

Análisis de la producción científica sobre educación stem en la Web of Science

Analysis of the scientific production on stem education in the Web of Science

Análise da produção científica sobre a educação stem na Teia da Ciência

**Razón
y Palabra**

e-ISSN: 1605-4806

VOL 26 N° 114 mayo - agosto 2022 Monográfico pp. 393 - 404

Recibido 31-01-2022 Aprobado 28-04-2022

Luis Gabriel Parrales Picazo

Ecuador

Instituto Superior Tecnológico “Centro Tecnológico Naval”

gabriel.parrales1984@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-7461-7631>

Luis Eduardo Tomala Villon

Ecuador

Aselet Ingenieria-Asesoría-Consultoría-Capacitación EHSQ

luiseduardotv@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5549-0447>

Luis Anibal Palate Gaibor

Ecuador

Instituto Superior Tecnológico “Centro Tecnológico Naval”

luisanibal1980@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0488-3704>

Lenny Evelin Alejandro Vallejo

Ecuador

Investigador Independiente

Resumen

La educación STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) día a día es esencial por la evolución y avance tecnológico, porque su integración en el aula de clase permite preparar individuos competentes para hacer frente a los retos de la cuarta revolución industrial y las variaciones continuas del

mercado laboral actual. El objetivo del manuscrito es analizar la tendencia de producción científica sobre educación STEM a nivel global en la base de datos científica de la Web of Science, mediante indicadores bibliométricos. La investigación es de tipo cualitativa, descriptiva, transversal utilizando un enfoque bibliométrico para analizar las tendencias de publicación. Los resultados presentan indicadores de impacto, producción, visibilidad y colaboración. Identificando un ritmo de producción creciente entre 2009 y 2021, siendo, Estados Unidos el país mayormente productivo, la mayoría de publicaciones se encuentran en el primer y segundo cuartil, las palabras claves prevalentes son “Education STEM”, “Science”, “Education”, “Students”, “Mathematic”.

Palabras clave: Tendencia, producción, científica, educación STEM, bibliométrico.

Abstract

STEM education (science, technology, engineering and mathematics) is essential day by day due to the evolution and technological advancement, because its integration in the classroom allows preparing individuals prepared to face the challenges of the fourth industrial revolution and the continuous variations of the current labor market. The aim of the manuscript is to analyze the trend of scientific production on STEM education globally in the Web of Science scientific database, using bibliometric indicators. The research is qualitative, descriptive, cross-sectional using a bibliometric approach to analyze publication trends. The results present indicators of impact, production, visibility and collaboration. Identifying an increasing production rate between 2009 and 2021, being the United States the most productive country, most publications are in the first and second quartile, the prevalent keywords are “STEM Education”, “Science”, “Education”, “Students”, “Mathematic”.

Keywords: Trend, production, scientific, STEM education, bibliometric.

Resumo

A educação STEM (ciência, tecnologia, engenharia e matemática) está a tornar-se cada vez mais essencial devido à evolução e progresso tecnológico, porque a sua integração na sala de aula permite preparar indivíduos preparados para enfrentar os desafios da quarta revolução industrial e as contínuas variações do mercado de trabalho actual. O objectivo do manuscrito é analisar a tendência da produção científica sobre educação STEM a nível global na base de dados científicos da Web of Science, utilizando indicadores bibliométricos. A investigação é qualitativa, descritiva, transversal, utilizando uma abordagem bibliométrica para analisar as tendências de publicação. Os resultados apre-

sentam indicadores de impacto, produção, visibilidade e colaboração. Identificando uma taxa de produção crescente entre 2009 e 2021, sendo os Estados Unidos o país mais produtivo, a maioria das publicações estão no primeiro e segundo quartil, as palavras-chave predominantes são “STEM Education”, “Science”, “Education”, “Students”, “Mathematic”.

Palavras-chave: Tendência, produção, científica, educação STEM, bibliométrica.

