Tendencias en investigación en educación en ingeniería: un análisis bibliométrico global

Emma Ramos Farroñan, Luis Cruz Salinas, Gary Farfán Chilicaus, Mercy Vega Becerra

Universidad César Vallejo
Perú

Resumen

El presente trabajo propone un estudio bibliométrico de las tendencias de investigación en educación en ingeniería a nivel mundial para 2020-2024. Se eligieron 50 documentos con una revisión sistemática basada en PRISMA 2022 y el software VOSviewer. La exploración consistió en Scopus, Web of Science y ScienceDirect. Los resultados sugieren que los desarrollos en este campo están proponiendo una verdadera revolución, con métodos activos, como el project based learning, la gamificación, el aprendizaje-servicio y la adopción de tecnología digital aumentada, simulación y robótica educativa. En total, se identificaron cinco grandes tendencias: innovación pedagógica, equidad e igualdad, empleabilidad, enfoques STEAM y respuesta a disrupciones externas como la pandemia de COVID-19. Además, la producción científica está altamente concentrada en países como los Estados Unidos, España y el Reino Unido, aunque se observan redes emergentes en América Latina y Asia. A pesar de los avances recientes, existen brechas sustantivas en la literatura de la especialidad, específicamente en lo concerniente a las relaciones entre educación y artículos de demanda y al estudio de los factores institucionales que explican la adopción de innovaciones pedagógicas. En suma, la formación de ingenieros no puede continuar apoyándose en el paradigma técnico hegemónico y debe promover una educación más inclusiva, interdisciplinaria y enfocada en el desarrollo de competencias transversales. Los resultados de la presente investigación aportan elementos empíricos útiles para el diseño de políticas públicas, la revisión de planes y programas de estudio y el fortalecimiento de la agenda de investigación en educación en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Palabras clave: educación en ingeniería; análisis bibliométrico; metodologías activas; inclusión; tecnologías emergentes; STEM, STEAM

DOI: https://doi.org/10.26507/paper.4826

Abstract

This paper proposes a bibliometric study of global research trends in engineering education for 2020-2024. Fifty documents were selected through a systematic review based on PRISMA 2022 and VOSviewer software. The exploration covered Scopus, Web of Science, and ScienceDirect. Results suggest that developments in this field are proposing a true revolution, with active methods such as project-based learning, gamification, service-learning, and the adoption of augmented digital technology, simulation, and educational robotics. In total, five major trends were identified: pedagogical innovation, equity and equality, employability, STEAM approaches, and responses to external disruptions such as the COVID-19 pandemic. Additionally, scientific production is highly concentrated in countries such as the United States, Spain, and the United Kingdom, although emerging networks are observed in Latin America and Asia. Despite recent advances, substantial gaps exist in the specialized literature, specifically concerning the relationships between education and demand articles, and the study of institutional factors that explain the adoption of pedagogical innovations. In summary, engineering education cannot continue to rely on the hegemonic technical paradigm and must promote a more inclusive, interdisciplinary education focused on the development of transversal competencies. The results of this research provide useful empirical elements for the design of public policies, the revision of study plans and programs, and the strengthening of the research agenda in education in line with the Sustainable Development Goals.

Keywords*: engineering education; bibliometric analysis; active methodologies; inclusion; emerging technologies; STEM, STEAM*

1. Introducción

La educación en ingeniería es un componente crucial para preparar profesionales para el siglo XXI, que se ve impulsado por la rápida digitalización, la sostenibilidad, la disrupción tecnológica y el mercado laboral global Kwauk y Casey (2022). En este sentido, la dinámica de un escenario continuamente cambiante requiere la renovación y actualización constantes de la pedagogía, en aras de la creación ingenieros no solo con sólido bagaje técnico, sino también con habilidades para innovar, pensar de forma crítica y navegar en la complejidad Tommasi et al. (2021). La educación de ingenieros competentes resulta crucial para el desarrollo económico y social, ya que las nuevas tecnologías y los desafíos ambientales únicos de la era requieren soluciones creativas e interdisciplinarias (Ma, 2021).

Los cambios en la evolución de la educación en ingeniería en investigación en años recientes no solo han cambiado de transfiriendo exclusivo de conocimiento técnico a un enfoque del alumno. Se ha aplicado en enfoques de aprendizaje activo, la formación de estudiantado en habilidades relacionadas y el uso de tecnología digital en el proceso de enseñanza aprendiendo (Abichandani et al., 2024). Comparativamente también, hay confluencia con otros campos de conocimiento relevantes para las STEM. STEM es una empresa interdisciplinaria mundial que se centra en los campos de la ciencia, la tecnología, la matemática y la ingeniería para resolver problemas más complejos del mundo real (López-Belmonte, 2022).

En general, este tipo de enfoque se conoce como educación STEM, ya que es un marco conceptual que sugiere combinar las esferas científicas, tecnológicas, de ingeniería y matemáticas con el fin de desarrollar las habilidades críticas y creativas entre los alumnos (Ramsey, 2022). A pesar de que un enfoque en particular ha aumentado en popularidad en el campo de la educación, dado que pueden combinar la información teórica con la aplicación práctica y, por lo tanto, motivar a los estudiantes y mejorar su desempeño académico (Anđić et al., 2023). Sin embargo, hay muchos problemas importantes en la implementación de este tipo de educación que aún se deben abordar, especialmente en términos de inclusión y diversidad. Por ejemplo, Ahmed et al. (2023) sostienen que la participación de género en la educación superior y las disciplinas de STEM influyentes ha sido muy desigual por décadas, viendo a las mujeres como insuficientes e inferiores.

En el campo del aprendizaje activo, enfoques como el aprendizaje basado en competencias han resultado particularmente exitosos en la formación de ingenieros. El estudio de Eltanahy et al. (2020) evidencia cómo la integración de prácticas empresariales en la educación STEM, así como el desarrollo de modelos interdisciplinarios como el E-STEM, pueden incrementar de manera significativa la competencia empresarial de un estudiante. Este enfoque es particularmente benéfico en un contexto donde los expertos en ingeniería son relativamente fáciles de conseguir, pero los expertos en ingeniería orientados a la innovación y al emprendimiento son escasos.
Por otra parte, la evolución de la educación en ingeniería ha incluido la utilización de tecnologías digitales como componentes esenciales del proceso educativo. Las simulaciones computacionales, los ambientes virtuales de aprendizaje, los laboratorios remotos y las aplicaciones de realidad aumentada han cambiado la experiencia de la educación de manera significativa; los alumnos pueden "jugar" con conceptos complejos y de difícil comprensión de manera más intuitiva y significativa (del Cerro Velázquez & Morales Méndez, 2021). Además, la pandemia de COVID-19 ha fomentado la adopción de este tipo de tecnologías y ha aportado valiosas lecciones acerca de la flexibilidad y adaptabilidad pedagógica (Skliarova et al., 2022).

