ANÁLISIS MULTIDIMENSIONAL DE LA BRECHA DE GÉNERO EN INGENIERÍA EN AMÉRICA LATINA: UN ESTUDIO BASADO EN LA SISTEMATIZACIÓN DE INVESTIGACIONES SIILMI (CAL-MATILDA)

Multidimensional analysis of the gender gap in engineering in Latin America: a study based on the systematization of SIILMI research (CAL-Matilda)

Vilma Viviana Ojeda-Caicedo[1]; Adriana Céspedes-Vindas[2]; María Angelica García-Medina;[3] Andrea Burbano-Bustos[3]; Martha Sofía Carrillo-Landazabal[4]

[1]*Universidad Tecnológica de Bolívar, Colombia, vojeda@utb.edu.co,* [2] *Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica, acespedesv@uned.edu.cr,* [3]*Corporación Universitaria del Caribe, Colombia, maria.garcia@cecar.edu.co, Andrea.burbano@cecar.edu.co,* [4]*Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, martha.carrillo@tecnologicocomfenalco.edu.co, Colombia.*

Abstract– ***The participation of women in engineering and in the STEM disciplines continues to face significant challenges related to access, retention, leadership, and professional recognition in Latin America. In this context, this study aims to systematize and analyze the scientific output published in the first four books of the Latin American Symposium on Research and Innovation on Women in Engineering (SIILMI), corresponding to the period 2022–2025, in order to identify thematic trends, collaboration patterns, predominant approaches, and research gaps. A mixed-methods approach with an exploratory-descriptive scope was adopted, combining descriptive statistical analysis, text mining using the Term Frequency–Inverse Document Frequency (TF-IDF) technique, semantic network analysis of concepts using Gephi, and qualitative analysis of abstracts and keywords. The results show a progressive consolidation of SIILMI as a regional scientific production space, with greater participation from institutions in Argentina and Colombia and a significant increase in publications in the 2025 edition. Network analysis identified thematic communities related to the gender gap, leadership, inclusion, institutional frameworks, and research and innovation with a gender perspective, while TF-IDF analysis revealed differences in research approaches based on the geographic origin of the publications. Opportunities were also identified to strengthen research on discrimination, violence, labor market integration, leadership, public policy evaluation, and applications of artificial intelligence for analyzing women's participation in engineering. The results provide a comprehensive view of the evolution of research developed within SIILMI and offer useful evidence to guide future research agendas, strengthen collaborative networks, and support the design of institutional and policy strategies aimed at reducing the gender gap in engineering and STEM disciplines in Latin America.***

Keywords-- ***Gender gap, text mining, women in engineering, semantic networks.***

Análisis multidimensional de la brecha de género en ingeniería en américa latina: un estudio basado en la sistematización de investigaciones SIILMI (Cal-Matilda)

Vilma Viviana Ojeda-Caicedo[1]; Adriana Céspedes-Vindas[2]; María Angelica García-Medina;[3] Andrea Burbano-Bustos[3]; Martha Sofía Carrillo-Landazabal[4]

[1]*Universidad Tecnológica de Bolívar, Colombia, vojeda@utb.edu.co,* [2] *Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica, acespedesv@uned.edu.cr,* [3]*Corporación Universitaria del Caribe, Colombia, maria.garcia@cecar.edu.co, Andrea.burbano@cecar.edu.co,* [4]*Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, martha.carrillo@tecnologicocomfenalco.edu.co, Colombia.*