1. Introducción

Actualmente, con un mundo moderno desarrollado, la capacitación de jóvenes en tecnologías de información es más compleja, es necesario un individuo polivalente que asegure su competitividad con conocimientos técnicos propios de su carrera, demostrando su capacidad de adaptarse rápidamente, capacidad de auto educarse, con competencias comunicativas y siendo responsable de sus actividades (Rita Yurievna Stytsyuk, 2021).

En consecuencia, es tarea de las instituciones de educación, a través de sus programas y planes educativos busquen integrar la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas como un medio de potenciar la economía de los pueblos y sus diferentes actores (Tseng et al., 2013), logrando un mayor interés y comprensión de la ingeniería y otras carreras STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas por sus siglas en inglés) (McLurkin et al., 2013).

Así también, son múltiples los estudios que buscan delimitar las prácticas docentes en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas en los diferentes niveles educativos, a través de una evaluación de los programas de estudios alineados a la educación STEM (Corlu, 2013; Nicholls et al., 2014; Wang, 2013) delivery, and evaluation following a learner-centered approach. The purpose of this exploratory study was to delineate the teaching practices in science, technology, engineering, and mathematics at the postsecondary level through an assessment of course syllabi. An analytical rubric was developed with the STEM community, STEM education, and STEM assessment factors in order to assess teaching practices through syllabi of the courses offered at a public university within the European Higher Education Area. Data were analyzed at the item level using a Mann-Whitney non-parametric test and at the factor level with an independent t-test. Results showed that there were statistically significant differences between the externally accredited and non-accredited programs in STEM_education and STEM_assessment variables ($p < 0.01$, reconociendo las limitaciones e implicaciones de los profesores que adoptan la educación STEM, entre los cuales se puede mencionar: Aclarar términos, cuestionar y debatir los conceptos sin prejuicios y posibilitar múltiples oportunidades de interacción (Hudson et al., 2013).

Ahora bien, es esencial ampliar la comprensión sobre educación STEM al reconocer su creciente interés e importancia para las instituciones educativas y su influencia en los planes educativos, lo cual, promueve un crecimiento en la cantidad de publicaciones que estudian los ámbitos y aplicaciones de la temática como objeto de estudio. Por lo cual, analizar las tendencias de la investigación sobre educación STEM a nivel global en la base de datos científica de la Web of Science.

2. Materiales y métodos

La investigación es de tipo cualitativa, descriptiva, transversal utilizando un enfoque bibliométrico para analizar las tendencias de publicación sobre educación STEM a nivel global (Tomás-Górriz y Tomás-Casterá, 2018). La pesquisa de documentos se realizó el 13 de agosto de 2022 en la base de datos de la Web of Science (en adelante WoS).

La ecuación de búsqueda se conformó con los siguientes términos claves “STEM education research”, “STEM learning research”, “STEM education” “not-formal education”, “integration”, “teacher education”, “engineering education”, los mismos se encontraban vinculados al título del artículo, resumen y palabras claves y relacionadas con términos booleanos como AND y OR.

La búsqueda inicialmente dio como resultado 344 documentos, luego, se seleccionaron solo aquellos que tenían una tipología de Artículo y Artículo de revisión, excluyendo las publicaciones de acceso temprano, cartas al editor y material editorial, no se hizo distinción de idiomas o áreas de investigación, resultando seleccionados para el estudio 271 manuscritos publicados desde el año 2009 hasta el 2021. Se excluyó el año 2022 del estudio por ser un periodo no cumplido.

Para determinar el comportamiento anual, visibilidad y nivel de cooperación de la producción científica se elaboraron listas de distribución de frecuencia de los datos utilizando Microsoft Excel, en el cual, se incluyó la siguiente información de las publicaciones: nombre de los autores, título, tipo, año, instituciones de filiación, revista, país de edición y número de citas recibidas. Finalmente, se elaboró una red de las principales palabras claves de las publicaciones usando el software VOSviewer (van Eck y Waltman, 2010).