La incorporación de la robótica educativa es cada vez más una tendencia en la educación de ingenieros. Zaytseva et al. (2022) nombra a la robótica como uno de los vehículos más efectivos para los profesionales de enseñanza de conceptos STEM, no menos importante porque es el que despierta el mayor interés y motivación entre los estudiantes para aprender. Al mismo tiempo, la implementación de tales enfoques se está llevando a cabo mediante equipamiento de circulación limitada y a veces incluso preparación limitada en el cuerpo docente a prepararse para ellos, ya que incluso una implementación parcial de tales ideas novedosas no se realiza con suficiente frecuencia en las instituciones limitadas. Por lo tanto, las herramientas planteadas por Loukatos et al. (2022) de transformar el equipo desechado en instalación de código abierto y tecnologías democratizadoras de acceso asequibles propuestas pueden calificar como instrumentos innovadores y sostenibles.

Además, un aspecto importante de los recientes desarrollos en la educación en ingeniería es también la innovación en los métodos, con un mayor enfoque en la vinculación entre el aprendizaje académico en el aula y sus aplicaciones prácticas. De acuerdo con la investigación actual, otras tendencias clave que muestran un creciente interés son el aprendizaje basado en desafíos, el aprendizaje-servicio y la gamificación, que transforman principalmente el enfoque que podría enseñar o cómo enseñar la ingeniería (Götze, et al., 2024). Además de facilitar una mejor

adquisición de conocimientos técnicos, varios enfoques pedagógicos contribuyen al desarrollo de habilidades cognitivas como el pensamiento crítico, la solución de problemas y la colaboración, altamente demandados en el ámbito laboral.

El desarrollo de competencias transversales constituye otro pilar fundamental en la educación ingenieril moderna. Según Pradhananga et al. (2022), los obstáculos que traspasan la pura forma técnica, como el trabajo en equipo, la comunicación efectiva, el liderazgo, la ética profesional, también deben ser dominados por los graduados. Como Cline et al. (2022) argumentan, la capacitación en comunicación debe incorporarse al plan clasificado para varias disciplinas de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. A su vez, John y Devi (2021) más allá de evaluar la literatura, proponen la creación de material de lectura específico STEM como estrategia para mejorar la comprensión de textos técnicos en las ciencias.

En un sentido amplio, esta percepción sobre la enseñanza de la ingeniería ayudada por el arte está en línea y es coherente con los señalamientos de Loumpourdi (2024), quien defiende una educación técnica liberal, que consiste en las humanidades y las artes STEAM, para producir profesionales más versátiles y orientados socialmente. Otras investigaciones recientes, como Epifanio y Calvo-Iglesias (2024) y Golecki et al. (2024) apoyan este argumento, mostrando cómo las intervenciones inter / multidisciplinarias que involucran el arte a las disciplinas de STEM aumentan la creatividad, el pensamiento divergente y, por lo tanto, la innovación entre los estudiantes de ingeniería.

A pesar de los notables progresos realizados en la investigación sobre educación en ingeniería, su literatura presenta lagunas importantes. Específicamente, como Shamim et al. (2022), es evidente la falta de estudios bibliométricos integrales que rastreen las tendencias mundiales en este tema en particular. Mientras tanto, los estudios anteriores se enfocaron en varias facetas específicas, incluida la educación STEM (Shamim et al., 2022), la influencia de la brecha de género (de las Cuevas et al., 2022) o los nuevos desarrollos en tecnología no ofrecen una visión integral del alcance de la investigación (Anđić et al., 2023). Esta falta de integridad dificulta el seguimiento de los patrones emergentes que identifican a los líderes en el campo, las áreas grandes y pequeñas de consenso y controversia, así como la identificación de controles geográficos.

Además, existe una integración limitada de estudios en investigación educativa con las demandas del mercado laboral. A pesar de que se llevan a cabo investigaciones personalizadas sobre la correspondencia entre la capacitación académica y las oportunidades comerciales (Tommasi et al., 2021), esta no le permite correlacionar el grado de frecuencia de uso regular con la validez de la orientación de la investigación en educación ingenieril a los cambios actualizados en perfiles profesionales. Se vuelve aún más crítico en tiempos de la cuarta Revolución Industrial y la automatización creciente (Bongers et al., 2022).

Igualmente, otro aspecto insuficientemente estudiado es la dimensión institucional de la implementación de innovaciones pedagógicas en la educación en ingeniería. Según Semke et al. (2022), las percepciones, creencias y estereotipos culturales pueden determinar la eficacia de las prácticas educativas, especialmente en entornos multiculturales. Por lo tanto, se necesitan más investigaciones que examinen sistemáticamente cómo estos factores afectan la adopción de nuevas

metodologías y enfoques pedagógicos a nivel institucional y las estrategias efectivas para abordar las barreras culturales y organizacionales.

Dado todo lo anterior, la realización de una revisión sistemática con análisis bibliométrico sobre la investigación en educación en ingeniería es fundamental por varias razones. Primero, la identificación de las corrientes teóricas, metodológicas y temáticas predominantes, permitirá obtener una visión más informada sobre la "salud" de este campo de estudio y cómo ha evolucionado recientemente (Shamim et al., 2022). Segundo, esta revisión permitirá identificar redes de colaboración predominantes entre los investigadores, instituciones y países, lo que podría exhibir asimetrías en la producción de conocimiento y oportunidades para fortalecer los lazos académicos (Virtič and Šorgo, 2022). Tercero, el análisis de las palabras clave más comunes y su cambio a lo largo del tiempo proporcionará pautas valiosas sobre tendencias emergentes y aquellas que comienzan a menguar (Priulla et al., 2021).

