantes por el aprendizaje de las Ciencias Naturales. Los trabajos seleccionados y citados fueron aquellos en donde se explicaba con mayor detalle cómo este enfoque puede ayudar a generar vocación científica e interés por carreras profesionales STEM. En total se identificaron 4 trabajos relacionados en esta sublínea y se relacionan en la tabla 8.

Tabla 8 – Artículos asociados a la sublínea STEM, actitudes e interés científico.

Categoría	Artículos	Total de artículos
STEM, actitudes e interés científico	8, 15, 22, 25	4 Artículos

En esta sublínea se puede mencionar trabajos como el de Donnelly, Díaz y Hernández (2016), en el que desarrollaron un programa intensivo de ciencias durante una semana que tenía como objetivo enseñar e inspirar a los estudiantes de secundaria para seguir con carreras relacionadas en áreas científicas. El programa fue desarrollado combinando sesiones instructivas, actividades prácticas y recorridos de laboratorio para evaluar lo que los estudiantes aprenden en la escuela secundaria. La evaluación y la retroalimentación de los estudiantes que participaron en este programa, confirman la efectividad de este proyecto frente a la elección de profesiones STEM como carreras profesionales.

Otro trabajo seleccionado en esta sublínea es el de Aeschlimann, Herzog, y Makarova (2016), que plantean un estudio centrado en la siguiente pregunta: ¿Cómo puede aumentar la motivación de los estudiantes de secundaria en las clases de matemáticas, física y química y qué impacto tiene esta motivación en la elección de una carrera en STEM? Los resultados de la investigación muestran que la motivación intrínseca de los estudiantes por determinadas clases (ciencias y matemáticas) tiene un impacto positivo en su disposición a elegir una carrera STEM como campo de estudio.

Bybee (2013) menciona que uno de los objetivos que persigue la educación STEM es la innovación y el aporte de la mayor cantidad de fuerza laboral para los campos de las Ciencias, la Ingeniería y la Tecnología. Otros autores como Domenèch (2019), indican que STEM puede verse como un conjunto de objetivos políticos entre los que se encuentra las vocaciones y las competencias profesionales, es decir, se deben promover las vocaciones científico – tecnológicas y su capacidad para afrontar nuevos retos. Partiendo de las anteriores ideas, se puede concluir que los trabajos seleccionados en esta sublínea son relevantes porque se cuestiona sobre cómo lograr que los estudiantes se interesen por elegir carreras STEM y si es suficiente el trabajo que se realiza en las escuelas para generar motivación e interés por los estudiantes en estas áreas del conocimiento.

- **STEM y formación de profesores.** En esta sublínea se suscriben los trabajos que tienen como finalidad desarrollar cursos y programas de formación de profesores en torno al enfoque STEM y explorar las concepciones y percepciones que tienen los profesores sobre este enfoque. Los trabajos seleccionados y citados fueron aquellos en donde se explicaba con mayor rigor metodológico el curso o el programa de formación. En total 4 artículos estaban relacionados con esta sublínea.

Tabla 9 – Artículos asociados a la sublínea STEM y formación de profesores.

Categoría	Artículos	Total de artículos
STEM y formación de profesores	7, 11, 33, 41	4 Artículos

Dentro de esta sublínea se pueden mencionar trabajos como el Domènech, Lope y Mora (2019), que formaron a 82 docentes de secundaria (en especialidades de Ciencias, Matemáticas, Tecnología) sobre

Aprendizaje Basado por Proyectos (ABP) en STEM. Esta formación se estructuró en dos módulos: presentación de buenas prácticas y diseño de propuestas con la ayuda de mentores. En este trabajo, se analizaron y discutieron las percepciones del profesorado sobre las estrategias formativas y sus percepciones sobre dificultades y potencialidades de la metodología ABP en el despliegue STEM.