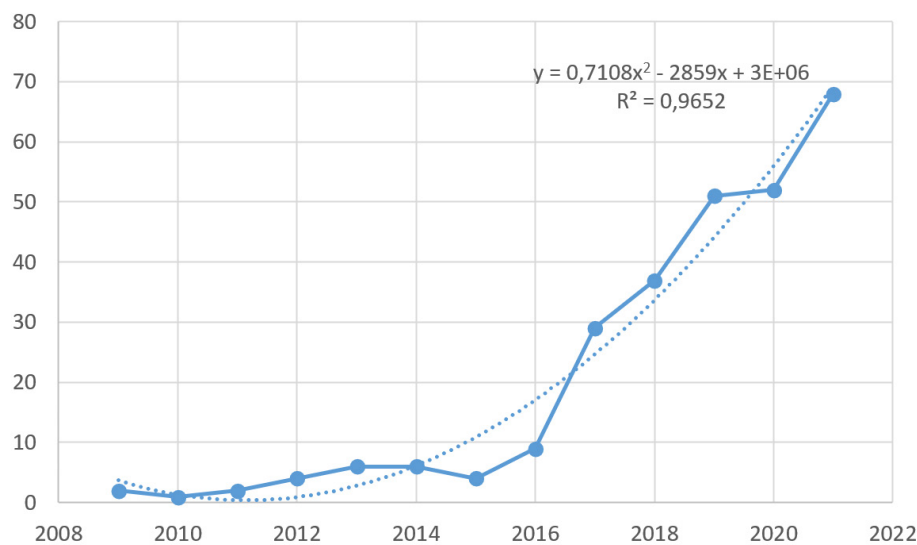
3. Resultados

En el estudio bibliométrico se identificó 271 documentos publicados en la base de datos científica de la Web of Science entre 2009 al 2021, siendo el 94,10% artículos originales y el 5,90% artículos de revisión. El inglés con el 95,94% es el idioma predominante, seguido por el español y el turco. La mayor cantidad de artículos se encuentran registrados en las categorías de educación (97,41%).

En la Figura 1, se observa un incremento gradual de la producción científica anual sobre Educación STEM a nivel mundial. La cantidad de documentos publicados entre 2017 y 2021 superan la media anual de 21 artículos publicados, siendo el año 2021 con

68 manuscritos el de mayor productividad. Además, el coeficiente de determinación $R^2=96,52\%$ de la línea de tendencia polinomial de segundo orden permite afirmar que las publicaciones para los próximos años tenderán a crecer, información que se ratifica con la búsqueda de verificación de 43 documentos publicados en WoS en el primer semestre del año 2022.

Figura 1: Comportamiento anual de la producción científica sobre educación STEM.



Fuente: elaborado a partir del análisis de resultados de la búsqueda en WoS

Los autores manifiestan mantener una filiación perteneciente a 41 países. Estados Unidos se ubica en el primer lugar de los documentos publicados que abordan la temática de educación STEM con 196 publicaciones que representa el 49,08% de la producción científica global, seguido por China y Turquía, como se demuestra en la Tabla 1:

Tabla 1: Ranking de acuerdo a la productividad de cada país

| Ranking | País | Doc |
|---------|------------|-----|
| 1° | EE. UU. | 133 |
| 2° | China | 27 |
| 3° | Turquía | 25 |
| 4° | Australia | 14 |
| 5° | España | 12 |
| 6° | Taiwán | 9 |
| 7° | Canadá | 8 |
| 8° | Malasia | 8 |
| 9° | Inglaterra | 6 |
| 10° | Rusia | 5 |

Fuente: Elaborado a partir del análisis de resultados de la búsqueda en WoS

A continuación, en la Tabla 2, se presentan las 10 principales revistas que han publicado documentos que refieren al tema de educación STEM, entre las que se destaca *International Journal Of Engineering Education* con 17 artículos ubicada en el Cuartil 2 del Scimago Journal Rank. De este ranking, el 50% tienen un índice H superior a 50. La producción científica está concentrada en revistas con un índice de impacto alto, en su mayoría en el primer cuartil, únicamente dos de las diez revistas se encuentran en el segundo cuartil. Es importante destacar que cinco de las revistas más productivas son publicadas en los Países Bajos y la mayoría pertenece al área temática de Ingeniería y la categoría prevalente es la Educación.

