ISBN: 978-628-96613-1-6. ISSN: 2414-6390. Digital Object Identifier: https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2025.1.1.1029

Systematic review of strategies to reduce the gender gap in engineering training: progress, challenges and opportunities towards equity

Milagros Antonieta Olivos Jiménez[1]; Emma Verónica Ramos Farroñán[1]; Mabel Ysabel Otiniano León[1]; Danny Alonso Lizarzaburu Aguinaga[1]; Ana Elizabeth Paredes Morales[1]; Tony Venancio Pereyra Gonzales[1]; Julie Catherine Arbulú Castillo[1]

[1]Universidad César Vallejo, Perú, molivos@ucv.edu.pe, eramos@ucv.edu.pe, motiniano@ucv.edu.pe, dlizarzaburu@ucv.edu.pe, aparedesm@ucv.edu.pe, pereyragt@ucv.edu.pe, jarbuluca26@ucvvirtual.edu.pe

Abstract – This study addresses the persistent gender gap in engineering fields, analyzing the most effective interventions to reduce it in higher education. It highlights the social, institutional, and psychological barriers that perpetuate the underrepresentation of women in engineering and explores interventions such as mentoring programs, curriculum transformation, and the application of Social Cognitive Theory and Self-Determination Theory to promote gender equality. The review identifies the influence of contextual factors, such as socio-economic and cultural differences, on the effectiveness of these strategies. Additionally, it emphasizes the need for longitudinal research and integrated approaches to address educational, sociocultural, and institutional barriers. The study underscores the importance of linking local initiatives with the Sustainable Development Goals to promote gender equity in engineering education.

Keywords- Gender gap, Higher education, social barriers, Gender equality, Social Cognitive Theory, Self-Determination Theory.

Revisión sistemática de estrategias para reducir la brecha de género en la formación en ingeniería: avances, desafíos y oportunidades hacia la equidad

Milagros Antonieta Olivos Jiménez[1], Emma Verónica Ramos Farroñán[1], Mabel Ysabel Otiniano León[1], Danny Alonso Lizarzaburu Aguinaga[1], Ana Elizabeth Paredes Morales[1], Tony Venancio Pereyra Gonzales[1], Julie Catherine Arbulú Castillo[1]

[1]Universidad César Vallejo, Perú, molivos@ucv.edu.pe, eramosf@ucv.edu.pe, motiniano@ucv.edu.pe, dlizarzaburu@ucv.edu.pe, aparedesm@ucc.edu.pe, pereyragt@ucv.edu.pe, jarbuluca26@ucvvirtual.edu.pe

Resumen*– Este estudio aborda la persistente brecha de género en los campos de ingeniería, analizando lasintervenciones más efectivas para reducirla en la educación superior. Se destacan las barreras sociales, institucionales y psicológicas que perpetúan la subrepresentación de mujeres en ingeniería, y se exploran intervenciones como programas de mentoría, transformación curricular y el enfoque de la Teoría Social Cognitiva y la Teoría de la Autodeterminación para promover la igualdad de género. La revisión identifica la influencia de factores contextuales, como las diferencias socioeconómicas y culturales, en la efectividad de las estrategias. Además, se subraya la necesidad de investigaciones longitudinales y enfoques integrados que aborden las barreras educativas, socioculturales e institucionales. El estudio resalta la importancia de vincular las iniciativas locales con los Objetivos de Desarrollo Sostenible para fomentar la equidad de género en la formación en ingeniería.

Palabras Clave- Brecha de género, Educación superior, Barreras sociales, Igualdad de género, Teoría Social Cognitiva, Teoría de la Autodeterminación.

I. Introducción

En la actualidad, la persistente subrepresentación de mujeres en los campos de ingeniería constituye uno de los desafíos más apremiantes que enfrenta la educación superior en el siglo XXI [1]. En efecto, esta brecha de género no representa un fenómeno aislado, sino que emerge como el resultado de una compleja interacción de factores sociales, institucionales y psicológicos que han sido exhaustivamente documentados en la literatura científica [2], [3].