También se puede citar el trabajo de Stammes, Henze, Barendsen y De Vries (2020), que parten de la idea que el diseño es una práctica central en la disciplina de la química y podría fomentar una educación en química significativa. Por ello, en este trabajo se exploraron las ideas pedagógicas de los profesores de química sobre el diseño en el contexto de una comunidad de aprendizaje profesional holandesa. Como conclusión se pudo determinar que los profesores no veían el diseño de la enseñanza como un objetivo de la educación química. En cambio, los maestros valoraban el diseño como un enfoque de enseñanza para involucrar a los estudiantes en la aplicación de conceptos de química, en el desarrollo de habilidades sociales y en la aplicación o desarrollo de prácticas de investigación.

La emergencia STEM está actuando como un potente galvanizador de impulsos docentes, y en poco tiempo ha conseguido crear una comunidad profesional autopropulsada y comprometida con el cambio educativo, que se entrelaza de forma muy positiva con referencias de la pedagogía clásica (como la enseñanza activa) y nuevas tecnologías educativas (Domènech-Casal, 2019). Abordar la perspectiva STEM desde la visión del docente debe llevar a reflexionar sobre cómo los docentes conciben esta integración entre las disciplinas, y sobre qué potencialidades pedagógicas y didácticas le asignan a este tipo de propuestas educativas. En esta sublínea se pueden generar aportes hacia al formación inicial del profesorado y también hacia su formación permanente en el ejercicio en la escuela, de tal manera que se podrían generar referentes tanto teóricos como metodológicos para la enseñanza de las ciencias soportada en STEM.

- **Unidades didácticas y libros de texto STEM.** En esta sublínea se suscriben los trabajos que tienen como finalidad desarrollar unidades didácticas transversales bajo el enfoque STEM y analizar libros de textos escolares de ciencias naturales diseñados con el enfoque STEM. En total 3 artículos estaban relacionados con esta sublínea.

Tabla 10 – Artículos asociados a la sublínea unidades didácticas y libros de texto STEM.

Categoría	Artículos	Total de artículos
Unidades didácticas y libros de texto STEM	34, 40, 55	3 Artículos

Dentro de esta sublínea se pueden mencionar trabajos como Ferrada, Díaz y Salgado (2018), en el que realizan un análisis de actividades que se ajustan a la propuesta STEM en libros de texto de Chile y España. Esta investigación siguió una metodología cuantitativa, a nivel descriptivo, basada en la aplicación de una guía de verificación diseñada de acuerdo al Modelo Interdisciplinario de Educación. STEM. Para ello, se utilizó una muestra de cuatro libros de texto: dos de ellos correspondían a Educación Primaria en Ciencias (séptimo y octavo grado) en Chile y los otros dos a Educación Secundaria en Ciencias en español (primero y segundo grado). Los hallazgos más importantes muestran una baja presencia de estas actividades en los libros de texto seleccionados.

De acuerdo con Perales y Jiménez (2002), es indudable que uno de los pilares básicos sobre los que se sustenta la acción docente, en cualquier nivel educativo, es el libro de texto. Resulta hoy por hoy incuestionable su poderosa influencia en el trabajo de aula, tanto para los profesores como para los alumnos, constituyéndose como un referente del saber científico. Partiendo de esta idea, es importante analizar las diferentes propuestas de libros de texto y unidades didácticas que abarcan el enfoque STEM, para identificar cómo se hace la integración de la tecnología, la matemática y la ingeniería con los contenidos propios de las Ciencias Naturales, qué visión de ciencia y tecnología construirán los estudiantes que aprendan con estos materiales y que visión sobre el enfoque STEM construirán los profesores. Al igual que las otras sublíneas, desde ésta se pueden generar interrelaciones con reflexiones propias de la Naturaleza de la Ciencia, y de ahí que su aporte sea de gran relevancia para la construcción de visiones contemporáneas sobre conocimiento científico y tecnológico, la relación de teoría y experimentación, el papel del instrumento, entre muchas.

- **STEM y contenidos científicos.** En esta sublínea se suscriben los trabajos que tienen como finalidad desarrollar proyectos STEM para mejorar la comprensión de los estudiantes de diferentes contenidos científicos. En total 2 artículos estaban relacionados con esta sublínea.

Tabla 11 – Artículos asociados a la sublínea STEM y contenidos científicos.