Tabla 2: Revistas con mayor producción

| Ranking | Revista | Doc | % de 271 | Q (SJR) | H (SJR) | País |
|---------|--|-----|----------|---------|---------|----------------|
| 1° | International Journal Of Engineering Education | 17 | 6.27 | 2 | 54 | Irlanda |
| 2° | International Journal Of Technology And Design Education | 11 | 4.06 | 1 | 46 | Países bajos |
| 3° | Journal Of Science Education And Technology | 10 | 3.69 | 1 | 66 | Países bajos |
| 4° | Science Education | 9 | 3.32 | 1 | 121 | Estados Unidos |
| 5° | International Journal Of Science And Mathematics Education | 8 | 2.95 | 1 | 45 | Países bajos |
| 6° | International Journal Of Stem Education | 8 | 2.95 | 1 | 27 | Reino Unido |
| 7° | School Science And Mathematics | 8 | 2.95 | 2 | 5 | Estados Unidos |
| 8° | Cultural Studies Of Science Education | 6 | 2.21 | 1 | 32 | Países bajos |
| 9° | Educational Technology Society | 6 | 2.21 | 1 | 95 | Taiwán |
| 10° | Journal Of Engineering Education | 6 | 2.21 | 1 | 113 | Estados Unidos |

Doc: Documentos, SJR: Scimago Journal Rank, Q: Cuartil, H: Índice H. Fuente: Elaborado a partir del análisis de resultados de la búsqueda en WoS.

Por otra parte, en la Tabla 3, se revela que la mayoría de documentos publicados fueron realizados por autores con filiación a instituciones localizadas en Estados Unidos, siendo, Purdue University, Purdue University System y Purdue University West Lafayette Campus con 14 manuscritos cada una, las instituciones con mayor número de artículos.

Tabla 3: Instituciones con mayor producción

| Ranking | Institución | Doc | % de 271 | País |
|---------|--|-----|----------|----------------|
| 1° | Purdue University | 14 | 5.166 | Estados Unidos |
| 2° | Purdue University System | 14 | 5.166 | Estados Unidos |
| 3° | Purdue University West Lafayette Campus | 14 | 5.166 | Estados Unidos |
| 4° | State University System Of Florida | 10 | 3.69 | Estados Unidos |
| 5° | Pennsylvania Commonwealth System Of Higher Education Pcshe | 9 | 3.321 | Estados Unidos |
| 6° | University System Of Georgia | 9 | 3.321 | Estados Unidos |
| 7° | Beijing Normal University | 8 | 2.952 | China |
| 8° | Texas A M University System | 8 | 2.952 | Estados Unidos |
| 9° | Texas A M University College Station | 7 | 2.583 | Estados Unidos |
| 10° | Chinese University Of Hong Kong | 6 | 2.214 | China |

D: Documentos. **Fuente:** Elaborado a partir del análisis de resultados de la búsqueda en WoS.

La Tabla 4 exhibe a los diez autores con mayores publicaciones clasificados por su nivel de producción. La media de producción es de 1 artículo. Gillian Roehrig encabeza la lista con 4 publicaciones y se encuentra adscrito a la University of Minnesota System. Cabe mencionar que el país con mayor presencia de los diez autores es Estados Unidos.