Resumen– ***La participación de las mujeres en ingeniería y en las disciplinas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) continúa enfrentando importantes desafíos relacionados con el acceso, la permanencia, el liderazgo y el reconocimiento profesional en América Latina. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo sistematizar y analizar la producción científica publicada en los cuatro primeros libros del Simposio de Investigación e Innovación Latinoamericano sobre Mujeres en Ingeniería (SIILMI), correspondientes al período 2022–2025, con el propósito de identificar tendencias temáticas, patrones de colaboración, enfoques predominantes y vacíos de investigación. Se adoptó un enfoque metodológico mixto de alcance exploratorio-descriptivo, combinando análisis estadístico descriptivo, minería de texto mediante la técnica Term Frequency–Inverse Document Frequency (TF-IDF), análisis de redes semánticas de conceptos utilizando Gephi y análisis cualitativo de los resúmenes y palabras clave. Los resultados muestran una consolidación progresiva del SIILMI como espacio de producción científica regional, con una mayor participación de instituciones de Argentina y Colombia y un incremento significativo de publicaciones en la edición 2025. El análisis de redes permitió identificar comunidades temáticas relacionadas con brecha de género, liderazgo, inclusión, institucionalidad, investigación e innovación con perspectiva de género, mientras que el análisis TF-IDF evidenció diferencias en los enfoques investigativos según el origen geográfico de las publicaciones. Asimismo, se identificaron oportunidades para fortalecer investigaciones sobre discriminación, violencia, inserción laboral, liderazgo, evaluación de políticas públicas y aplicaciones de inteligencia artificial para el análisis de la participación femenina en ingeniería. Los resultados aportan una visión integral de la evolución de la investigación desarrollada en el SIILMI y proporcionan evidencia útil para orientar futuras agendas de investigación, fortalecer redes de colaboración y apoyar el diseño de estrategias institucionales y políticas orientadas a reducir la brecha de género en ingeniería y disciplinas STEM en América Latina.***

Palabras clave–Brecha de género, minería de texto, mujeres en ingeniería, redes semánticas.

I. INTRODUCCIÓN

La participación de las mujeres en las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) constituye un desafío estructural persistente a nivel global. A pesar de los avances en materia de igualdad de género, la evidencia reciente muestra que las mujeres continúan subrepresentadas en estos campos, tanto en la formación académica como en el ejercicio profesional. Según la UNESCO, las mujeres representan aproximadamente el 35% de los graduados en áreas STEM a nivel mundial, una cifra que se ha mantenido prácticamente invariable en la última década, lo que evidencia la persistencia de barreras sistémicas asociadas a estereotipos, normas sociales culturales y profesionales que influyen en la elección, permanencia y desarrollo profesional de las mujeres de estos campos del conocimiento así como y desigualdades estructurales en el acceso y permanencia en dichas disciplinas [1], [2].

Este fenómeno no solo tiene implicaciones en términos de equidad social, sino también en el desarrollo económico y científico, dado que las disciplinas STEM son consideradas fundamentales para la innovación, el crecimiento sostenible y la transformación digital de las economías contemporáneas. En este sentido, organismos internacionales como las Naciones Unidas han destacado que la igualdad de género en STEM es un factor crítico para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el ODS 5 relacionado con la equidad de género y el ODS 9 orientado a la innovación e infraestructura [3], [4], [5], [6].

La participación económica de la mujer sigue siendo una de las principales desigualdades globales, ya que la brecha económica solo se ha cerrado en aproximadamente un 61%. Por ello, fortalecer la inclusión laboral de las mujeres en STEM, ampliar su acceso a posiciones de liderazgo y garantizar la aplicación efectiva de políticas de igualdad resulta fundamental para reducir las brechas de género y promover un desarrollo más equitativo [2].

En el contexto de América Latina y el Caribe, la problemática adquiere características particulares. Aunque la región ha mostrado ciertos avances en la participación femenina en la educación superior, persisten brechas significativas en áreas STEM, especialmente en ingeniería y tecnología. Estudios recientes del Programa de las Naciones Unidas para el

Desarrollo (PNUD) indican que, si bien alrededor del 41% de los graduados en STEM son mujeres, esta proporción disminuye significativamente en la inserción laboral, donde la participación femenina en sectores como tecnologías de la información es considerablemente menor.

Asimismo, la UNESCO ha evidenciado que, aunque las mujeres representan más del 50% de la matrícula universitaria en la región, su participación en disciplinas como ingeniería y tecnología se reduce a menos del 30%, reflejando una marcada segregación horizontal [7], [8]. Estas desigualdades responden a múltiples factores interrelacionados, incluyendo estereotipos de género, falta de referentes femeninos, condiciones laborales desiguales y limitaciones en el acceso a oportunidades de desarrollo profesional. En consecuencia, organizaciones como la *Organization for Women in Science for the Developing World (OWSD)* han enfatizado la necesidad de fortalecer redes, políticas inclusivas y estrategias de visibilización para promover la participación equitativa de las mujeres en la ciencia y la tecnología, especialmente en países en desarrollo [9].

