
CF.61 Análisis Bibliométrico sobre el uso de Tecnologías Emergentes en la enseñanza de las Ciencias Experimentales en la década 2010 - 2019.

Francisco Silva-Díaz^{1*}, Javier Carrillo-Rosúa^{1,2}, Gracia Fernández-Ferrer¹ y Mercedes Vázquez-Vílchez¹.

¹Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Granada. ² Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC-UGR), España. * fsilva@correo.ugr.es

RESUMEN

Se presenta una revisión de literatura basada en indicadores bibliométricos sobre el uso de Tecnologías Emergentes en Educación (TEE) utilizadas en la enseñanza de las Ciencias Experimentales, la educación STEM/STEAM y que se apliquen en Educación Secundaria. Se han considerado como TEE aquellas recogidas en el informe “*Horizon Report: K-12 Edition*”; a) *Makerspaces*, b) *Robotics*, c) *Analytics Technologies*, d) *Virtual Reality*, e) *Artificial Intelligence* y f) *The Internet of Things*. Se ha realizado una búsqueda en Scopus basada en una ecuación que reúne términos claves de las tres variables de análisis descritas. A partir de una muestra refinada (N= 155), se observa un predominio de la Realidad Virtual (y Aumentada) y Robótica (84%) seguida por los Espacios Maker (10%) y, en menor medida, la Inteligencia Artificial, las Tecnologías Analíticas e Internet de las cosas (2%).

Palabras clave: Tecnologías Emergentes en Educación, Educación Científica, Educación STEM, Educación STEAM.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las Ciencias Experimentales plantea muchos, y fascinantes, desafíos, principalmente debido a lo complejo de cautivar a estudiantes cada vez más desmotivados por el aprendizaje de las Ciencias (COCSE, 2011; OCDE, 2015; Rocard, 2007). En ese sentido, las actitudes juegan un rol fundamental en el aprendizaje (Aguilera y Perales-Palacios, 2018; Osborne, Simon y Collins, 2003; Tzu-Chiang et al., 2014), por lo que fomentar el desarrollo de actitudes positivas hacia la disciplina podría incidir en una mayor motivación y, por consiguiente, un aprendizaje más significativo. Además, las actitudes, están relacionadas directamente con las experiencias positivas y el posterior desarrollo de vocaciones científicas (Bybee y McCrae, 2011; Osborne et al., 2003). En la búsqueda de conseguir una mayor cercanía, por parte de los estudiantes, hacia las ciencias, el uso de la tecnología cumple un rol esencial, puesto que permite maximizar la mejora de las actitudes (Aguilera y Perales-Palacios, 2018). En ese sentido, la incorporación de nuevas tecnologías para la enseñanza se ha desarrollado de forma progresiva, y sostenida, en los últimos años (ODITE, 2017), por lo que el estudio de las denominadas Tecnologías Emergentes en Educación (TEE) se hace cada vez más necesario (Makokha, 2017).

Se desarrolla una revisión de la literatura actual, mediante un análisis bibliométrico, sobre el uso de diversas TEE para la enseñanza de las Ciencias Experimentales, abordada desde la didáctica de la propia disciplina y los enfoques STEM y STEAM.

MÉTODO

El presente estudio se realiza mediante el flujo de trabajo para estudios bibliométricos propuestos por Zupic y Čater (2015), siguiendo un esquema de cinco pasos que se presenta a en la Figura 1.



Figura 1. Diagrama de flujo utilizado en el proceso de revisión bibliométrica.

En el diseño del estudio se ha considerado un análisis bibliométrico de la literatura más relevante sobre el uso de TEE en las Ciencias Experimentales, por lo que se han considerado tres variables de análisis: a) Tipo de Tecnología utilizada, b) Tipo de Enseñanza y c) Nivel Educativo.

Respecto del “Tipo de Tecnología”, se ha utilizado como marco de referencia aquellas incluidas en el Informe “*Horizon Report: K-12 Edition*” (Freeman, Adams, Cummins, Davis, y Hall, 2017). En la Tabla 1 se presenta una descripción de las TEE consideradas para el presente estudio.

Tabla 1. Tecnologías Emergentes en Educación.