Tabla 4: Autores mayormente productivos

| Ranking | Autor | Doc | % de 271 | Institución | País |
|---------|-----------------------|-----|----------|-------------------------------------|----------------|
| 1° | Roehrig, Gillian | 4 | 1.48 | University of Minnesota System | Estados Unidos |
| 2° | Aydin-Gunbatar, Sevgi | 3 | 1.11 | Yüzüncü Yil (Centennial) University | India |
| 3° | Belland, Brian R. | 3 | 1.11 | Pennsylvania State University | Estados Unidos |
| 4° | Borrego, Maura | 3 | 1.11 | University of Texas Austin | Estados Unidos |
| 5° | Corlu, M. Sencer | 3 | 1.11 | Oslo Metropolitan University | Noruega |
| 6° | Dare, Emily Anna | 3 | 1.11 | Florida International University | Estados Unidos |
| 7° | Ekiz-Kiran, Betul | 3 | 1.11 | Gaziosmanpasa University | Turquía |
| 8° | English, Lyn | 3 | 1.11 | Queensland University of Technology | Australia |
| 9° | Halim, Lilia | 3 | 1.11 | University Kebaangsan | Malasia |
| 10° | Kim, Nam Ju | 3 | 1.11 | University of Miami | Estados Unidos |

Doc: Documentos. Fuente: Elaborado a partir del análisis de resultados de la búsqueda en WoS.

Asimismo, entre los tres artículos con mayor número de citas se puede mencionar a “Teachers’ perception of STEM integration and education: a systematic literature review” de Margot y Kettler, publicado en 2019 y a la actualidad mantiene 140 citas; seguido de “Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment” con 135 citas y pertenece a los autores Kuo-Hung Tseng, Chi-Cheng Chang, Shi-Jer Lou, Wen-Ping Chen; así también, “Increasing the Use of Evidence-Based Teaching in STEM Higher Education: A Comparison

of Eight Change Strategies“ de Maura Borrego y Cahrls Henderson publicado en 2014 con un total de 131 citas. De tal manera, que, considerando los títulos de los documentos y la cantidad de citas, se puede evidenciar un creciente interés en la temática de estudio.