Categoría	Artículos	Total de artículos
STEM y contenidos científicos	1, 57	2 Artículos

Dentro de esta sublínea se puede citar el trabajo Bramstedt (2020), en el que desarrolla una nueva e innovadora tabla periódica de elementos químicos como una herramienta educativa para la educación secundaria y universitaria STEM. La herramienta está diseñada para usarse en un enfoque basado en casos que sea factible tanto para estudiantes individuales como para grupos pequeños. Esta herramienta se establece como una alternativa para integrar las discusiones de ética en la enseñanza de la química y con ella los maestros pueden crear un plan de estudios que facilite las conexiones entre la ética, la química y la sociedad. Este tipo de trabajos se ponen en discusión cómo los proyectos STEM de aula pueden ser una alternativa para mejorar la comprensión de los conceptos científicos por parte de los estudiantes.

- **STEM y actividades prácticas experimentales.** En esta sublínea se suscriben los trabajos que tienen como finalidad analizar los cambios en las prácticas de laboratorio con enfoque STEM, analizar las instrucciones que reciben los estudiantes en las prácticas de laboratorio, indagar cómo los campamentos científicos ayudan a generar vocaciones STEM y explorar las percepciones de los estudiantes de secundaria sobre las carreras STEM. Los trabajos que se presentan en esta sublínea están preocupados por pensar cómo STEM puede llegar a mejorar el trabajo experimental en las clases de ciencias. En total 2 artículos estaban relacionados con esta sublínea.

Tabla 12 – Artículos asociados a la sublínea STEM y actividades prácticas experimentales.

Categoría	Artículos	Total de artículos
STEM y contenidos científicos	9, 23	2 Artículos

Dentro de esta sublínea se pueden citar trabajos como el de Huang, Nguyen, Stark, Jewett y Collins (2018), que desarrollan un kit educativo de biología sintética basado en reacciones libres de células (FD-CF), liofilizadas, estables en almacenamiento, que se activan simplemente agregando agua. Este tipo de kits son una alternativa para poder realizar demostraciones prácticas que mejoran enormemente la enseñanza de áreas STEM. Las reacciones FD-CF involucran los sentidos de la vista, el olfato y el tacto con salidas que producen fluorescencia, fragancias e hidrogeles, respectivamente. Este tipo de trabajos ponen en cuestión cómo la educación STEM puede ayudar a diversificar el trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias a través de prácticas científico ingenieriles.

Criterios de análisis 3

A continuación se presentan la agrupación de los trabajos en dos niveles.

Tabla 13 – Artículos asociados a los niveles de análisis 1 y 2.

Artículos nivel 1	Artículos nivel 2
En este nivel se asignaron los artículos en los que había una correspondencia completa de las palabras clave seleccionadas en este análisis bibliométrico y el trabajo de investigación.	En este nivel se asignaron los artículos que abordaron las palabras claves de una forma superficial sin un análisis teórico y crítico muy profundo.
01, 03, 05, 06, 07, 08, 11, 13, 15, 16, 19, 22, 23, 25, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 39, 40, 41, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57	02, 04, 09, 10, 12, 14, 17, 18, 20, 21, 24, 26, 30, 36, 38, 42, 43, 44, 45, 47, 55
Cantidad de artículos: 36	Cantidad de artículos : 21

Se puede concluir que el 63% de los artículos abordados pertenecen al nivel 1 y el 37% pertenecen al nivel 2. En muchos de los trabajos se utiliza el acrónimo STEM para referirse de manera superficial a una metodología, a unas áreas del conocimiento, a unas vocaciones e inclusive a algunas herramientas, pero en ellos, no hace un análisis profundo sobre las implicaciones de la educación STEM.

CONSIDERACIONES FINALES

El término STEM es polisémico y puede tener múltiples definiciones e interpretaciones. Se puede interpretar como: un enfoque curricular, una nueva manera de enseñar, nuevos contenidos y habilidades que se pueden enseñar y aprender, un nuevo objetivo de la educación, nuevos recursos y tecnologías aplicadas a la educación, una estrategia de alfabetización, una estrategia de innovación educativa, e inclusive como un objetivo político. Sin embargo, es importante aclarar que no hay una sola definición que sea mejor que las otras. Esta polisemia se ha presentado por las visiones que los docentes han construido a través de su experiencia con este enfoque y de la forma como ellos le han dotado de significado pedagógico y didáctico.