En este escenario, resulta fundamental generar evidencia sistematizada que permita comprender las dinámicas de investigación existentes en torno a la participación de las mujeres en ingeniería y STEM en América Latina. Sin embargo, una de las principales limitaciones identificadas en la literatura reciente es la fragmentación de los estudios y la ausencia de análisis integrados que permitan identificar tendencias, vacíos y oportunidades de investigación a nivel regional. Con el fin de abordar esta brecha, el presente estudio se basa en el análisis del dataset diseñado apartir de los Libros SIILMI establecido de los diferentes artículos publicados en los Libros del Simposio de Investigación e Innovación Latinoamericano sobre Mujeres en Ingeniería (SIILMI), el dataset compila artículos académicos relacionados con la participación de las mujeres en ingeniería en América Latina. A partir de este, se propone aplicar técnicas de análisis de datos, específicamente métodos de análisis de comunidades a partir de redes conceptuales, para identificar patrones temáticos, tendencias emergentes. Así como, redes de conceptos para generación de token relevantes, técnicas de *Frequency–Inverse Document Frequency* (TF-IDF) para la estimación de términos relevantes del corpus textual. Contribuyendo así a la sistematización de la producción académica en la región, así como también identificar clústeres temáticos en investigaciones sobre mujeres en ingeniería, De igual forma, se propende por un análisis basado en datos que permita fortalecer la formulación de políticas y estrategias para reducir la brecha de género en STEM en América Latina.

II. Marco teórico de la participación femenina en STEM

A. Género en ingeniería

El concepto de género en ingeniería se ha consolidado como una categoría analítica clave para comprender las desigualdades estructurales que afectan la participación femenina en disciplinas STEM. Desde una perspectiva sociocultural, la ingeniería ha sido históricamente configurada como un campo masculinizado, caracterizado por valores, prácticas y dinámicas que reproducen relaciones de poder desiguales entre hombres y mujeres.

Diversas investigaciones recientes evidencian que esta configuración no solo limita el acceso de las mujeres a la formación en ingeniería, sino que impacta negativamente en su permanencia y desarrollo profesional. Factores como estereotipos de género, sesgos implícitos, desigualdad en la evaluación del desempeño y dificultades para conciliar la vida laboral y personal constituyen barreras persistentes en el ámbito ingenieril [1], [7].

En el contexto latinoamericano, la mayoría de los estudios coinciden en que la brecha de género en ingeniería se configura desde etapas tempranas mediante procesos de socialización diferenciada, los cuales influyen en la elección vocacional y en las trayectorias educativas de las mujeres. Asimismo, se identifican fenómenos como la segregación horizontal (concentración de mujeres en determinadas áreas) y vertical (baja representación en cargos de liderazgo), que perpetúan la desigualdad en el sector.

Adicionalmente, enfoques contemporáneos como la interseccionalidad han permitido comprender que las experiencias de las mujeres en ingeniería no son homogéneas, sino que están condicionadas por múltiples factores como la clase social, el contexto cultural y la pertenencia étnica, lo cual complejiza aún más el análisis de la brecha de género [6].

B. Igualdad de género ODS 5 y su relación con STEM

El Objetivo de Desarrollo Sostenible 5 (ODS 5), establecido en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, busca lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y niñas. Este objetivo ha sido reconocido como un eje transversal para el desarrollo sostenible, dada su relación directa con la innovación, la educación y la participación económica [6].

En el ámbito de STEM, el ODS 5 adquiere una relevancia particular, ya que la participación equitativa de las mujeres en estos sectores es fundamental para garantizar un desarrollo inclusivo y sostenible. Según reportes recientes de organismos internacionales, la igualdad de género en ciencia y tecnología no solo responde a principios de justicia social, sino que también contribuye a mejorar la calidad de la investigación, aumentar la creatividad y diversificar las soluciones a problemas globales [10], [11].

En América Latina, el cumplimiento del ODS 5 enfrenta desafíos significativos. Estudios recientes evidencian que, a pesar de los avances en educación superior, las mujeres continúan subrepresentadas en áreas STEM y en posiciones de liderazgo, lo que limita el impacto de sus contribuciones al desarrollo regional. Desde el análisis del dataset, se identifica que múltiples iniciativas académicas e institucionales están alineadas con este objetivo, promoviendo políticas de equidad, programas de mentoría y estrategias de inclusión en facultades de ingeniería [8]. Asimismo, investigaciones recientes destacan que el logro del ODS 5 requiere un enfoque sistémico que

integre políticas públicas, transformaciones culturales y acciones institucionales, especialmente en sectores estratégicos como la ingeniería.