Tabla 5: Documentos clasificadas por número de citas

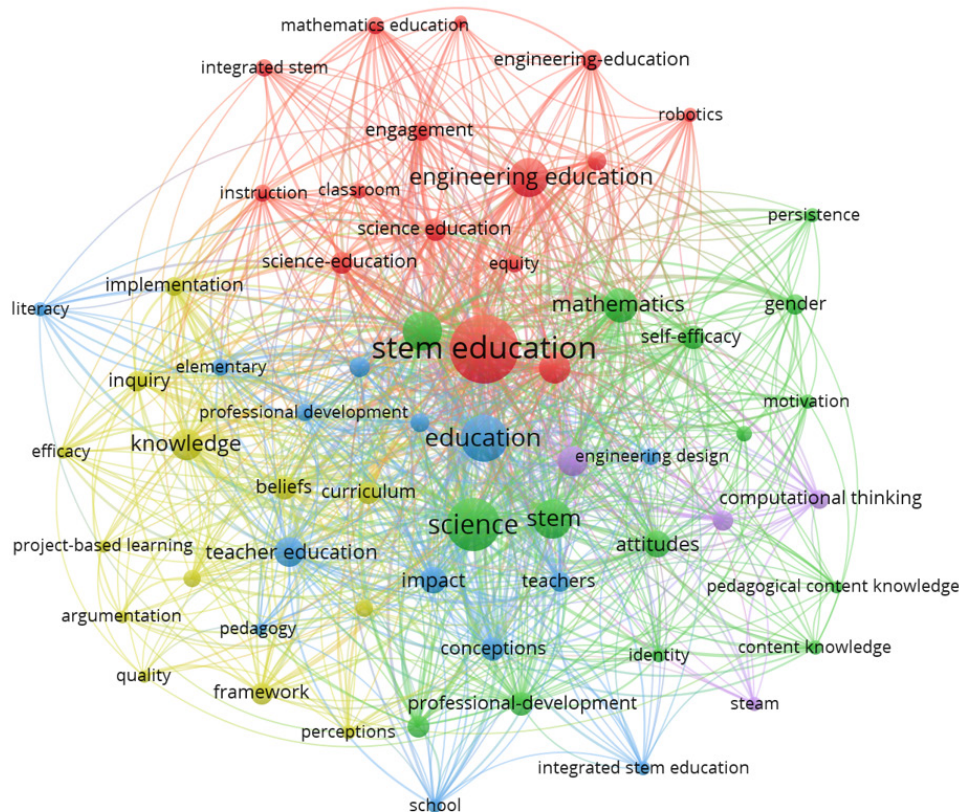
| Ranking | Título | Autor | DOI | Citas totales | Media por Año |
|---------|--|--|------------------------------------|---------------|---------------|
| 1 | Teachers’ perception of STEM integration and education: a systematic literature review | (Margot y Kettler, 2019) | 10.1186/s40594-018-0151-2 | 140 | 35 |
| 2 | Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment | (Tseng et al., 2013) | 10.1007/s10798-011-9160-x | 135 | 13.5 |
| 3 | Increasing the Use of Evidence-Based Teaching in STEM Higher Education: A Comparison of Eight Change Strategies | (Borrego y Henderson, 2014) | 10.1002/jee.20040 | 131 | 14.56 |
| 4 | What is an Engineer? Implications of Elementary School Student Conceptions for Engineering Education | (Capobianco et al., 2011) | 10.1002/j.2168-9830.2011.tb00015.x | 113 | 9.42 |
| 5 | Why They Leave: Understanding Student Attrition from Engineering Majors | (Geisinger y Raman, 2013) | | 99 | 9.9 |
| 6 | Open-source 3-D printing technologies for education: Bringing additive manufacturing to the classroom | (Schelly et al., 2015) | 10.1016/j.jvlc.2015.01.004 | 90 | 11.25 |
| 7 | Robotics to promote elementary education pre-service teachers’ STEM engagement, learning, and teaching | (Kim et al., 2015) | 10.1016/j.compedu.2015.08.005 | 89 | 11.13 |
| 8 | Advancing Elementary and Middle School STEM Education | (English, 2017) approaches to incorporating the arts (STEAM) | 10.1007/s10763-017-9802-x | 87 | 14.5 |
| 9 | Synthesizing Results From Empirical Research on Computer-Based Scaffolding in STEM Education: A Meta-Analysis | (Belland et al., 2017) | 10.3102/0034654316670999 | 87 | 14.5 |
| 10 | Introducing STEM Education: Implications for Educating Our Teachers For the Age of Innovation | (Corlu et al., 2014) | | 86 | 9.56 |

Fuente: Elaborado a partir del análisis de resultados de la búsqueda en WoS.

La Figura 2 presenta los nexos de un concepto con otro. La red de co-citación muestra los principales términos claves asociadas a la temática objeto de estudio. Además, se puede identificar 61 ítems dentro de 5 clúster que concentran los términos claves utilizados con frecuencia dentro de las investigaciones sobre educación STEM, evidenciando

que términos como “Education STEM”, “Science”, “Education”, “Students”, “Mathematic” se encuentran entre las palabras claves mayormente usadas en dichos estudios.

Figura 2: Principales ejes temáticos



Fuente: elaborado a partir del análisis de metadatos utilizando VosViewer.

4. Discusión

Se puede entender como educación STEM, a la tecnología pedagógica para desarrollar cualidades creativas y cognitivas en los estudiantes que incide en su nivel de competitividad ante el mercado laboral moderno, de tal manera, que el pensamiento lógico, las matemáticas, la tecnología, las ciencias naturales y al ingeniería se integran para propiciar colaboración e investigación (Rita Yurievna Stytsyuk, 2021).

Las primeras publicaciones sobre educación STEM se remontan al 2009, en ellas se analiza la creación de eventos académicos auspiciados por Instituciones de Educación Superior, como una forma de comprender su integración y las posibilidades de usarlas en sus carreras, todo ello, al considerar la reducción del interés por inscribirse en facultades de ingeniería e informática (Amato-Henderson et al., 2009; Cantrell y Ewing-Taylor, 2009).