Además, este tipo de análisis también se puede usar para enriquecer la toma de decisiones en varios niveles. Para los investigadores, este análisis debería crear un mapa de ruta de los ángulos desde los que han abordado los temas de investigación más frecuentes y cuáles han quedado descuidados. De esta forma, se resaltarán áreas interesantes de estudio que pueden necesitar más investigación. Para las autoridades universitarias, los resultados del análisis les proporcionarán datos empíricos para desarrollar planes curriculares actualizados y proporcionar capacidades de formación adecuadas según las tendencias mundiales (Shibata et al., 2021). Para las agencias gubernamentales, este análisis debería convertirse en un instrumento para determinar el uso óptimo de los fondos y crear una agenda de investigación bien informada para abordar los desafíos actuales (Allen et al., 2023).

Por lo tanto, el objetivo general del artículo propuesto es investigar las tendencias globales en educación de ingeniería para bibliometría sobre partes publicadas en la base de datos Scopus, Sciecedirect y Web of Science. Entre 2020 y 2024. En este sentido, los objetivos específicos son los siguientes: 1) Identificar los temas predominantes, los autores, las instituciones y los productores de conocimiento por país en la educación de ingeniería, enfocando STEM/STEAM. 2) Ver la evolución del tiempo de temas predominantes y emergentes en el período 2020-2024, 3) Analizar sus métodos pedagógicos innovadores y la tendencia a influir en el desarrollo de competencias técnicas y habilitadoras en los estudiantes, 4) Determinar las tendencias futuras en la utilización de la tecnología digital y la integración de aprendizaje en la educación de ingeniería 5) Evaluar cómo la literatura aborda los desafíos de inclusión/diversidad en la educación de la ingeniería, en particular en el contexto de la disparidad de género y étnica.

El presente estudio se puede relacionar con varios objetivos de desarrollo sostenible, en primer lugar, con el ODS 4, educación de calidad, ya que promueve la educación inclusiva, equitativa y de calidad. Para ello, Kwauk y Casey (2022), manifiesta que la educación técnica como tal es fundamental para las sociedades sostenibles, ya que proporciona los conocimientos suficientes para la innovación y el desarrollo. n segundo lugar, la inclusión del género y la diversidad en la educación ingenieril puede asociarse al ODS 5, igualdad de género, que pretende la participación plena y efectiva de la mujer en las áreas que hoy son dominadas por los hombres (Ahmed et al., 2023). En tercer lugar, investigar las tendencias de la formación de los ingenieros en lo que se

refiere a los desafíos tecnológicos y de sostenibilidad es relevante para el ODS 9, industria, innovación e infraestructura, que realmente se basa en la capacidad humana de crear infraestructuras resilientes a largo plazo e inducir la industrialización sostenible (Speck & Speck, 2021).

En términos de su contribución a la educación en ingeniería, entonces, este análisis bibliométrico informará una base empírica sólida con la que abordar las tendencias actuales y futuras en una capacidad informada y desarrollar futuras investigaciones y prácticas pedagógicas dominantes de manera concisa. Como King y Upadhyay (2022) sostienen, la comprensión de los patrones y las lagunas en el cuerpo de la literatura científica es en sí un mecanismo necesario para desarrollar programas más efectivos y equitativos. Al mapear la investigación en este campo a nivel global, se hará más fácil transmitir el conocimiento y la información a varias comunidades y contextos educativos, creando una comunidad internacionalmente integrada en torno a estos desafíos actuales de la educación en ingeniería.

2. Metodología

El presente estudio es una revisión sistemática de la literatura con análisis bibliométrico, diseñado para revisar y analizar exhaustivamente las tendencias globales en la investigación durante este siglo sobre la educación en ingeniería. La metodología se ha planificado siguiendo las pautas de PRISMA 2020 (Page et al., 2021), que ofrece un marco riguroso para garantizar la transparencia, replicabilidad y la calidad de las revisiones sistemáticas.

La presente investigación ha empleado tres destacadas bases de datos bibliográficas, a saber, Scopus, Web of Science y ScienceDirect. Estas bases de datos han sido empleadas por su cobertura de publicaciones científicas de alto impacto en la educación en ingeniería y prestigio académico a nivel mundial Scopus, desarrollada por Elsevier, es una de las bases de datos de literatura revisada por pares más extensas y multidisciplinares. Cubre más de 27 000 revistas indexadas. Web of Science, desarrollada por Clarivate analytics, otorga acceso a varias bases de datos que indexan investigación multidisciplinaria de gran calidad. Incluye bases de datos como el Science Citation Index Expanded y el Social Sciences Citation Index, relevantes especialmente para la educación en ingeniería. ScienceDirect, finalmente, permite el acceso a los textos completos de publicaciones científicas, técnicas y médicas de Elsevier. ScienceDirect es una base de datos relevante específicamente para esta investigación ya que es especializada en áreas STEM.

La estrategia de búsqueda se desarrolló mediante la combinación de términos relacionados con la educación en ingeniería, análisis bibliométricos y educación superior. Se emplearon operadores booleanos para construir ecuaciones de búsqueda complejas, tales como: ("engineering education" OR "engineering teaching") AND ("bibliometric analysis" OR "bibliometric study" OR "scientific trends" OR "research trends") AND ("higher education" OR "university education" OR "STEM education" OR "STEAM education"). Las búsquedas se limitaron a los campos de título, resumen y palabras clave para garantizar la relevancia temática de los resultados obtenidos. Adicionalmente, se realizaron búsquedas complementarias utilizando términos específicos relacionados con metodologías innovadoras en educación en ingeniería como "active learning", "problem-based

learning", "project-based learning", "flipped classroom", y "gamification" combinados con "engineering education" para asegurar una cobertura comprehensiva del campo.

Los criterios de inclusión para la selección de artículos abarcan: (1) Los artículos revisados por pares de revistas científicas indexadas; (2) Los artículos publicados entre enero de 2020 a marzo de 2024, permiten la captura de las tendencias más recientes; (3) Los documentos en idioma inglés o español, ya que son los idiomas predominantes en la literatura internacional; (4) Los estudios centrados únicamente en la educación en ingeniería y aquellos que se refieran específicamente a la implementación de enfoques STEM/STEAM en un contexto de aprendizaje de la ingeniería y (5) disponibilidad del texto completo para permitir el análisis en profundidad. Por otra parte, los criterios de exclusión consideraron los documentos duplicados en la búsqueda entre base de datos, actas de congresos, resúmenes y comunicaciones breves, revisiones no sistemáticas, editoriales, cartas al editor y comentarios, artículos que no tienen acceso al texto completo, y finalmente, los estudios no centrados en la educación en ingeniería.