TEE	CONCEPTUALIZACIÓN	EJEMPLOS
Makerspaces	Son espacios físicos diseñados para fomentar el aprendizaje mediante el trabajo “práctico”, suelen contar con diversos tipos de Tecnologías Emergentes. El énfasis se centra en las actividades manuales por sobre la tecnología.	Impresoras 3D Cortadores Laser Softwares de Animación.

TEE	CONCEPTUALIZACIÓN	EJEMPLOS
Robotics	La Robótica es considerada como el diseño y las aplicaciones de robots o máquinas automatizadas que realizan diversas actividades. Se utilizan para fomentar el pensamiento crítico y computacional en el estudiantado de secundaria. Además, se suelen asociar al desarrollo de actividades de tipo STEM.	Lego WeDo MBot Next Scratch Arduino
Analytics Technologies	Las Tecnologías Analíticas son consideradas como herramientas y aplicaciones que convierten datos en información procesable, lo que permite al profesorado tener información, en tiempo real, sobre los progresos del alumnado que faciliten la toma de decisiones respecto de los ajustes necesarios en función de sus logros.	Sistemas de gestión de bases de datos. Herramientas de análisis predictivo y de modelado
Virtual Reality	Se refiere a entornos generados por computadora que simulan un espacio físico en los que se desarrollan experiencias sensoriales realistas. Existen dos tipos de inmersión, de nivel básico que contempla el uso de imágenes en 3D con la posibilidad de interactuar mediante el uso de un ordenador y un nivel alto que permiten conseguir un mayor grado de inmersión, lo que ofrece experiencias más “realistas”. Adicionalmente, la “Realidad Mixta” ofrece información adicional en un entorno real con elementos basados en tecnología de Realidad Aumentada.	Samsung Gear Google Cardboards HTC-Vive Oculus Rift / Go Playstation VR Microsoft Hololens
Artificial Intelligence	Es considerada como la capacidad de las computadoras de tomar decisiones basadas en el aprendizaje automático a partir de la interacción con los seres humanos. Se basa en la automatización de tareas complejas y la capacidad de predicción a partir del manejo de datos masivos.	Cortana (Microsoft) Siri (Apple) Alexa (Amazon) Google Home
The Internet of Things	El Internet de las cosas (IoT) consta de objetos dotados de potencia informática a través de procesadores o sensores integrados capaces de transmitir información a través de redes. Estas conexiones permiten la gestión remota, la supervisión del estado, el seguimiento y las alertas. Este tipo de tecnologías facilita la optimización de recursos a partir de los datos obtenidos en tiempo real.	Wearables Smart Devices Smartwatch Smartphone Sensors

En cuanto al “Tipo de Enseñanza” se han considerado a los que van dirigidos los documentos. Se han establecido tres categorías que se describen en la Tabla 2.

Tabla 2. Tipo de Enseñanza.

Didáctica de las Ciencias Experimentales	En esta categoría se contempla la enseñanza de las Ciencias, considerando, para ello, la Física, Química, Biología, Geología, Educación Ambiental, Ciencias de la Tierra, Ciencias de la Vida y/o Ciencias del Espacio.
Educación STEM	En cuanto al ámbito STEM, se contemplan todos aquellos estudios que declaren en sus abstracts la educación STEM, ya sea en su acrónimo o de forma segregada (<i>Sciences, Technology, Engineering and Mathematics</i>). Adicionalmente, se contemplan aquellos estudios que, aunque no se declare en sus abstracts, se realicen actividades de tipo STEM (e. g. Robótica Educativa).
Educación STEAM	En relación a esta categoría, se han considerado aquellos estudios que declaran, explícitamente, un enfoque STEAM, es decir, que incluyan la variante “art” o más cercana al ámbito de las humanidades.

Finalmente, con relación a la variable “Nivel Educativo” se ha considerado el nivel al cual se encuentran dirigidos los estudios, estando las categorías descritas en la Tabla 3.

Tabla 3. Nivel Educativo.