Además, la educación STEM favorece la adopción de nuevos planes de estudios para materias como matemáticas y ciencias en áreas temáticas discretas, logrando una mayor integración entre las matemáticas, tecnología y la ciencia a nivel de secundaria (Riechert y Post, 2010), e incluso, el autor English et al. (2011) technology, engineering and mathematics (STEM y McLurkin et al. (2013) coinciden en su estudio que la educación STEM facilita la conciencia del aprendizaje e incrementa el interés por estudiar materias y carreras STEM.

Autores como (Tseng et al., 2013) manifiestan que la integración entre la ciencia, tecnología, ingeniería y las matemáticas (Educación STEM) contribuye a la economía de la nación, revelando la importancia de desarrollar programas de educación integral, delimitando la práctica docente en ciencia y tecnología, ingeniería y matemáticas en niveles de educación media (Asik et al., 2017; Corlu, 2013; Corlu et al., 2014; Nicholls et al., 2014; Wang, 2013) delivery, and evaluation following a learner-centered approach. The purpose of this exploratory study was to delineate the teaching practices in science, technology, engineering, and mathematics at the postsecondary level through an assessment of course syllabi. An analytical rubric was developed with the STEM community, STEM education, and STEM assessment factors in order to assess teaching practices through syllabi of the courses offered at a public university within the European Higher Education Area. Data were analyzed at the item level using a Mann-Whitney non-parametric test and at the factor level with an independent t-test. Results showed that there were statistically significant differences between the externally accredited and non-accredited programs in STEM_education and STEM_assessment variables ($p < 0.01$).

Por lo expuesto, se puede distinguir que la educación STEM busca aclarar contradicciones con la convergencia de tecnologías innovadoras, y la variabilidad de requisitos del mercado laboral, es decir, el objetivo de la tecnología STEM es formar integralmente las competencias personales, sociales y profesionales que incidirán en sus niveles de competitividad.

5. Conclusiones

En atención al objetivo formulado, orientado a analizar las tendencias de la investigación sobre educación STEM a nivel global, se puede concluir que existe un ritmo creciente de la producción científica sobre la temática objeto de estudio. Estados Unidos es el país con mayor cantidad de artículos publicados, participación por filiación y autoría de los manuscritos. Así también, se reconoce que las principales revistas se ubican en los cuartiles superiores del Scimago journal Rank (Cuartil 1 y Cuartil 2) y la institución con mayor número de producción fue Purdue University. Por otra parte, las palabras claves mayormente utilizadas en las investigaciones sobre el marketing digital son “Education STEM”, “Science”, “Education”, “Students”, “Mathematic”.