C. *Modelos de participación femenina en STEM*

La literatura reciente ha propuesto diversos modelos teóricos para analizar la participación femenina en STEM, los cuales permiten comprender la brecha de género desde una perspectiva multidimensional. Uno de los enfoques más relevantes es el modelo de trayectoria, que describe la participación de las mujeres a lo largo de diferentes etapas: educación básica, formación universitaria, inserción laboral y desarrollo profesional. Este modelo evidencia que la brecha de género se amplía progresivamente en cada etapa, especialmente en la transición hacia el mercado laboral y en el acceso a posiciones de liderazgo [7].

Por otro lado, modelos basados en factores psicosociales, como la teoría de Teoría de la Expectativa-Valor Situada (TEVS) [12], y la Teoría Cognitiva Social de la Carrera [13], plantean que la elección de carreras STEM está influenciada por variables como la autoeficacia percibida, las expectativas de éxito y el valor subjetivo asignado a las tareas. Estos elementos psicológicos interactúan de forma constante con sesgos culturales e imaginarios sobre las competencias técnicas, elementos que logran afectar de manera diferencial tanto a mujeres como a hombres desde la infancia [14]. A nivel latinoamericano, diagnósticos de organismos internacionales confirman que esta segregación horizontal no radica en el acceso a la educación superior en general, sino en las barreras invisibles que persisten dentro de las disciplinas técnicas y de ingeniería [15].

En sintonía con estos marcos, el análisis de los diferentes artículos publicados en los libros SIILMI, evidencia la implementación de modelos integradores que combinan aspectos educativos, institucionales y sociales, tales como:

1) *Modelos de intervención educativa:* centrados en vocaciones tempranas, mentorías y desarrollo de habilidades STEM.

2) *Modelos institucionales:* enfocados en políticas de equidad, programas de inclusión y estrategias de retención académica.

3) *Modelos de redes y sororidad:* orientados a fortalecer el apoyo entre mujeres mediante redes académicas y profesionales.

De igual forma, se destaca el creciente uso de enfoques basados en datos, como el análisis de clúster y modelos predictivos, que permiten identificar patrones de participación y diseñar estrategias diferenciadas para promover la inclusión femenina en ingeniería. Es así como, investigaciones recientes subrayan la necesidad de avanzar hacia modelos sistémicos que integren factores individuales, sociales e institucionales, reconociendo que la participación de las mujeres en STEM es un fenómeno complejo que requiere intervenciones multifacéticas y sostenibles [16].

III. METODOLOGÍA

Desde la metodología se adopta un enfoque mixto con alcance exploratorio-descriptivo, combinando técnicas de análisis cuantitativo y cualitativo para examinar la producción científica relacionada con la participación de las mujeres en ingeniería en América Latina. La fuente de información corresponde a los artículos publicados en los Libros I, II, III y IV del SIILMI. Para llevar a cabo el estudio exploratorio se establecen cuatro fases: (i) análisis de redes de conceptos, (ii) análisis TF-IDF, (iii) análisis estadístico descriptivo y (iv) análisis temático cualitativo. La integración de estas técnicas permite identificar patrones, relaciones conceptuales, tendencias de investigación y enfoques predominantes dentro del corpus documental.

A. *Análisis semántico a partir de las Redes de Conceptos*

Con el propósito de identificar estructuras semánticas y relaciones conceptuales presentes en la producción científica analizada, se aplicó la técnica de redes de conceptos sobre los resúmenes de los artículos pertenecientes a los cuatro libros del SIILMI. El corpus de resúmenes Se proceso con el fin de conservar únicamente conceptos o tokens relevantes, eliminando números, símbolos y palabras vacías (stopwords) del idioma. Posteriormente, se generó una red de coocurrencia de conceptos, en la cual cada término se representa como un nodo. Es así como se establecen relaciones entre términos consecutivos *(ni, ni+2),* de manera que cada vez que una relación entre dos conceptos se repite en el corpus, el peso de la arista correspondiente se incrementa en una unidad.

La red resultante se analiza mediante el software Gephi, calculando métricas como: grado, PageRank y modularidad. La visualización de la red se realiza mediante el algoritmo ForceAtlas2, el cual distribuye espacialmente los nodos según la intensidad de las relaciones, mientras que la detección de comunidades se obtiene a partir del modularidad, lo que permite identificar clústeres o agrupaciones de conceptos [17]. La combinación de ambas técnicas facilita la interpretación estructural y semántica de la red.