Secundaria	Se contemplan todos aquellos estudios dirigidos al nivel secundario, para estos efectos se han considerado los términos “high school” y “middle school”, además de los niveles independientes (6th grade, 7th grade, ..., 12th grade) y en su conjunto (Secondary School).
Primaria + Secundaria	En esta categoría se contemplan aquellos estudios en los que, además de incluir la Educación Secundaria, consideran algunos cursos de Educación Primaria, en ningún caso esta actúa de forma independiente.
Formación del Profesorado + Secundaria	Con relación a esta categoría, se consideran aquellos estudios que, dirigidos o no al estudiantado de Secundaria, contemplan al profesorado tanto en formación (Inicial o Continua) o en ejercicio de la profesión en el nivel Secundario.

El proceso de recolección de datos se desarrolla a partir de la elaboración de una ecuación de búsqueda avanzada (Tabla 4) para la base de datos Scopus debido, entre otros aspectos, por su amplio uso en el sector académico y por los altos niveles de calidad que implica la indexación en dicha base de datos.

Tabla 4. Ecuación de búsqueda avanzada (Scopus)

TITLE-ABS-KEY((robot* OR “maker spaces” OR “makerspaces” OR “analytics technologies” OR “virtual reality” OR “augmented reality” OR “Artificial Intelligence” OR “Internet of Things” OR “Emerging Technologies” OR “3d Printer” OR “laser cutter”) AND (“Science education” OR “Science Learning” OR “Science Teaching” OR “science” OR “physics” OR “chemistry” OR “geology” OR “earth sciences” OR “biology” OR “environmental sciences” OR “space sciences” OR “life sciences” OR “STEM” OR “STEAM”) AND (“secondary education” OR “secondary school” OR “Middle school” OR “high school” OR “7th grade” OR “8th grade” OR “9th grade” OR “10th grade” OR “11th grade” OR “12th grade”))

Por otra parte, en la Tabla 5 se presentan los criterios de inclusión y exclusión considerados para la selección de la muestra, mientras que en la Figura 2 se presenta un diagrama de flujo que representa el proceso de selección.

Tabla 5. Criterios de selección

INCLUSIÓN	EXCLUSIÓN
Año de publicación inicial 2010 y final 2019	Otros años de publicación fuera del rango.
Artículos de revistas científicas	Otros documentos.
Idioma inglés y español	Otros idiomas.
Considera alguna de las TEE descritas en la primera variable.	No señala tipo de TEE o no se incluye en las descritas en la primera variable.
Considera la enseñanza de alguna de las descritas en la segunda variable.	No señala, o no contempla, la enseñanza de alguna de las disciplinas descritas en la primera variable.
Considera los niveles educativos descritos en la tercera variable.	No contempla la Educación Secundaria.



Figura 2. Proceso de selección y filtrado de documentos, entre corchetes se indica la cantidad de documentos eliminados según criterio.

Respecto a la revisión de abstracts, se realizó un proceso de doble ciego, en el cual, los autores realizaron una lectura de 267 documentos de forma independiente y, posteriormente, se contrastó el grado de acuerdo en los documentos seleccionados, en aquellos casos en los que no hubo acuerdo, se realizó una nueva revisión en conjunto, llegando a un acuerdo total en la muestra seleccionada.

El análisis de resultados se realizó mediante el uso de una planilla de Excel. El proceso de análisis se realizó mediante el diseño de gráficos Excel, a partir de los datos registrados en la planilla, además, se utilizaron las propias métricas de Scopus. Finalmente, se han utilizado las aplicaciones web <http://sankeymatic.com/> (diagrama de Sankey, Fig. 5) y <https://mapchart.net/> (Mapa de distribución de documentos, Fig. 4).

RESULTADOS

En cuanto a los principales resultados obtenidos, estos se presentan en consideración a las variables de análisis, descritas en el apartado de método. En primer lugar, en la Figura 3 se presenta la evolución de los documentos en el tiempo agrupados en función del tipo TEE utilizada. Se observa una marcada presencia en el uso de la Realidad Virtual (y Aumentada) y la Robótica durante todo el periodo analizado, con una tendencia al crecimiento en la producción de ambas desde el 2017 en adelante. Durante el año 2019 se alcanza el mayor número de publicaciones registradas en Scopus, tanto para Realidad Virtual (24) como para Robótica (19).