Desde el punto de vista teórico, es preciso señalar que la investigación contemporánea se fundamenta en diversos marcos conceptuales interrelacionados. Por un lado, la Teoría Social Cognitiva de Bandura, al ser aplicada al contexto de género en STEM, evidencia que la autoeficacia y las experiencias de dominio resultan cruciales para el desarrollo profesional de las mujeres en ingeniería [4]. Por otro lado, y de manera complementaria, la Teoría de la Autodeterminación ha demostrado ser fundamental para comprender lasmotivaciones intrínsecas y extrínsecas que influyen decisivamente en lastrayectorias educativas y profesionales de las mujeres en campos técnicos [5].

Con respecto a los avances realizados durante la última década, cabe destacar que estos han permitido identificar factores críticos que contribuyen a esta disparidad, entre los que se incluyen estereotipos de género arraigados, ausencia de modelos femeninos en el campo, y barreras institucionales persistentes [6]. En este sentido, los estudios longitudinales recientes han documentado que las intervenciones tempranas, particularmente aquellas que incorporan programas de mentoría estructurados, pueden generar transformaciones significativas en las percepciones y actitudes de las estudiantes hacia las disciplinas STEM [7]. A modo de ilustración, un programa de mentoría de 100 días evidenció mejoras sustanciales en la confianza y el interés de las participantes en biomecánica e ingeniería [8].

En lo que concierne a los desafíos persistentes, resulta imperativo señalar la necesidad de transformar las culturas institucionales, desarrollar pedagogías más inclusivas y establecer sistemas de apoyo sostenibles [9]. En esta línea de análisis, la investigación actual pone de manifiesto que las barreras estructurales y los sesgos implícitos continúan afectando la progresión académica y profesional de las mujeres en ingeniería, especialmente en niveles avanzados yposiciones de liderazgo [10].

De manera significativa, un análisis espacial reciente de factores socioeconómicos ha revelado que las disparidades de género en STEM están fuertemente correlacionadas con variables contextuales regionales, lo cual sugiere la necesidad

imperiosa de implementar intervenciones adaptadas a contextos específicos [11]. Asimismo, las investigaciones en el campode la ciberseguridad han identificado patrones únicos de exclusión y barreras de entrada que requieren atención específica y focalizada [12].

En este contexto, el objetivo general de esta revisión sistemática se orienta a analizar y sintetizar la evidencia disponible sobre estrategias efectivas para reducir la brecha de género en la formación en ingeniería. En consonancia con este propósito, se han establecido dos objetivos específicos: en primer lugar, identificar las intervenciones con mayor impacto documentado en la retención y éxito académico de mujeres en programas de ingeniería; y, en segundo lugar, evaluar los factores contextuales que influyen en la efectividad de estas intervenciones.

La justificación de esta investigación radica en la urgente necesidad de consolidar el conocimiento existente sobre prácticas efectivas [13]. En este sentido, los estudios recientes sobre competencias en ingeniería sugieren que el enfoque tradicional centrado exclusivamente en habilidades técnicas resulta insuficiente, siendo necesario integrar competencias transversales y consideraciones sociales en la formación [14]. Por consiguiente, se ha identificado un vacío significativo en la literatura respecto a una síntesis comprehensiva que integre las dimensiones pedagógicas, institucionales y socioculturales de las intervenciones [15].

Finalmente, es preciso destacar que este estudio se alinea directamente con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 (Educación de Calidad) y el ODS 5 (Igualdad de Género) [16]. En efecto, la evaluación de estrategias nacionales, como la documentada en Jordania, demuestra la importancia fundamental de vincular las iniciativas locales con marcos globales de desarrollo sostenible [17]. En última instancia, las métricas institucionales recientes para evaluar las contribuciones a los ODS ponen de manifiesto la necesidad de implementar un enfoque más sistemático para medir el progreso en la equidad de género en educación superior [18].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

En lo que respecta a la metodología implementada, la presente investigación se fundamenta en una revisión sistemática desarrollada bajo las directrices PRISMA, con el propósito fundamental de analizar de manera exhaustiva las estrategias orientadas a reducir la brecha de género en ingeniería. En este sentido, se llevó a cabo una búsqueda sistemática que abarcó tres bases de datos principales: Scopus, Web of Science y ScienceDirect, cubriendo el período comprendido entre 2019 y 2024.