La selección de estudios obedeció escrupulosamente a las cuatro etapas de la Declaración PRISMA 2020: identificación, cribado, elegibilidad y selección final. En la identificación se recuperaron 265 documentos: 156 en Scopus, 84 en Web of Science y 25 en ScienceDirect. Luego de detectar y eliminar 62 duplicados con Mendeley, se efectuó un screening preliminar de 203 documentos en la etapa de identificación, a partir de la lectura de títulos y resúmenes, descartando 112 artículos que no cumplían con los criterios de inclusión. En la etapa de elegibilidad se procedió a la lectura a texto completo de los 91 documentos restantes, y se evaluó su pertinencia temática y calidad metodológica, lo que permitió excluir 41 documentos: 18 con otros temas de interés y 12 sin datos bibliométricos relevantes, 7 revisiones narrativas no sistemáticas y al menos 4 estudios con deficiencias metodológicas. Finalmente, se seleccionaron 50 trabajos que cumplían con todos los requisitos de inclusión para ser sometidos a análisis bibliométrico detallado.

En la Figura 1 se presenta el diagrama de flujo PRISMA 2020 para documentar el proceso de selección de los estudios incluidos, así como las causas de exclusión en cada etapa del proceso. Del mismo modo, para el análisis bibliométrico de los 50 artículos en cuestión, se utilizó la herramienta de software VOSviewer versión 1.6.18 que es una herramienta especializada en la visualización y el análisis de redes bibliométricas, lo que permite explorar la colaboración, co-citación y co-ocurrencia de términos y otros patrones de investigación de un campo de estudio van Eck y Waltman (2020). Los metadatos de los artículos se exportaron en formato RIS y CSV para su posterior manipulación por el software de análisis VOSviewer.

En cuanto a la visualización de los resultados, se realizaron gráficas de red utilizando el algoritmo de fuerza dirigida de VOSviewer, que coloca los nodos autores, instituciones, términos en un espacio bidimensional de tal manera que la distancia entre ellos refleja su nivel de relación. Adicionalmente, se llevó a cabo un examen cualitativo de la literatura seleccionada, a fin de evaluar las tendencias metodológicas, teóricas y aplicadas en educación en ingeniería. Este método de pesquisa integrado resultó en la identificación de los principales avances en el campo, las áreas de mayor crecimiento, las lagunas subsistentes y las oportunidades emergentes para futuras investigaciones, ofreciendo una caracterización completa del estado actual de la investigación en educación en ingeniería a nivel mundial.

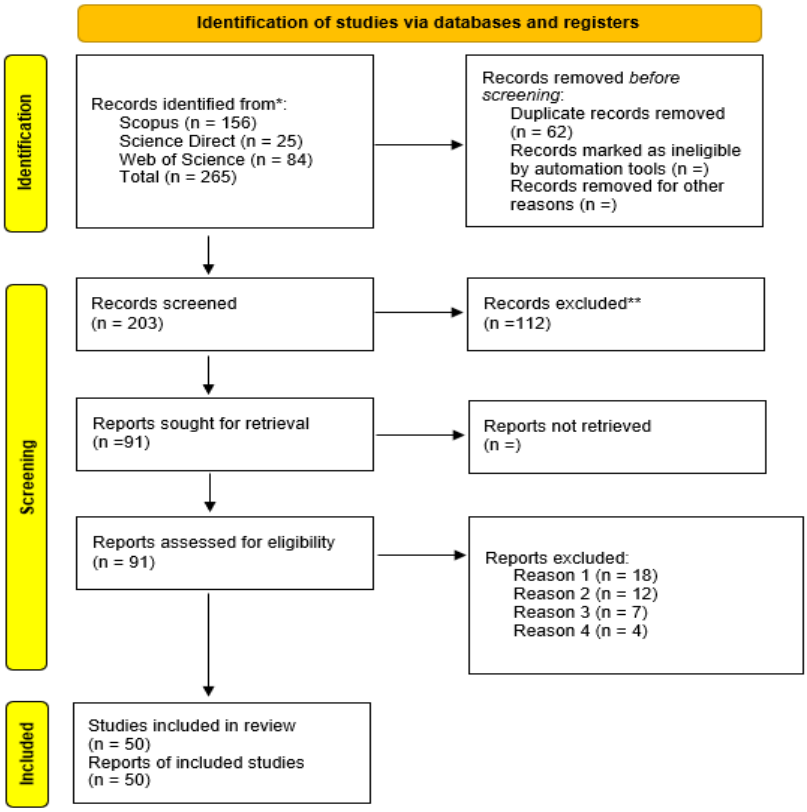

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios.

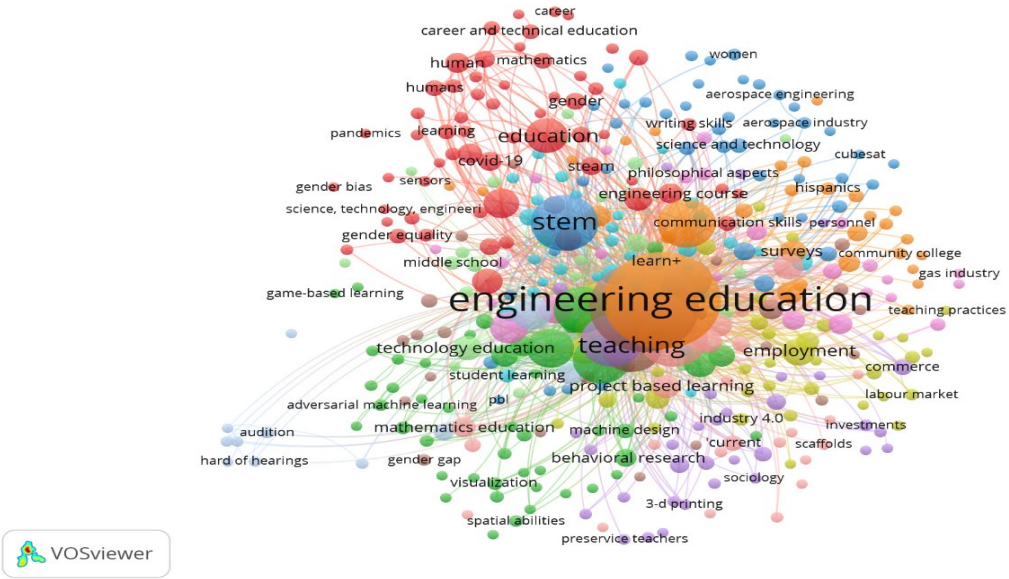

Figura 2. Mapa de co-ocurrencia de términos en investigaciones sobre educación en ingeniería.