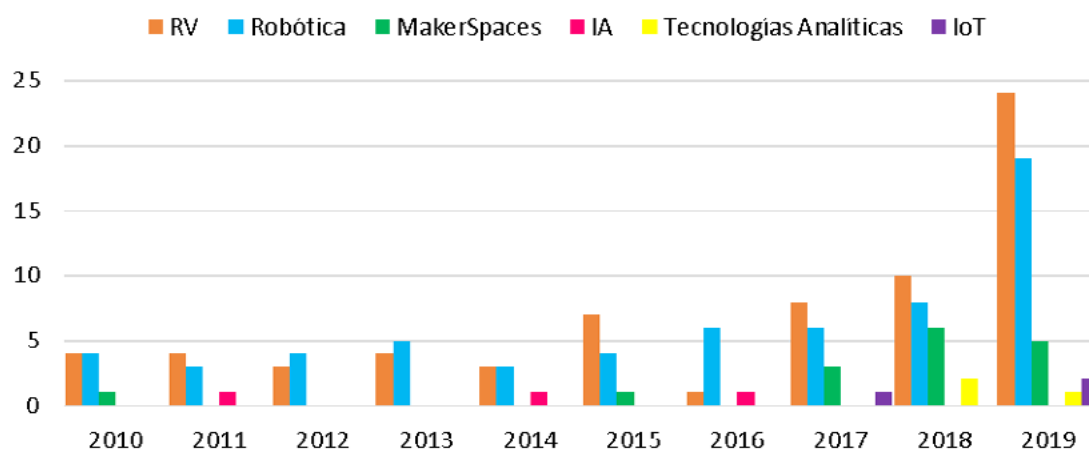


Figura 3. Producción científica en años por tipo de TEE utilizada.

Otro elemento importante se basa en la ausencia, durante gran parte del periodo analizado, de tecnologías como el Internet de las cosas (IoT) y las Tecnologías Analíticas, mientras que en el caso de la Inteligencia Artificial (IA) se registra de forma intermitente. Por último, en el caso de los “MakerSpaces” se observa una presencia irregular durante la primera parte de la década de estudio, sin embargo, existe un despegue en la producción a partir del año 2017, registrando entre el periodo 2017-2019 el 75% de la producción total respecto de este tipo de tecnología.

Con relación a la distribución de los documentos, en la Figura 4 se presenta como se encuentra la producción científica a nivel mundial, por medio de un mapa segmentado en seis regiones.

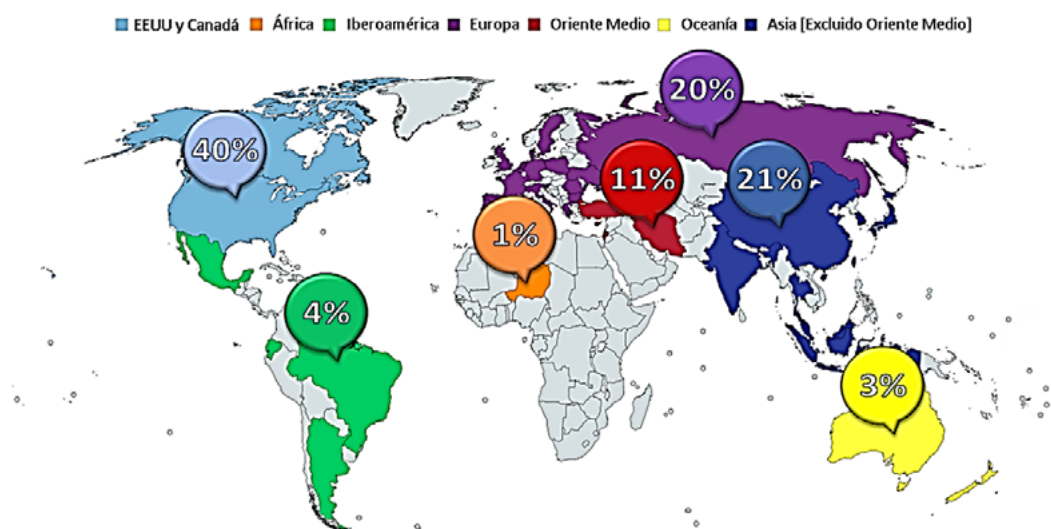


Figura 4. Mapa que representa la distribución de los documentos según la productividad de países agrupados en regiones.