Referencias bibliográficas

- Amato-Henderson, S., Lehman, J. B., y Cattelino, P. (2009). Outreach to Prospective Engineering Students: Assessing Michigan Technological University's YES! Expo. *International Journal Of Engineering Education*, 25(3), 444–451.
- Asik, G., Kucuk, Z. D., Helvacı, B., y Corlu, M. S. (2017). Integrated teaching project: A sustainable approach to teacher education. *Turkish Journal Of Education*, 6(4), 200–215. <https://doi.org/10.19128/turje.332731>
- Belland, B. R., Walker, A. E., Kim, N. J., y Lefler, M. (2017). Synthesizing Results From Empirical Research on Computer-Based Scaffolding in STEM Education: A Meta-Analysis. *Review Of Educational Research*, 87(2), 309–344. <https://doi.org/10.3102/0034654316670999>
- Borrego, M., y Henderson, C. (2014). Increasing the Use of Evidence-Based Teaching in STEM Higher Education: A Comparison of Eight Change Strategies. *Journal Of Engineering Education*, 103(2), 220–252. <https://doi.org/10.1002/jee.20040>
- Cantrell, P., y Ewing-Taylor, J. (2009). Exploring STEM Career Options through Collaborative High School Seminars. *Journal Of Engineering Education*, 98(3), 295–303. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2009.tb01026.x>
- Capobianco, B. M., Diefes-Dux, H. A., Mena, I., y Weller, J. (2011). What is an Engineer? Implications of Elementary School Student Conceptions for Engineering Education. *Journal Of Engineering Education*, 100(2), 304–328. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2011.tb00015.x>
- Corlu, M. S. (2013). Insights into STEM Education Praxis: An Assessment Scheme for Course Syllabi. *Kuram Ve Uygulamada Egitim Bilimleri*, 13(4), 2477–2485.
- Corlu, M. S., Capraro, R. M., y Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM Education: Implications for Educating Our Teachers For the Age of Innovation. *Egitim Ve Bilim-Education And Science*, 39(171), 74–85.
- English, L. D. (2017). Advancing Elementary and Middle School STEM Education. *International Journal Of Science And Mathematics Education*, 15, S5–S24. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9802-x>
- English, L. D., Hudson, P., y Dawes, L. (2011). Perceived Gender Differences in STEM Learning in the Middle School. *International Journal of Engineering Education*, 27(2), 389–398.
- Geisinger, B. N., y Raman, D. R. (2013). Why They Leave: Understanding Student Attrition from Engineering Majors. *International Journal of Engineering Education*, 29(4), 914–925.
- Hudson, P., English, L. D., y Dawes, L. (2013). Female Students' Interactions in a Middle School Engineering Project: A Case Study. *International Journal of Engineering Education*, 29(2nd International Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) in Education Conference), 814–821.
- Kim, C. M., Kim, D., Yuan, J. M., Hill, R. B., Doshi, P., y Thai, C. N. (2015). Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching. *Computers & Education*, 91, 14–31. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.08.005>
- Margot, K. C., y Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *International Journal Of STEM Education*, 6(2), 2–16. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- McLurkin, J., Rykowski, J., John, M., Kaseman, Q., y Lynch, A. J. (2013). Using Multi-Robot Systems for Engineering Education: Teaching and Outreach With Large Numbers of an Advanced, Low-Cost Robot. *Ieee Transactions On Education*, 56(1), 24–33. <https://doi.org/10.1109/TE.2012.2222646>
- Nicholls, G. M., Wolfe, H., Besterfield-Sacre, M., y Shuman, L. J. (2014). Defining the Majors that Comprise "STEM": An Analytical Method for Looking Beyond the Classical Acronym. *International Journal of Engineering Education*, 30(2), 360–377.
- Riechert, S. E., y Post, B. K. (2010). From Skeletons to Bridges & Other STEM Enrichment Exercises for High School Biology. *American Biology Teacher*, 72(1), 20–22. <https://doi.org/10.1525/abt.2010.72.1.6>
- Rita Yurievna Stytsyuk. (2021). Impact of STEM Education on Soft Skill Development in IT Students through Educational Scrum Projects. *Revista Publicando*, 18(84), 10.
- Schelly, C., Anzalone, G., Wijnen, B., y Pearce, J. M. (2015). Open-source 3-D printing technologies for education: Bringing additive manufacturing to the classroom. *Journal Of Visual Languages And Computing*, 28, 226–237. <https://doi.org/10.1016/j.jvlc.2015.01.004>
- Tomás-Górriz, V., y Tomás-Casterá, V. (2018). La Bibliometría en la evaluación de la actividad científica. *Hospital a Domicilio*, 2(4), 145. <https://doi.org/10.22585/hospdomic.v2i4.51>
- Tseng, K. H., Chang, C. C., Lou, S. J., y Chen, W. P. (2013). Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment. *International Journal Of Technology And Design Education*, 23(1), 87–102. <https://doi.org/10.1007/s10798-011-9160-x>
- van Eck, N. J., y Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>

Wang, X. L. (2013). Modeling Entrance into STEM Fields of Study Among Students Beginning at Community Colleges and Four-Year Institutions. *Research In Higher Education*, 54(6), 664–692. <https://doi.org/10.1007/s11162-013-9291-x>