En la figura 2 se muestra un mapa de co-ocurrencia de términos clave obtenido con VOSviewer, que presenta una visión sintética y visual de las principales tendencias temáticas que predominan en la investigación mundial sobre educación en ingeniería. En el núcleo del mapa, el nodo

"educación en ingeniería" cuenta con la mayor porosidad dimensión, lo que indica el papel prioritario y estructurante en el campo. Alrededor de él, se disponen los clústeres diferenciados por colores, un glosario de firmas que simboliza grupos tecnológicos y conceptuales similares, cada uno con su propia ideología central. Así, observamos un primer eje temático –de color verde- centrado en metodologías activas como aprendizaje basado en proyectos, educación tecnológica y aprendizaje de los estudiantes, lo que sugiere una marcada orientación hacia la innovación pedagógica. En segundo lugar, el clúster rojo reúne términos como covid-19, igualdad de género y educación profesional y técnica, lo que refleja una creciente preocupación por factores sociales, equidad de género y el impacto de contextos disruptivos de la educación. Asimismo, el clúster azul remarca temas relacionados con inclusión y diversidad, como mujeres y personas con problemas de audición, lo cual denota un abordaje cada vez más sensible a la accesibilidad educativa. Por otro lado, el grupo naranja asocia la formación en ingeniería con el mercado laboral a través de términos como empleo, mercado laboral e industria del gas, lo que alude a una tendencia en búsqueda de competencias formativas alineales con demandas del sector productivo. Finalmente, la presencia de conceptos como industria 4.0, impresión 3D y diseño de máquinas sugiere que la educación en ingeniería se ambienta en procesos de incorporación de tecnologías emergentes, consolidando así una visión que articula lo pedagógico, lo técnico y lo social.

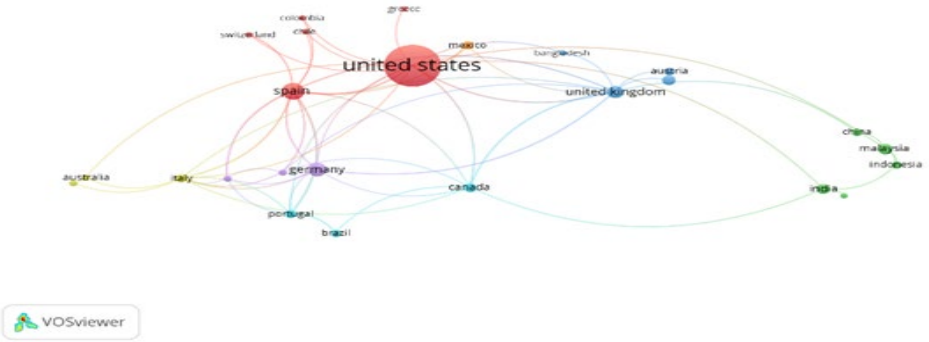

Figura 3. Red de colaboración internacional en investigación sobre educación en ingeniería.

En esta figura, cada nodo representa un país, y el tamaño del nodo está directamente relacionado con la cantidad de publicaciones en coautoría internacional. Las líneas que conectan los nodos representan vínculos de colaboración entre países, mientras que los diferentes colores indican la agrupación en comunidades de investigación, resultado del análisis de clústeres.

En el centro del mapa se destaca claramente Estados Unidos, cuyo nodo es el más grande y central, lo que evidencia su papel predominante en la producción científica y en la articulación de colaboraciones internacionales en este campo. Países como España, Reino Unido, Canadá y Alemania también presentan nodos prominentes y múltiples conexiones, reflejando su activa participación en redes internacionales de investigación en educación en ingeniería.

El análisis de comunidades permite identificar varios clústeres de colaboración. Uno de ellos, representado en tonos rojizos, está liderado por Estados Unidos y agrupa a países como España,

Suiza, Colombia, México y Grecia, lo que sugiere una fuerte articulación transatlántica. Otro clúster, en verde, incluye a países asiáticos como India, Malasia, Indonesia y China, evidenciando un bloque de colaboración regional emergente con creciente impacto. Asimismo, se observa un clúster europeo (en azul) donde destaca la relación entre el Reino Unido, Austria y Bangladesh, posiblemente influida por relaciones históricas y lingüísticas.

Es interesante notar la inclusión de países latinoamericanos como Brasil, Chile, México y Colombia que, si bien poseen nodos más pequeños, mantienen conexiones significativas con potencias investigadoras, principalmente Estados Unidos y España, lo que sugiere un papel creciente en la investigación colaborativa.

3. Discusión

En resumen, el presente análisis de las tendencias de la investigación en educación en ingeniería para el quinquenio 2020-2024 se destaca por la naturaleza multidimensional del campo que se organiza en clústeres temáticos diversos que representan las direcciones actuales de esta disciplina. En cuanto al primer clúster, representado en verde, en el que todas las intervenciones están basadas en las metodologías activas para la enseñanza y aprendizaje, con el aprendizaje basado en proyectos y con la educación tecnológica. Por lo tanto, este clúster supone una tendencia en la innovación pedagógica para la educación de la ingeniería contemporánea. Por ejemplo, Abichandani et al. (2024) demuestra la evidencia en la efectividad de aprendizaje basado en competencias para la instrucción de drones. A su vez, Lecorchick et al. (2020), marcan su marco de aprendizaje interactivo con el desarrollo de habilidades a través de la exposición multicultural y la colaboración en equipos internacionales.

Se observan términos como COVID-19, igualdad de género y educación profesional en el segundo clúster, de color rojo, relacionado con preocupaciones sobre los factores sociales y contextos disruptivos. Por ejemplo, Ahmed et al. (2023) documentan la satisfacer de los factores socio – económicos en la inscripción de mujeres en programas STEM específicos en Bangladesh, mientras que Tam et al. (2020) abordan los efectos de los estereotipos de género relacionados con la experiencia somática en las mujeres de los sectores problemáticas y proponen empoderarlas a través de la formación efectiva en TIC.