Se observa un desequilibrio respecto a la producción por regiones, concentrándose en tres regiones que lideran la producción: EEUU y Canadá (71), Asia [excluyendo Oriente Medio] (38) y Europa (35), representando sobre el 80% de la muestra total. Por otra parte, se aprecia la baja productividad de las regiones Iberoamérica (8), Oceanía (5) y África (1), llegando a representar tan solo el 8% de la muestra. Llama la atención la presencia de una producción moderada respecto de la región de Oriente Medio (20) la que, en su conjunto, representa el 11% del total.

En la Figura 5 se presenta la relación entre el “Tipo de Tecnología” utilizada en los artículos seleccionados, el “Tipo de Enseñanza” al cual se encuentran dirigidos y, finalmente, las fuentes de publicación con mayor frecuencia a través de un diagrama de tres campos (diagrama de Sankey).

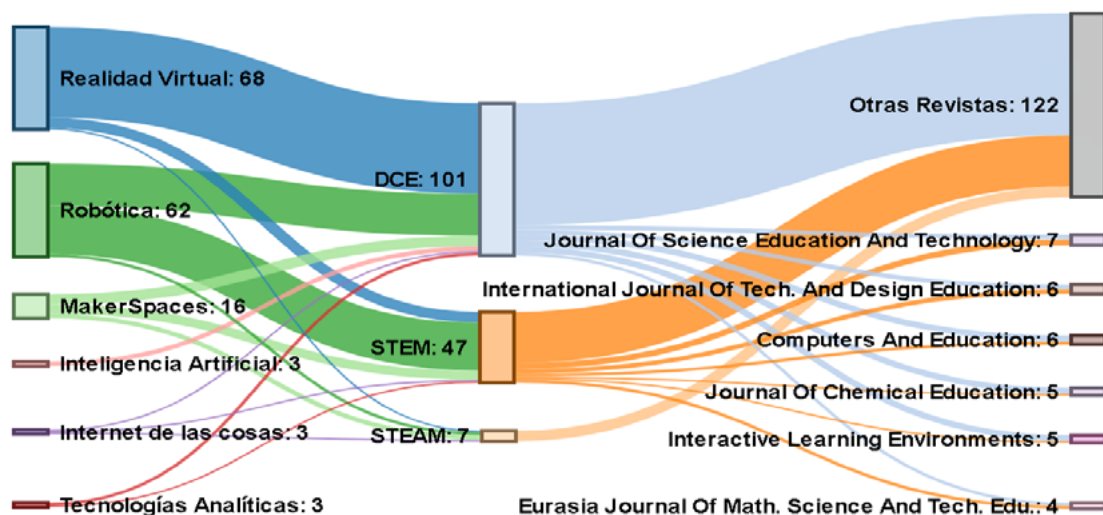


Figura 5. Diagrama de Sankey para “Tipo de Tecnología”, “Tipo de Enseñanza” y “Revistas de Indexación”

Se aprecia que la distribución de los estudios en función de la tecnología utilizada se dirige, mayoritariamente, hacia la enseñanza de las Ciencias Experimentales (65%), seguida por la enseñanza STEM (30%) y la enseñanza STEAM (5%). Mientras que, en el caso de las fuentes de publicación, se observa una amplia diversidad basada en 101 revistas distintas. Dentro de las revistas con mayor producción se encuentran *Journal of Science Education and Technology* (4,5%), *Computers & Education* (3,9%), *International Journal of Technology and Design* (3,9%), *Interactive Learning Environments* (3,2%), *Journal of Chemical Education* (3,2%) y *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* (2,6%). Adicionalmente, el 78,7% de los documentos se encuentran distribuidos en 95 revistas diferentes.