Todas las maneras posibles de interpretar STEM comparten una característica en común: el carácter interdisciplinario que permite integrar diferentes áreas en el medio educativo. Sin embargo, es importante reflexionar sobre cómo se desarrolla esta interdisciplinariedad porque en muchas ocasiones se ve reducida a trabajar contenidos de diferentes áreas y de diferente naturaleza de forma integrada. Couso (2017), menciona que más allá de los contenidos, es complejo que las actividades interdisciplinarias desarrollen la “mirada epistémica” de cada área al mismo tiempo. Por ello, un reto que tienen los profesores que deciden abordar el enfoque STEM es reflexionar sobre cómo llevar a cabo una verdadera propuesta educativa interdisciplinaria. De igual forma, queda por desarrollar una perspectiva epistemológica de construcción del conocimiento desde lo interdisciplinario que pueda fundamentar mejor el trabajo en STEM.

Dado que el término STEM se presenta como “innovador”, es común que se generen ciertas “modas” y creencias, por ejemplo, que se debe enseñar Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas como STEM lo propone (conociendo que es una metodología). Sin embargo, autores como Domenèch (2019), indican que es más razonable pensar a la inversa, es decir, para desarrollar realmente STEM es necesario enseñar ciencias de manera integral de tal forma que los estudiantes desarrollen los conocimientos y habilidades necesarios para abordar los problemas que STEM les propone. Se genera así un reto y es pensar qué tipo de aportes genera STEM al desarrollo del pensamiento científico y tecnológico en la escuela desde la interdisciplinariedad, qué tipo de competencias pueden desarrollarse en este pensamiento y cómo hacerlo en el aula de clase.

Mediante el presente análisis bibliométrico se pudo confirmar que la educación STEM es una línea de investigación emergente en el marco de la didáctica de las ciencias, que ha presentado un crecimiento en los últimos 5 años, dado el aumento significativo de publicaciones en revistas científicas indexadas y clasificadas como Q1, Q2, Q3 y Q4. Dentro de esta línea de investigación, se encontraron nueve sublíneas emergentes: STEM y herramientas tecnológicas e informáticas, Diseño de actividades STEM en la clase de ciencias, STEM y minorías, STEM y diseño curricular, STEM, actitudes e interés científico, STEM y formación de profesores, Unidades didácticas y libros de texto STEM, STEM y actividades prácticas experimentales; y STEM y contenidos científicos. En el futuro se espera que estas sublíneas aporten a la construcción de referentes epistemológicos, pedagógicos y didácticos para STEM que potencie el desarrollo del pensamiento científico y tecnológico en la escuela (García-Martínez y Pinilla (2007).

La mayoría de los trabajos seleccionados para realizar este análisis bibliométrico fueron categorizados dentro de la línea STEM y herramientas tecnológicas e informáticas. Esto se debe principalmente a dos razones. La primera, porque se concibe STEM de una manera tecnocentrista asociada a la implementación y al uso de nuevas tecnologías en el aula de ciencias; la segunda, porque en muchos países alrededor del mundo, se comunica STEM como una metodología que utiliza la robótica, la electrónica y la ingeniería para crear nuevos prototipos o artefactos. Domenèch (2019) menciona que en lugar de comunicar STEM como una metodología de trabajo integrado, se debería comunicar los objetivos que persigue STEM. De esta forma, se permite al profesorado aportar su creatividad e innovación para generar estrategias más específicas y ajustadas al entorno al cual van dirigidos sus proyectos STEM. Es importante retomar referentes desde los fundamentos de la tecnología y la educación en ciencias, de tal manera que se fortalezca el uso de TIC desde la Didáctica de las Ciencias en STEM.