El tercer clúster, de color azul, concierne al tema de la inclusión y la diversidad, con un enfoque especial en la accesibilidad de la educación. Semke et al. (2022) investigan cómo los estereotipos culturales impactan en la formación de la ingeniería en Alemania, mientras que Ho et al. (2020) ofrecen conocimientos basados en evidencia sobre las lagunas en la educación STEM, socialmente condicionadas y de género en Vietnam, y desvelan cómo las disparidades socioeconómicas perjudican al desempeño académico.

Asimismo, el cuarto clúster, naranja, relaciona la formación ingenieril con el mercado laboral y demuestra la tendencia a competencias alineales con demandas productivas. Tommasi et al. (2021) investigan las perspectivas sobre competencias para la Industria 4.0, mientras Pavai y Uma (2020)

abordan el cambio de paradigma en la educación ingenieril desde una perspectiva india y subrayan la brecha entre tradición educativa y exigencias del mercado globalizado.

La distribución geográfica de la producción científica muestra un liderazgo de Estados Unidos, seguido por España, Reino Unido, Canadá y Alemania. Esta concentración en economías desarrolladas plantea desafíos para la diversificación de perspectivas. Sin embargo, países latinoamericanos como Brasil, Chile, México y Colombia están estableciendo conexiones con estas potencias investigadoras, como ilustra el estudio de Avendano-Uribe et al. (2022) sobre makerspaces en comunidades rurales colombianas.

La evolución muestra temporal que los estudios iniciales (2020-2021) se enfocaron en respuestas a la pandemia, como evidencian Skliarova et al. (2022) y Junaid et al. (2020), quienes analizan riesgos y estrategias de mitigación en la educación ingenieril durante esta crisis. Posteriormente, surge un interés en las implicaciones de la Industria 4.0, como lo demuestran Tommasi et al. (2021), complementado por Shen et al. (2020) que examinan la "Nueva Educación en Ingeniería" en China. En años recientes (2023-2024), destacan temas de emprendimiento, innovación y sostenibilidad, como refleja el estudio de Eltanahy et al. (2020) sobre prácticas emprendedoras en educación STEM y Speck y Speck (2021) sobre biomimética en la educación europea.

Respecto a metodologías pedagógicas innovadoras, destaca el interés por enfoques que desarrollen simultáneamente competencias técnicas y transversales. Pradhananga et al. (2022) demuestran cómo las actividades co-curriculares mejoran habilidades comunicativas en estudiantes minoritarios de programas STEM, mientras que Hu et al. (2020) documentan cómo la fabricación de un lápiz musical electrónico mejoró competencias STEM en estudiantes no pertenecientes a ingeniería.

La digitalización se refleja en la integración de tecnologías digitales, entre las cuales hay una tendencia significativa a usar simulaciones computacionales, entornos virtuales y aplicaciones de realidad aumentada. Del Cerro Velázquez y Morales Méndez (2021) ilustran cómo la realidad aumentada contribuye al aprendizaje de las matemáticas desde temprana edad, y Alomari et al. (2020), presentan un marco de evaluación para un entorno de ciber aprendizaje desarrollado para la informática y la ingeniería de software. En cuanto a la tendencia prometedora y relevante, se puede identificar la robótica educativa. Zaytseva et al. (2022), Jdeed et al. (2020) y Braun et al. (2022) han demostrado la efectividad de esta tecnología para motivar el interés de los estudiantes en la STEM y el desarrollo de habilidades técnicas y colaborativas.

Los problemas de inclusión y diversidad están empezando a mostrarse. Por ejemplo, Ahmed et al. (2023) y de las Cuevas et al. (2022) proporcionan una visión de género de las disparidades de género en los campos de empleo de ingeniería y ciencia. Estos estudios documentan un sesgo estructural persistente. En contraste, Werum et al. (2020) ofrecen un enfoque diferente, analizando cómo el servicio militar puede establecer carreras STEM no universitarias. Este estudio también muestra efectos sustanciales para las mujeres. La inclusión de estudiantes con discapacidad es otro tema de tendencia emergente, ver, por ejemplo, el trabajo de Freeman et al. (2021) y Theobald et al. (2022) sobre patrones de matriculación y éxito en STEM cursos para estudiantes con problemas de aprendizaje.

En conclusión, hay una clara tendencia hacia enfoques interdisciplinarios que mezclen disciplinas tradicionales de STEM con aquellas de las humanidades y las artes, denominadas generalmente como STEAM. Mientras Loumpourdi (2024) propone mediciones liberales ideales para el futuro desarrollo profesional en la cuarta revolución industrial, tanto Lee (2023) como Hughes et al. (2022) investigaron la integración de la formación técnica con artes y ciencias sociales. De esta manera, las profesiones técnicas reciben profesionales más versátiles y conscientes de la naturaleza social de sus interacciones y decisiones.

En resumen, la presente revisión muestra la imposición de cambios significativos en la educación en ingeniería, los que se adaptan a sus desafíos inherentes a la contemporaneidad, tales como la implementación de metodologías activas, las tecnologías digitales y la mayor atención a la inclusión y diversidad. Las implicaciones presentadas indican la necesidad de un rediseño de los currículos más allá de la incorporación de competencias e inserción de habilidades transversales, para reflexionar sobre la diversidad como un principio constitutivo de una educación en ingeniería para el siglo XXI de calidad.