DISCUSIÓN

Los resultados indican que nos encontramos en presencia de Tecnologías que se encuentran en pleno proceso emergente, liderado por Norteamérica, siendo la Realidad Virtual (y Aumentada) y la Robótica las que poseen mayor presencia a lo largo de los últimos años; además presentan mayor crecimiento desde el año 2017 en adelante. Respecto a los *MakerSpaces*, la literatura se presenta de forma esporádica y con una clara tendencia de aumento a partir del año 2017. En los otros casos el número de trabajos es escaso por lo que resulta difícil establecer una tendencia temporal. Solo en el caso del internet de las cosas (IoT) y las Tecnologías Analíticas se puede decir que representan un fenómeno muy actual puesto que solo hay artículos a partir del 2018. Esto nos permite suponer, que son tecnologías que se encuentran aún en un estado muy incipiente, no habiendo generado todavía investigación educativa de impacto.

Con relación al tipo de enseñanza se observa un importante número de publicaciones asociadas a las Ciencias Experimentales, o disciplinas específicas, mientras que la enseñanza STEM, que implica la integración de las disciplinas (Sanders, 2009) se presenta de forma moderada, lo que podría explicarse, en parte, debido a una falta de consenso, y conocimiento, respecto de la integración STEM (Martín-Páez et al., 2019). Otro elemento importante de señalar tiene relación con la presencia de nuevos enfoques para la enseñanza de las Ciencias Experimentales, aun cuando el surgimiento del STEM data desde los años 90's, no es hasta el 2009 – 2013 con las investigaciones de Sanders y Bybee que comienza a tener mayor presencia, por lo que su implementación es aún muy reciente. Por su parte, la educación STEAM, que implica la incorporación de “las artes”, desde una concepción del pensamiento creativo se presenta de forma minoritaria, pudiendo ser debido a considerarse como un enfoque relativamente moderno.

CONCLUSIONES

A partir de la revisión de la literatura podemos concluir en dos grandes aspectos, el primero de ellos hace referencia al crecimiento sostenido en los últimos años sobre el uso de distintos tipos de tecnologías, consideradas emergentes dada su reciente elaboración. Asimismo, el uso de estas tecnologías en la Enseñanza Secundaria se ha ido incorporando de forma progresiva y con mayor fuerza en los últimos años, lo que nos hace presumir que la tendencia seguirá en aumento tanto en presencia como variedad, por cuanto, se requiere de nuevas investigaciones en este campo emergente.

El segundo se encuentra orientado hacia la enseñanza de las Ciencias Experimentales, si bien se observa que sigue predominando la Didáctica de las disciplinas de forma independiente, consideramos que enfoques más integradores, como el caso del STEM/STEAM comienzan a tomar mayor presencia, con lo cual, el uso de nuevas tecnologías para la enseñanza de las Ciencias experimentales comienza a ser cada vez más necesario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, D., y Perales-Palacios, F. J. (2018). What Effects Do Didactic Interventions Have on Students' Attitudes Towards Science? A Meta-Analysis. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9702-2>
- Bybee, R. y McCrae, B. (2011). Scientific Literacy and Student Attitudes: Perspectives from PISA 2006 science. *International Journal of Science Education*, 33(1), 7–26. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.518644>
- Bybee, R. W. (2013). *The case of STEM education: Challenges and Opportunities*. Washington DC, United States of America: National Science Teachers Association.
- Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE) (2011). *Informe Enciende*.
- Freeman, A., Adams Becker, S., Cummins, M., Davis, A., y Hall Giesinger, C. (2017). *NMC/CoSN Horizon Report: 2017 K-12 Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Makokha, J. (2017). Emerging Technologies and Science Teaching. En K.S. Taber y B. Akpan (Eds.), *Science Education* (pp. 369-383). The Netherlands: Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_27
- 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 review of literature. *Science Education*. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- ODITE. (2017). *Tendencias Educativas 2017* Recuperado de: https://issuu.com/espinal/docs/odite_tendencias_educativas_2017/6
- OCDE. (2015). *PISA 2015 Resultados Clave* (2016). <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus-ESP.pdf>
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049–1079. <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>
- Rocard, M. (2007). *Science Education NOW: A renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Brussels: European Commission.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20–27.
- Tzu-Chiang Lin, Tzung-Jin Lin & Chin-Chung Tsai (2014) Research Trends in Science Education from 2008 to

2012: A systematic content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 36(8), 1346–1372. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.864428>

Zupic, I., & Čater, T. (2015). Bibliometric Methods in Management and Organization. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429–472. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>