Pensar STEM en términos de los objetivos, obliga a los maestros y a las instituciones educativas a hacerse una pregunta básica: ¿Para qué implementar STEM? Esta pregunta puede tener múltiples respuestas, sin embargo, en los trabajos presentados en este documento podemos sintetizar algunas de ellas: para mejorar la motivación y el interés de los estudiantes por las áreas científicas; para obtener nuevos recursos y herramientas para potenciar las actividades prácticas en las aulas de ciencias; para generar una inclusión a poblaciones subrepresentadas como las mujeres, los migrantes americanos y las personas con algún tipo de discapacidad; para analizar los materiales escolares (libros, guías, manuales) que se producen para enseñar ciencias; para formar a los profesores de ciencias en nuevas estrategias interdisciplinarias de enseñanza, entre otras. La pregunta planteada, se relaciona con lo mencionado en líneas anteriores, y hace referencia al aporte que genera STEM al desarrollo de pensamiento científico y tecnológico, de esto surgen elementos de reflexión como; cual es el valor agregado de vincularlo en el trabajo de aula y qué tipo de competencias contempla el profesor desarrollar al hacerlo, entre otras.

REFERENCIAS

- Aeschlimann, B., Herzog, W., & Makarova, E. (2016). *How to foster students' motivation in mathematics and science classes and promote students' STEM career choice. A study in Swiss high schools. International Journal of Educational Research, 79, 31–41.* <https://dx.DOI.org/10.1016/j.ijer.2016.06.004>
- Adúriz-Bravo, A. (2020). La investigación en didácticas de las ciencias naturales hoy. Conferencia en el marco del sexto encuentro de maestros investigadores: reinventado la educación. Recuperado de <https://youtu.be/u22z1CVAPcY>.
- Bramstedt, K. (2020). Partnering Ethics and Chemistry in Secondary and University STEM Education via an Innovatively Designed Periodic Table of Chemical Elements. *Acta bioethica, 26(1)*, 101-106. <https://dx.DOI.org/10.4067/S1726-569X2020000100101>
- Botero, J. (2018). Educación STEM. Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender. STEM Education Colombia. Recuperado de <https://www.stemeducol.com/product-page/educaci%C3%B3n-stem-introducci%C3%B3n-a-una-nueva-forma-de-ense%C3%B1ar-y-aprender>
- Bybee R.W. (2010). ¿What is STEM Education? *Science, 329(5995)*, 996. <https://dx.DOI.org/10.1126/science.1194998>
- Caudill, L., Hill, A., Hoke, K., & Lipan, O. (2010). *Impact of Interdisciplinary Undergraduate Research in Mathematics and Biology on the Development of a New Course Integrating Five STEM Disciplines. CBE—Life Sciences Education, 9(3)*, 212–216. <https://dx.DOI.org/10.1187/cbe.10-03-0020>
- Chonkaew, P., Sukhummek, B., & Faikhamta, C. (2019). *STEM Activities in Determining Stoichiometric Mole Ratios for Secondary-School Chemistry Teaching. Journal of Chemical Education, 96(6)*, 1182-1186. <https://dx.DOI.org/10.1021/acs.jchemed.8b00985>
- Couso, D. (2017). «Per a què estem a STEM? Definint l'alfabetització STEM per a tothom i amb valors». *Ciències. Revista del Professorat de Ciències d'Infantil, Primària i Secundària, 34*, 20-28. <https://doi.org/10.5565/rev/ciencias.403>
- Couso, D. (2017). ¿Por qué estamos en STEAM? Innobasque. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=zXZinK_im6E&t=5s
- Dian, A., & Suryadi, U. (2020). Analysis of STEM-PBL based e-module needs to improve students' critical-thinking skills. *International Conference on Science Education and Technology.* <https://dx.DOI.org/10.1088/1742-6596/1511/1/012096>
- Dockter, D., Uvarov, C., Guzmán, A., & Molinaro, M. (2017). Improving Preparation and Persistence in Undergraduate STEM: Why an Online Summer Preparatory Chemistry Course Makes Sense. *Online Approaches to Chemical Education. Chapter 2 (pp 7-33).* <https://dx.DOI.org/10.1021/bk-2017-1261.ch002>