B. *Análisis mediante la técnica Term Frequency–Inverse Document Frequency (TF-IDF)*

Con el objetivo de identificar los conceptos más representativos dentro de cada grupo de publicaciones, se aplicó la técnica Term Frequency–Inverse Document Frequency (TF-IDF), la cual es una técnica de preprocesamiento lenguaje natural para estimar la relevancia de términos dentro de un corpus textual [18]. Su formulación combina la frecuencia de un término en un documento (TF) con la frecuencia inversa del documento (IDF), lo que permite ponderar no solo la recurrencia de un término, sino también su grado de especificidad o "rareza" en el conjunto de textos. Para su aplicación, se utilizó el lenguaje de programación R, con las librerías *tm* y *Snowball* (función *weightTfIdf*) siguiendo el siguiente procedimiento:

1) *Segmentación del corpus:* los resúmenes fueron agrupados según su origen en cuatro categorías: (i) Argentina (solo participación de universidades argentinas), (ii) Colombia (solo participación de universidades colombianas), (iii) Otros países, y (iv) Colaboraciones internacionales (participación de más de un país).

2) *Preprocesamiento del texto:* se realizó la limpieza del corpus, eliminando repeticiones, numerales, símbolos y palabras vacías tanto en español como en inglés.

3) *Cálculo de TF-IDF:* se aplicó la métrica sobre el corpus procesado.

4) *Extracción de términos relevantes:* se identificaron los términos con mayor valor TF-IDF para cada grupo definido.

C. *Estadísticas descriptivas por país y ámbito*

Con el fin de caracterizar la producción científica del SIILMI, se realizaron análisis estadísticos descriptivos utilizando la matriz de información consolidada. Los datos fueron sistematizados teniendo encuenta las siguientes variables: eje temático, título del artículo, país, libro de pertenencia, resumen, palabras clave y universidades participantes. Posteriormente, se identificaron patrones desde la estadística descriptiva, desde las publicaciones por país y por eje temático, así como la identificación de las universidades con mayor nivel de participación en el conjunto de publicaciones del SIILMI.

D. *Análisis cualitativo de enfoques temáticos*

Con el propósito de complementar la evidencia cuantitativa, se desarrolló un análisis cualitativo temático basado en los resúmenes y palabras clave de las publicaciones, que facilita la generación inductiva de categorías conceptuales a partir de los datos.

IV. RESULTADOS

A. *Cronología de los libros del SIILMI*

En este apartado se presenta la evolución de la producción editorial del Simposio de Investigación e Innovación Latinoamericano Mujeres en Ingeniería (SIILMI) durante el período 2022–2025 (fig. 1).



Fig. 1. Cronología editorial del SIILMI.

La publicación consecutiva de cuatro volúmenes evidencia la consolidación del evento como un espacio regional para la divulgación científica en torno a la participación de las mujeres en la ingeniería y las áreas STEM. En términos de productividad, el Libro I (2022) reunió 30 capítulos, el Libro II (2023) 28 capítulos y el Libro III (2024) 29 capítulos, mostrando una producción estable durante las tres primeras ediciones.

Por su parte, el Libro IV (2025) alcanzó 43 capítulos, lo que representa un crecimiento significativo respecto a los volúmenes anteriores. Este incremento refleja una mayor participación académica y una ampliación de las contribuciones en los diferentes ejes temáticos del SIILMI, evidenciando el fortalecimiento progresivo del evento y de su serie editorial. Asimismo, la tendencia observada sugiere una consolidación de las redes de investigación y colaboración en torno a las estrategias orientadas a promover la igualdad de género y la participación de las mujeres en la ingeniería y las disciplinas STEM en América Latina.

B. *Distribución geográfica*

En las Figura 2 y 3, se observa la distribución del número de publicaciones por eje del SIILMI y país, destacándose Argentina y Colombia como los principales productores en términos en volumen de publicaciones. Ambas figuras, dejan ver que las investigaciones del SIILMI se concentra principalmente en el eje Académico con un 35,4%, seguido por Vocaciones con un 23,8% y Profesional con un 20%. En conjunto, estos tres ejes representan el 79,2 % de los libros, lo que refleja un énfasis en el acceso, la formación y el desarrollo profesional de las mujeres en STEM. En contraste, el eje Discriminaciones y Violencia reúne únicamente el 6,9 % de los capítulos, lo que sugiere una oportunidad para fortalecer esta línea de investigación en futuras ediciones de SIILMI.