4. Referencias

- Abichandani, P., L. Deepan, D. Branislav, B. Ashish, S. Jaskirat, K. Smit, B. Daniel, and M. and Kam, 2024, Competition-based active learning instruction for drone education: Interactive Learning Environments, Vol. 32, No. 5, pp. 1795-1813.
- Ahmed, N., A. M. Chowdhury, T. Urmi, and L. Jamal, 2023, Impact of Socio-Economic Factors on Female Students' Enrollments in Science, Technology, Engineering and Mathematics and Workplace Challenges in Bangladesh: American Behavioral Scientist, Vol. 67, No. 9, pp. 1104-1121. https://doi.org/10.1177/00027642221078517
- Allen, M., M. Lachney, and B. Green, 2023, Race-Positive Career and Technical Education: Techno-Social Agency Beyond the Vocational-Liberal Divide: TechTrends, Vol. 67, No. 3, pp. 446-455. https://doi.org/10.1007/s11528-022-00806-w
- Alomari, H. W., V. Ramasamy, J. D. Kiper, and G. Potvin, 2020, A User Interface (UI) and User eXperience (UX) evaluation framework for cyberlearning environments in computer science and software engineering education: Heliyon, Vol. 6, No. 5, pp. e03917. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03917
- Anđić, B., E. Ulbrich, T. (Noah) Dana-Picard, S. Cvjetićanin, F. Petrović, Z. Lavicza, and M. Maričić, 2023, A Phenomenography Study of STEM Teachers' Conceptions of Using Three-Dimensional Modeling and Printing (3DMP) in Teaching: Journal of Science Education and Technology, Vol. 32, No. 1, pp. 45-60. https://doi.org/10.1007/s10956-022-10005-0
- Avendano-Uribe, B. E., S. Ojeda-Ramírez, and J. Perez-Baron, 2022, Resourcefulness, narratives, and identity in science, technology, engineering, arts and mathematics education: A perspective of makerspaces for rural communities in Colombia: Frontiers in Education, Vol. 7. https://doi.org/10.3389/feduc.2022.1055722
- Bongers, A., C. Díaz-Roldán, and J. L. Torres, 2022, Highly Skilled International Migration, STEM Workers, and Innovation: Economics, Vol. 16, No. 1, pp. 73-89. https://doi.org/10.1515/econ-2022-0022
- Braun, J., A. O. Júnior, G. Berger, V. H. Pinto, I. N. Soares, A. I. Pereira, J. Lima, and P. Costa, 2022, A robot localization proposal for the RobotAtFactory 4.0: A novel robotics competition within the Industry 4.0 concept: Frontiers in Robotics and AI, v. 9. https://doi.org/10.3389/frobt.2022.1023590

- del Cerro Velázquez, F., and G. Morales Méndez, 2021, Application in Augmented Reality for Learning Mathematical Functions: A Study for the Development of Spatial Intelligence in Secondary Education Students, 4: Mathematics, Vol. 9, No. 4, pp. 369. https://doi.org/10.3390/math9040369
- Cline, C., A. M. Santuzzi, K. E. Samonds, N. LaDue, and H. E. Bergan-Roller, 2022, Assessing how students value learning communication skills in an undergraduate anatomy and physiology course: Anatomical Sciences Education, Vol. 15, No. 6, pp. 1032-1044. https://doi.org/10.1002/ase.2144
- de las Cuevas, P., M. García-Arenas, and N. Rico, 2022, Why Not STEM? A Study Case on the Influence of Gender Factors on Students' Higher Education Choice, 2: Mathematics, Vol. 10, No. 2, pp. 239. https://doi.org/10.3390/math10020239
- van Eck, N. J., and L. Waltman, 2020, VOSviewer manual, Leiden: Univeristeit Leiden: <https://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.18.pdf>.
- Eltanahy, M., S. Forawi, and N. Mansour, 2020, Incorporating Entrepreneurial Practices into STEM Education: Development of Interdisciplinary E-STEM Model in High School in the United Arab Emirates: Thinking Skills and Creativity, Vol. 37, pp. 100697. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100697
- Epifanio, I., and E. Calvo-Iglesias, 2024, Análisis de las competencias STEM en la formación en ingeniería: una perspectiva de género: Revista de Educación en Ingeniería, Vol. 23, No. 1, pp. 78-94.
- Freeman, S., S. L. Eddy, M. McDonough, M. K. Smith, N. Okoroafor, H. Jordt, and M. P. Wenderoth, 2021, Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol. 111, No. 23, pp. 8410-8415. https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111
- Golecki, H. M., K. Jensen, K. T. Klebbe, T. Tran, and E. A. McNeela, 2024, Integrating the arts into engineering education: Impact on students' creativity and technical competence: International Journal of STEM Education, Vol. 11, No. 2, pp. 45-59.
- Götze, K., D. Kaiser, I. Aubel, V. Herdegen, and M. Bertau, 2024, Aprendizaje basado en retos en la formación en ingeniería química: Un estudio de caso de colaboración industrial: Educación para Ingenieros Químicos, Vol. 46, No. 2, pp. 112-125.
- Ho, M.-T., V.-P. La, M.-H. Nguyen, T.-H. Pham, T.-T. Vuong, H.-M. Vuong, H.-H. Pham, A.-D. Hoang, and Q.-H. Vuong, 2020, An analytical view on STEM education and outcomes: Examples of the social gap and gender disparity in Vietnam: Children and Youth Services Review, Vol. 119, pp. 105650. https://doi.org/10.1016/j.childyouth.2020.105650
- Hu, C.-C., H.-C. Yeh, and N.-S. Chen, 2020, Enhancing STEM competence by making electronic musical pencil for non-engineering students: Computers & Education, Vol. 150, pp. 103840. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103840
- Hughes, B. S., M. W. Corrigan, D. Grove, S. B. Andersen, and J. T. Wong, 2022, Integrating arts with STEM and leading with STEAM to increase science learning with equity for emerging bilingual learners in the United States: International Journal of STEM Education, Vol. 9, No. 1, pp. 58. https://doi.org/10.1186/s40594-022-00375-7
- Jdeed, M., M. Schranz, and W. Elmenreich, 2020, A study using the low-cost swarm robotics platform spiderino in education: Computers and Education Open, Vol. 1, pp. 100017. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2020.100017
- John, D., and G. S. Devi, 2021, Designing STEM-Specific Student-Friendly Reading Content for the Engineering English Classroom: IEEE Transactions on Professional Communication, Vol. 64, No. 4, pp. 444-455 https://doi.org/10.1109/TPC.2021.3110419
- Junaid, K. A. M., D. Sudha, and Sabari. L. Umamaheswari, 2020, Analysis of Peril and Mitigation in Engineering Education for Viable Augmentation: Procedia Computer Science, Vol. 172, pp. 523-527. https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.05.063