- Domènech-Casal, J. (2019). STEM: Oportunidades y retos desde la Enseñanza de las Ciencias. *Universitas Tarraconensis. Revista de Ciències de l'Educació*, 1(2), 154-168. <https://DOI.org/10.17345/ute.2019.2.2646>
- Domènech-Casal, J., Lope, S. & Mora, L. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 16(2), 2203. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203
- Domènech-Casal J. (2020). Construyendo un simulador de ecosistemas. Una experiencia STEM de enseñanza de dinámica de los ecosistemas, funciones matemáticas y programación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 3202. https://dx.DOI.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3202
- Donnelly, J., Diaz, C., & Hernandez, F. E. (2016). OCTET and BIOTEC: A Model of a Summer Intensive Camp Designed To Cultivate the Future Generation of Young Leaders in STEM. *Journal of Chemical Education*, 93(4), 619–625. <https://dx.DOI.org/10.1021/acs.jchemed.5b00664>
- Faulconer, E. K., Wood, B., & Griffith, J. C. (2020). *Infusing Humanities in STEM Education: Student Opinions of Disciplinary Connections in an Introductory Chemistry Course. Journal of Science Education and Technology*. <https://dx.DOI.org/10.1007/s10956-020-09819-7>
- García-Martínez, Á., & Pinilla, J. (2007). *Orientaciones curriculares para el campo de Ciencia y Tecnología* (Secretaría de Educación de Distrital, ed.). Bogotá, Colombia: Imprenta Nacional de Colombia.
- Gerber, L. C., Calasanz-Kaiser, A., Hyman, L., Voitiuk, K., Patil, U., & Riedel-Kruse, I. H. (2017). *Liquid-handling Lego robots and experiments for STEM education and research. PLOS Biology*, 15(3), e2001413. <https://dx.DOI.org/10.1371/journal.pbio.2001413>
- Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa* (4a. ed). São Paulo, SP: Atlas.
- Grant, M., & Booth, A. (2009). A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. *Journal compilation Health Libraries Group. Health Information and Libraries Journal*, 26, 91–108. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>
- Grout, I. (2017). Remote Laboratories as a Means to Widen Participation in STEM Education. *Education Sciences*, 7, 85. <https://dx.DOI.org/10.3390/educsci7040085>
- Guitart, F., & Lope, S. (2019) Y tú, ¿te proteges del sol? Un proyecto STEM con mirada científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(3), 3202. https://dx.DOI.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3202
- Gupta, T. (2020). *Communicating Chemistry through Social Media Communicating Chemistry through Social Media A Re active Teaching Evolution : Using Social Media for Teaching Re action and Student Engagement. May 2018*. <https://DOI.org/10.1021/bk-2018-1274>
- Huang, A., Nguyen, P. Q., Stark, J. C., Takahashi, M. K., Donghia, N., Ferrante, T., ... Collins, J. J. (2018). BioBits™ Explorer: A modular synthetic biology education kit. *Science Advances*, 4(8), eaat5105. <https://dx.DOI.org/10.1126/sciadv.aat5105>
- Kelley, T.R., & Knowles, J.G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(11), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Levine, M., & DiScenza, D. J. (2018). Sweet, Sweet Science: Addressing the Gender Gap in STEM Disciplines through a One-Day High School Program in Sugar Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 95(8), 1316–1322. <https://dx.DOI.org/10.1021/acs.jchemed.7b00900>

- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J. & Vílchez-González, J.M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A systematic review of literature. *Science Education*, 103, 799-822. <http://DOI.org/10.1002/sce.21522>
- Mordeno, I. C., Sabac, A. M., Rouillo, A. J., Bendong, H. D., Buan, A., & Yuenyong, C. (2019). Developing the Garbage Problem in Iligan City STEM Education Lesson Through Team Teaching. *Journal of Physics: Conference Series*, 1340(1). <https://dx.DOI.org/10.1088/1742-6596/1340/1/012046>
- Moore, T., Stohlmann, M., Wang, H., Tank, K., Glancy, A. y Roehrig, G. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. En S. Purzer, J. Strobel, y M. Cardella (Eds.), *Engineering in Pre-College Settings: Synthesizing Research, Policy, and Practices* (pp. 35–60). Indiana, United States of America: Purdue University Press. <https://dx.DOI.org/10.1186/s43031-019-0010-0>
- Parra Cordova, A., & González Peña, O. I. (2020). *Enhancing Student Engagement with a Small-Scale Car That Is Motion-Controlled through Chemical Kinetics and Basic Electronics*. *Journal of Chemical Education*. <https://dx.DOI.org/10.1021/acs.jchemed.0c00043>
- Perales, F., & Jiménez, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Revista enseñanza de las ciencias*, 20, 369-386. <https://dx.DOI.org/10.5565/rev/ensciencias.3954>
- Perales Palacios, F. J., & Aguilera, D. (2020). Ciencia-Tecnología-Sociedad vs. STEM: ¿evolución, revolución o disyunción?. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(1), 1-15. <https://DOI.org/10.17979/arec.2020.4.1.5826>
- Pinger, C. W., Geiger, M. K., & Spence, D. M. (2019). *Applications of 3D-Printing for Improving Chemistry Education*. *Journal of Chemical Education*. <https://dx.DOI.org/10.1021/acs.jchemed.9b00588>
- Purzer, S., Strobel, J., & Cardella, M. (2014). *Engineering in Pre - College Settings: Synthesizing Research, Policy, and Practice*, Purdue University Press. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/j.ctt6wq7bh>
- Salgado-orellana, N., & Granada, U. De. (2018). Análisis de Actividades STEM en libros de texto Chilenos y españoles de Ciencias, 39(2014), 111–130. Recuperado de http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_ped/article/view/16529/144814483031
- Sanders, M. & Wells, J. (2008). Integrative STEM Education Course Syllabi & Instructional Materials: STEM Education Foundations. En *STEM Education Trends & Issues*, STEM Education Seminar. Recuperado de <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/51616/STEMmania.pdf?sequence>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Seroy, S. K., H. Zulmuthi, and D. Grünbaum. 2019. Connecting chemistry concepts with environmental context using student-built pH sensors. *Journal of Geoscience Education*, 68(4), 334–344, <https://DOI.org/10.1080/10899995.2019.1702868>
- Simarro, C., & Couso, D. (2018). Visiones en educación STEAM: y las mates, ¿qué? *Revista didáctica de las matemáticas* 81, 49-56. Recuperado de <https://www.grao.com/es/producto/visiones-en-educacion-steam-y-las-mates-que-un08193917>
- Shaughnessy, J.M. (2013). Mathematics in a STEM Context. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 18(6), 324. <https://dx.DOI.org/10.5951/mathteacmiddscho.18.6.0324>
- Smith, D. W., Lampley, S. A., Dolan, B., Williams, G., Schleppenbach, D., & Blair, M. (2020). *Effect of 3D Manipulatives on Students with Visual Impairments Who Are Learning Chemistry Constructs: A Pilot Study*. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 0145482X2095326. <https://dx.DOI.org/10.1177/0145482x20953266>

Stammes, H., Henze, I., Barendsen, E., & De Vries, M. (2020). Bringing design practices to chemistry classrooms: studying teachers' pedagogical ideas in the context of a professional learning community, *International Journal of Science Education*. [https://dx.Doi.org/10.1080/09500693.2020.1717015](https://dx.doi.org/10.1080/09500693.2020.1717015)

Tucker-Raymond, E., Puttick, G., Cassidy, M., Hartevelde, C., & Troiano, G. M. (2019). "I Broke Your Game!": critique among middle schoolers designing computer games about climate change. *International Journal of STEM Education*, 6(1). [https://DOI.org/10.1186/s40594-019-0194-z](https://doi.org/10.1186/s40594-019-0194-z)

Vasques, A., Sneider, C., Comer, M. (2013). *STEM Lesson Essentials - Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics, Grades 3-8*. National Science Teaching Association. Recuperado de <https://www.heinemann.com/products/e04358.aspx>

Recebido em: 01.06.2021

Aceito em: 13.10.2021