Cabe destacar que la estrategia de búsqueda se estructuró en torno a tres dimensiones fundamentales interconectadas. En primer lugar, se consideró la población mediante términos como "women", "gender gap", "female", "gender equity" y "gender equality". En segundo lugar, se abordó el contexto a través de descriptores específicos como "engineering education", "STEM education", "technical education" y "engineering program*". Finalmente, se incluyó la dimensión de intervención mediante términos como "strategy", "intervention", "program", "initiative" y "approach". Con respecto a los criterios de selección, es preciso señalar que estos fueron establecidos con el propósito de garantizar tanto la calidad como la pertinencia de los estudios analizados. En este contexto, los criterios de inclusión contemplaron artículos publicados en inglés o español, sometidos a revisión por pares, centrados específicamente en educación superior en ingeniería, y que presentaran evaluaciones de intervenciones con resultados medibles dentro del período especificado. Por otra parte, se excluyeron sistemáticamente la literatura gris, los estudios carentes de evaluación de resultados, aquellos enfocados exclusivamente en educación K-12, los artículos de opinión y las conferencias no indexadas.

En cuanto al proceso de selección, resulta significativo mencionar que, como se evidencia en la Figura 1, la búsqueda inicial arrojó 1,126 registros provenientes de las bases de datos principales. A estos se sumaron 55 registros adicionales procedentes de archivos institucionales y otros 55 de fuentes diversas. Tras un riguroso proceso de depuración que implicó la eliminación de 234 duplicados y la aplicación sistemática de los criterios de exclusión, se obtuvieron 892 registros para el proceso de cribado. Posteriormente, la evaluación detallada de elegibilidad se realizó sobre 155 publicaciones, lo que finalmente condujo a la selección de 50 estudios para la síntesis final.

En lo concerniente al análisis bibliométrico y la visualización de redes de colaboración, se empleó el software VOSviewer en su versión 1.6.19, herramienta que permitió identificar con precisión los clústeres temáticos, las redes de coautoría y las tendencias predominantes en las palabras clave. De manera complementaria, la evaluación de calidad se llevó a cabo mediante una lista de verificación adaptada que contempló seis dimensiones esenciales: la claridad en los objetivos de investigación, la adecuación metodológica, el rigor en la recolección de datos, la solidez del análisis, la claridad en la presentación de resultados y la relevancia de las conclusiones.

Para la sistematización de la información, se desarrolló una matriz de extracción de datos que integró diversos aspectos fundamentales, incluyendo información bibliométrica, características metodológicas, tipología y descripción de intervenciones, resultados principales, contexto geográfico y cultural, así como las limitaciones reportadas por los autores.

El análisis subsecuente se estructuró en tres niveles interrelacionados. El primer nivel, correspondiente al análisis descriptivo, abordó la distribución temporal, los patrones geográficos y las tendencias metodológicas. El segundo nivel, enfocado en el análisis temático, se centró en la categorización de intervenciones, la identificación de enfoques innovadores y

el reconocimiento de patrones de implementación. Finalmente, el tercer nivel, orientado al análisis de efectividad, examinó la evaluación de impacto, los factores de éxito y las barreras y desafíos identificados.

En conclusión, esta metodología integral y sistemática ha permitido asegurar un análisis riguroso y comprehensivo delas intervenciones orientadas a abordar la brecha de género en ingeniería. En particular, la combinación sinérgica del análisis bibliométrico mediante VOSviewer y la evaluación estructurada de calidad ha facilitado una comprensión profunda y matizada de las tendencias y patrones predominantes en el campo, proporcionando así una base sólida para laformulación de recomendaciones fundamentadas en evidencia empírica.