- King, N. S., and B. Upadhyay, 2022, Negotiating mentoring relationships and support for Black and Brown early-career faculty: Science Education, Vol. 106, No. 5, pp. 1149-1171. https://doi.org/10.1002/sce.21755
- Kwauk, C. T., and O. M. Casey, 2022, A green skills framework for climate action, gender empowerment, and climate justice: Development Policy Review, Vol. 40, No. S2, pp. e12624. https://doi.org/10.1111/dpr.12624
- Lecorchick, D., J. Papadopoulos, and L. Tabor, 2020, Engineering Education through an International Collaboration: A Framework: Procedia Computer Science, Vol. 172, pp. 838-842. https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.05.120
- Lee, C. A. L., 2023, Channelling Artscience Through Fan-Fiction for Diversifying STEM Approaches in Participatory Learning in Malaysia: American Behavioral Scientist, Vol. 67, No. 9, pp. 1122-1138. https://doi.org/10.1177/00027642221078511
- López-Belmonte, J., 2022, Comparative analysis between a STEM-based learning process and traditional teaching: South African Journal of Education, Vol. 42, No. S1, pp. 2057. https://doi.org/10.15700/saje.v42ns1a2057
- Loukatos, D., N. Androulidakis, K. G. Arvanitis, K. P. Peppas, and E. Chondrogiannis, 2022, Using Open Tools to Transform Retired Equipment into Powerful Engineering Education Instruments: A Smart Agri-IoT Control Example, 6: Electronics, Vol. 11, No. 6, pp. 855. https://doi.org/10.3390/electronics11060855
- Loumpourdi, M., 2024, The future of employee development in the emerging fourth industrial revolution: a preferred liberal future: Journal of Vocational Education & Training, Vol. 76, No. 1, pp. 25-44. https://doi.org/10.1080/13636820.2021.1998793
- Ma, Y., 2021, Reconceptualizing STEM Education in China as Praxis: A Curriculum Turn, 9: Sustainability, Vol. 13, No. 9, pp. 4961. https://doi.org/10.3390/su13094961
- Page, M. J. et al., 2021, The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews: BMJ, Vol. 372, pp. n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71
- Pavai, M., and M. Uma, 2020, Changing Paradigms of Engineering Education - An Indian Perspective: Procedia Computer Science, Vol. 172, pp. 215-224. https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.05.034
- Pradhananga, P., M. ElZomor, and G. Santi Kasabdji, 2022, Advancing Minority STEM Students' Communication and Presentation Skills through Cocurricular Training Activities: Journal of Civil Engineering Education, Vol. 148, No. 2, pp. 04022001. https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.2643-9115.0000060
- Priulla, A., N. D'Angelo, and M. Attanasio, 2021, An analysis of Italian university students' performance through segmented regression models: gender differences in STEM courses: Genus, Vol. 77, No. 1, pp. 11. https://doi.org/10.1186/s41118-021-00118-6
- Ramsey, G. P., 2022, Integrating science, technology, engineering, and math (STEM) and music: Putting the arts in science, technology, engineering, arts, and math (STEAM) through acousticsa): The Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 152, No. 2, pp. 1106-1111. https://doi.org/10.1121/10.0013571
- Semke, E., W. Theobald, and P. Genova, 2022, Stereotype Threat and Faultlines Based on Cultural Diversity in Engineering Education in Germany: International Journal of Engineering Education, Vol. 38, No. 3, pp. 719-726.
- Shamim, M., M. Mamun, and M. A. Raihan, 2022, Mapping the Research of Technical Teachers' Pedagogical Beliefs about Science Technology Engineering and Mathematics (STEM) Education, 4: International Journal of Instruction, Vol. 15, No. 4, pp. 797-818. https://doi.org/10.29333/iji.2022.15443a
- Shen, J., T. Li, and M. Wu, 2020, The New Engineering Education in China: Procedia Computer Science, Vol. 172, pp. 886-895. https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.05.128

- Shibata, M., K. Demura, S. Hirai, and A. Matsumoto, 2021, Comparative Study of Robotics Curricula: IEEE Transactions on Education, Vol. 64, No. 3, pp. 283-291. https://doi.org/10.1109/TE.2020.3041667
- Skliarova, I., I. Meireles, N. Martins, T. Tchemisova, and I. Cação, 2022, Enriching Traditional Higher STEM Education with Online Teaching and Learning Practices: Students' Perspective, 11: Education Sciences, Vol. 12, No. 11, pp. 806. https://doi.org/10.3390/educsci12110806
- Speck, O., and T. Speck, 2021, Biomimetics and Education in Europe: Challenges, Opportunities, and Variety, 3: Biomimetics, Vol. 6, No. 3, pp. 49. https://doi.org/10.3390/biomimetics6030049
- Tam, H., A. Y. Chan, and O. L. Lai, 2020, Gender stereotyping and STEM education: Girls' empowerment through effective ICT training in Hong Kong: Children and Youth Services Review, Vol. 119, pp. 105624. https://doi.org/10.1016/j.childyouth.2020.105624
- Theobald, R., J. Plasman, M. Gottfried, T. Gratz, K. Holden, and D. Goldhaber, 2022, Sometimes Less, Sometimes More: Trends in Career and Technical Education Participation for Students With Disabilities: Educational Researcher, Vol. 51, No. 1, p. 40-50. https://doi.org/10.3102/0013189X211006361
- Tommasi, F., M. Perini, and R. Sartori, 2021, Multilevel comprehension for labor market inclusion: a qualitative study on experts' perspectives on Industry 4.0 competences: Education + Training, Vol. 64, No. 2, pp. 177-189. https://doi.org/10.1108/ET-04-2021-0146
- Virtič, M. P., and A. Šorgo, 2022, Lower secondary school experiences as predictors of career aspirations toward engineering, and production and processing occupations: European Journal of Engineering Education, Vol. 47, No. 5, pp. 833-850. https://doi.org/10.1080/03043797.2022.2033169
- Werum, R., C. Steidl, S. Harcey, and J. Absalon, 2020, Military service and STEM employment: Do veterans have an advantage? Social Science Research, Vol. 92, pp. 102478. https://doi.org/10.1016/j.ssresearch.2020.102478
- Zaytseva, S. A., V. V. Ivanov, B. S. Kiselev, and A. F. Zubakov, 2022, Development of educational robotics: problems and prospects, 2: Educación y Ciencia, Vol. 24, No. 2, p. 84-115. https://doi.org/10.17853/1994-5639-2022-2-84-115

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2025 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)