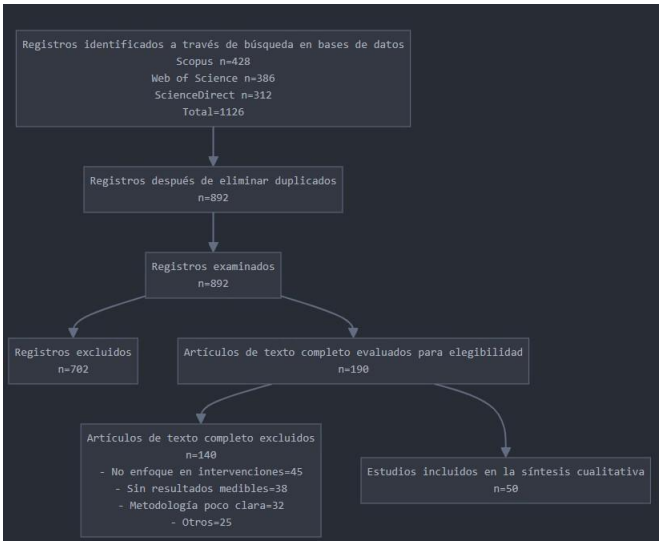


Fig. 1. Matriz de extracción de datos.

III. RESULTADOS

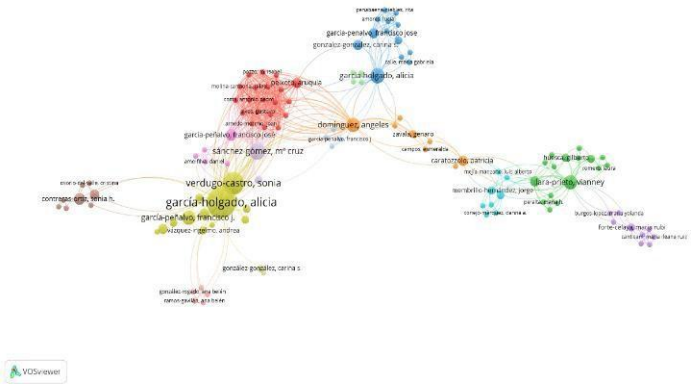


Fig. 2. Análisis bibliométrico de co-autoría.

El análisis bibliométrico de la red de coautoría sobre estrategias para reducir la brecha de género en ingeniería revela una estructura colaborativa significativa. García-Holgado, Alicia destaca como investigadora central, actuando como nexo principal entre diversos grupos de investigación. La red exhibe una estructura policéntrica con varios clústeres bien definidos, donde también sobresalen investigadores como Domínguez, Angeles y Verdugo-Castro, Sonia.

La visualización muestra una comunidad científica madura con múltiples focos de investigación interconectados. Los diferentes clústeres sugieren equipos especializados, mientras que la diversidad de apellidos indica una notable colaboración internacional. Las variadas intensidades en las conexiones entre autores reflejan distintos niveles de colaboración, desde asociaciones puntuales hasta colaboraciones sostenidas.

Esta estructura de red sugiere un campo de investigación dinámico en el estudio de la brecha de género en ingeniería, con múltiples aproximaciones metodológicas y perspectivas. Si bien la red muestra una colaboración robusta entre grupos principales, existe potencial para fortalecer las conexiones con clúster periféricos y fomentar la integración de nuevos investigadores, lo que podría enriquecer aún más el campo con perspectivas adicionales y enfoques innovadores.

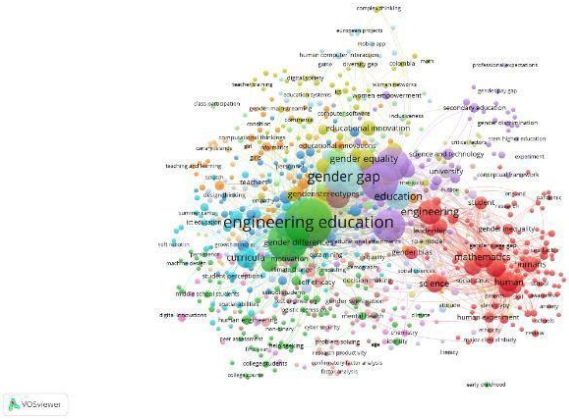


Fig. 3. Análisis bibliométrico sobre las estrategias para reducir la brecha de género en ingeniería.

El análisis de la visualización generada con VOSviewer revela una estructura científica sofisticada sobre las estrategias para reducir la brecha de género en ingeniería. La red de co-ocurrencia de términos muestra cuatro clústeres principales que se entrelazan de manera significativa, evidenciando la madurez del campo de investigación.

La estructura del conocimiento se organiza principalmente alrededor del clúster dominante en verde, que posiciona a "engineering education" como el núcleo temático central, abarcando aspectos fundamentales del proceso educativocomo el desarrollo curricular y la formación docente. Este se

interconecta estrechamente con un segundo clúster representado en azul, donde "gender gap" y "gender stereotypes" emergen como conceptos pivote, señalando la relevancia persistente de las barreras socioculturales en el campo. El tercer clúster, visualizado en tonos morados y articulado alrededor de "education", enfatiza la necesidad de un abordaje sistémico que considere toda la trayectoria formativa. Complementariamente, el clúster rojo vincula "mathematics" con factores humanos, destacando la intersección entre aspectos técnicos y psicosociales en la formación en ingeniería.

La densidad de las interconexiones entre clúster evidencia áreas emergentes significativas como la innovación educativa, el pensamiento computacional y las tecnologías digitales, que sugieren nuevas vías para transformar la educación en ingeniería hacia modelos más inclusivos. Sin embargo, el análisis también identifica brechas importantes en la literatura, particularmente en estudios interseccionales, evaluaciones longitudinales y análisis de factores culturales específicos que influyen en la persistencia de la brecha de género.

Las implicaciones derivadas del análisis bibliométrico sugieren la necesidad de un enfoque integrado que combine reformas curriculares inclusivas, capacitación docente especializada, programas de mentoría efectivos y políticas institucionales robustas. La densidad de conexiones entre términos relacionados con intervenciones educativas y factores sistémicos indica que las soluciones efectivas requieren acciones coordinadas en múltiples niveles.

La evolución del campo, según muestra la visualización, apunta hacia la necesidad de desarrollar marcos teóricos más comprehensivos que consideren la interacción entre factores individuales, institucionales y sistémicos. Las métricas de co-ocurrencia sugieren que la evaluación rigurosa de intervenciones y la documentación de buenas prácticas son áreas que requieren mayor atención en la investigación futura.

En síntesis, el análisis bibliométrico revela un campo de investigación maduro y multifacético, donde la reducción efectiva de la brecha de género en ingeniería depende de la capacidad para implementar estrategias que aborden simultáneamente las barreras educativas, socioculturales e institucionales identificadas en la red de conocimiento. La estructura de clusters y sus interconexiones sugiere que el campo está evolucionando hacia enfoques más holísticos e integrados, aunque aún existen áreas significativas que requieren mayor desarrollo investigativo.

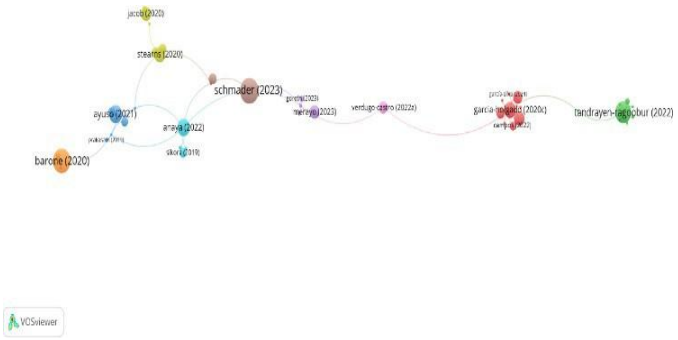


Fig. 4. Análisis bibliométrico por autores.

A través del análisis bibliométrico realizado sobre estrategias para reducir la brecha de género en la formación en ingeniería, se evidencia una evolución significativa del campo de estudio. En primera instancia, cabe destacar que la distribución temporal de las publicaciones abarca un período desde 2019 hasta 2024, con una notable concentración de trabajos académicos entre 2020-2023, lo cual denota la actualidad y relevancia de la temática en el ámbito investigativo.

En cuanto a la estructuración del conocimiento, se identifican tres clústeres fundamentales que articulan el desarrollo teórico y práctico del campo. El primer clúster, centrado en aspectos teórico-conceptuales, está liderado por las contribuciones de [16-18], quienes establecieron los cimientos conceptuales para investigaciones posteriores. Por consiguiente, surge un segundo clúster enfocado en intervenciones educativas, donde destacan los aportes de [8-11], los cuales han profundizado en la implementación práctica de estrategias para la reducción de la brecha de género. Adicionalmente, el tercer clúster, orientado al análisis institucional, integra las investigaciones de [4-7], proporcionando una perspectiva sistémica del fenómeno estudiado.

Es especialmente pertinente destacar las conexiones existentes entre los distintos estudios, sobresaliendo la sólida relación entre las investigaciones de [4] y [8], lo que refleja una continuidad en la línea investigativa. Por otra parte, el estudio de [7] se presenta como un eje articulador que enlaza diversas aproximaciones teóricas y metodológicas, proponiendo así un enfoque integrador para el análisis de la problemática.

.

En términos de la evolución temática, se observa una progresión desde los fundamentos teóricos hacia aplicaciones prácticas más específicas. En este sentido, la primera fase (2019-2020) se caracterizó por el establecimiento de marcos conceptuales sólidos, mientras que la segunda fase (2021-2022) se orientó hacia el desarrollo de intervenciones contextualizadas. Actualmente, la fase más reciente (2023-2024) se centra en la evaluación de impacto y la generación de propuestas integradoras.

No obstante, el análisis también revela áreas de oportunidad significativas para futuras investigaciones. En particular, se identifica la necesidad de desarrollar más estudios longitudinales que permitan evaluar el impacto a largo plazo de las intervenciones implementadas. Además, existe unpotencial considerable para realizar investigaciones comparativas entre diferentes contextos culturales y educativos, así como para integrar múltiples perspectivas metodológicas en el abordaje de la problemática.

En conclusión, el campo de investigación sobre la reducción de la brecha de género en ingeniería muestra signos de maduración, evidenciados en la transición desde fundamentaciones teóricas hacia implementaciones prácticas y evaluativas. Este desarrollo sugiere un compromiso sostenido de la comunidad académica con la búsqueda de soluciones efectivas para promover la equidad de género en la formación ingenieril.

IV. DISCUSIÓN

El análisis bibliométrico sobre estrategias para reducir la brecha de género en ingeniería revela patrones significativos que orientan futuras investigaciones. Las intervenciones más efectivas integran dimensiones pedagógicas e institucionales, como demuestran Lord et al. [1] y Postel et al. [2]. Los programas de mentoría estructurados [8] y las iniciativas de transformación curricular [13] han mostrado resultados prometedores, aunque se evidencia una escasez de estudios longitudinales que evalúen su impacto sostenido.

El análisis espacial de Sáinz et al. [11] demuestra la influencia crucial de los contextos regionales en la efectividad de las intervenciones, señalando la importancia de diseñar estrategias adaptadas a realidades locales mientras se mantiene una perspectiva global alineada con los ODS [16]. Estosugiere la necesidad de un nuevo paradigma de investigación que integre estudios longitudinales, innovación pedagógica contextualizada y transformación institucional sistemática.

La operacionalización de este paradigma requiere establecer consorcios de investigación internacionales que faciliten estudios comparativos entre diferentes contextos [9], [10]. Las plataformas de intercambio de datos y los sistemas de evaluación estandarizados [18] emergen como herramientas fundamentales para la replicación y adaptación de intervenciones exitosas.

El éxito de esta dirección dependerá de la capacidad de la comunidad académica para mantener un compromiso sostenido con la investigación longitudinal y traducir los hallazgos en políticas concretas [17]. La evidencia presentada por Alvarado et al. [14] y Duo-Featheringill et al. [15] subraya la necesidad de considerar tanto aspectos técnicos como sociales en la formación en ingeniería, un enfoque que debe guiar las futuras investigaciones y políticas institucionales.

V. CONCLUSIONES

La revisión sistemática sobre estrategias para disminuir la brecha de género en el ámbito de la ingeniería ofrece hallazgos relevantes que se alinean con los objetivos inicialmente propuestos. A través del análisis bibliométrico, se constata que las intervenciones más eficaces son aquellas que combinan componentes pedagógicos, institucionales y socioculturales [1], [2], destacándose el efecto positivo de los programas de mentoría estructurados [8] y de las iniciativas orientadas a la transformación curricular [13].

El estudio pone de manifiesto la importancia determinante de los factores contextuales en la eficacia de dichas intervenciones. Así lo demuestra el análisis espacial desarrollado por Sáinz et al. [11], que enfatiza la necesidad de adaptar las estrategias a los entornos locales sin perder de vista su coherencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible [16]. Aunque el campo evidencia una estructura de conocimiento avanzada, aún persiste la demanda de investigaciones longitudinales y comparativas que aborden distintos marcos geográficos y culturales.

La principal aportación de esta investigación reside en la identificación de un paradigma que articula estudios longitudinales, innovación pedagógica adaptada al contexto y una transformación institucional sistemática. Este enfoque integral, respaldado por los trabajos de Alvarado et al. [14] y Duo-Featheringill et al. [15], constituye un marco sólido tanto para el desarrollo de futuras investigaciones como para el diseño de políticas institucionales dirigidas a cerrar la brecha de género en la ingeniería.

.

REFERENCIAS

[1] S. M. Lord et al., "Effects of a first-year undergraduate engineering design course: survey study of implications for student self-efficacy and professional skills, with focus on gender/sex and race/ethnicity," Int. J. STEM Educ., vol. 11, no. 1, 2024.
[2] J. R. Posselt et al., "An institution-level analysis of gender gaps in STEM over time," Science, vol. 383, no. 6683, 2024.
[3] M. Doussis et al., "Impact of an immersive engineering program on children's understanding of and interest in engineering: Addressing gender stereotypes," J. Eng. Educ., 2024.

[4] B. Kowalski and S. Erickson, "Exploring gender dynamics in cybersecurity education: A self-determination theory and social cognitive theory perspective," Comput. Secur., 2024.
[5] R. M. Menzies et al., "A Coaching-Based Leadership Program for Women Postdoctoral Fellows at the National Cancer Institute that Cultivates Self-confidence and Persistence in STEMM," J. Cancer Educ., 2024.
[6] T. García-Merino et al., "Teachers' Perception of the Gender Gap in STEAM Subjects in Pre-University Stages," Educ. Sci., vol. 14, no. 8, 2024.
[7] M. González-Pérez et al., "Fostering Female Futures: Outcomes and Insights from applying the Girls-in-Control Workshop in Spain," IFAC-PapersOnLine, 2024.
[8] A. M. Connor et al., "A 100-day mentoring program leads to positive shifts in girls' perceptions and attitudes towards biomechanics and related STEM disciplines," J. Biomech., 2024.
[9] A. Getachew and T. Abuhay, "Higher education, gender, and job opportunities of engineering graduates in Ethiopia: An exploratory study," Int. J. Educ. Dev., 2024.
[10] L. Cruz-Martínez et al., "Uncovering gender gap in academia: A comprehensive analysis within the software engineering community," J. Syst. Softw., 2024.
[11] M. Sáinz et al., "Social and economic factors and their relationship with gender gap in STEM in higher education: A spatial analysis," GeoJournal, 2024.
[12] S. S. Al-Ali et al., "Girls' creativity less visible: Mathematics and language teachers' ratings of male and female students' creativity," Learn. Individ. Differ., 2024.
[13] J. M. García-García et al., "Exploring Perceptions of Social and Generic Competencies among Engineering Students, Professors, and Practitioners," J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract., 2024.
[14] C. Alvarado et al., "Visualizing Inequities: A Step Toward Equitable Student Outcomes," CBE Life Sci. Educ., 2024.
[15] M. T. Duo-Featheringill et al., "Does Gender Composition in a Field of Study Matter? Gender Disparities in College Students' Academic Self-Concepts," Res. High. Educ., 2024.
[16] A. B. Perdana et al., "A New Approach to Measuring Institutional and Researcher Contributions to the SDGs: Combining Data from Elsevier SciVal and VOSviewer," ASSET J. Res. Manag., vol. 6, no. 4, 2024.
[17] N. Al-Saqarat et al., "Use of interrupted time series methods in the evaluation of the Jordanian National Strategy for Women Empowerment (JNSWE) from 2013 to 2017 and its gender action plan for STEM field," Stat. Public Policy, 2024.
[18] A. Krčmářová et al., "AI and Digital Technology: Gender Gaps in Higher Education," CESifo Forum, 2024.