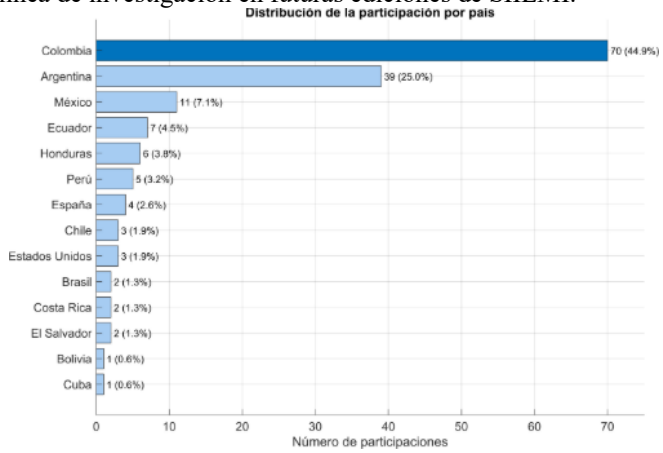


Fig. 2. Distribución del número de participaciones por país en los libros SIILMI

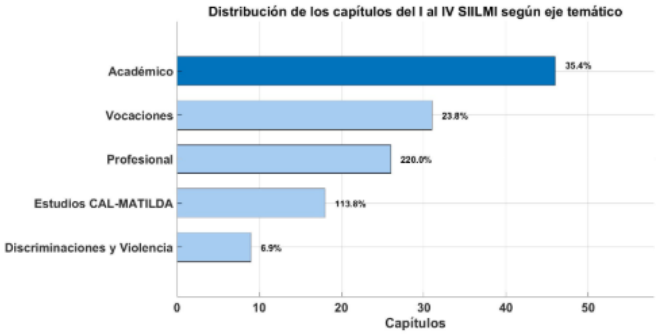


Fig. 3. Distribución de capitulo según eje temático en los libros SIILMI.

Al realizar el análisis de publicaciones por universidad. En las cuatro ediciones del SIILMI han participado 122 instituciones. 94 de ellas registran una única publicación. En figura 4, se listan las universidades, institutos o centros que registran mayor producción académica.



Fig. 4. Número de participaciones a nivel institucional mediante artículos publicados en el SIILMI.

Cabe destacar que, del total de 141 artículos publicados en los libros del SIILMI, el 30% corresponde a publicaciones colaborativas en las que participa una o más universidades. El eje CAL-MATILDA es el que registra el mayor nivel de colaboración institucional e internacional. Lo cual se perfila como una oportunidad de futuros trabajos en los otros ejes.

C. Clasificación temática

Se aplicó la técnica de redes de conceptos sobre el corpus de resúmenes de los libros SIILMI, la red visualiza mediante el algoritmo *ForceAtlas2,* el cual permite representar espacialmente los términos según la intensidad de sus relaciones de coocurrencia. Asimismo, los nodos fueron coloreados de acuerdo con la métrica de modularidad, facilitando la identificación de comunidades conceptuales o clústeres temáticos. La distribución de la red se presenta en la Figura X, donde se observa una estructura interconectada, entre los diferentes enfoques temáticos manteniendo relaciones semánticas significativas. El análisis de modularidad realizado en *Gephi* (versión 0.10.1) identificó más de doce comunidades de conceptos, evidenciando una diversidad temática importante dentro de la producción científica analizada (fig. 5).



Fig. 5. Distribución ForceAtlas2 de los resúmenes de trabajos del SIILMI (Calculado por Gephi 0.10.1).

Sin embargo, no todas las comunidades presentan la misma relevancia dentro del corpus. por tal motivo, se seleccionaron para el análisis aquellas comunidades cuya participación supera el 5 % del total de términos identificados. Como se muestra en la Figura 5, nueve clústeres cumplen este criterio y concentran la mayor parte de la estructura conceptual de la red. La comunidad 2 registra la mayor participación (15,97 %), seguida por las comunidades 6 (14,76 %), 8 (12,87 %) y 7 (9,82 %). Las restantes comunidades relevantes corresponden a los grupos 10 (7,67 %), 3 (7,30 %), 11 (6,83 %), 5 (5,57 %) y 9 (5,51 %).

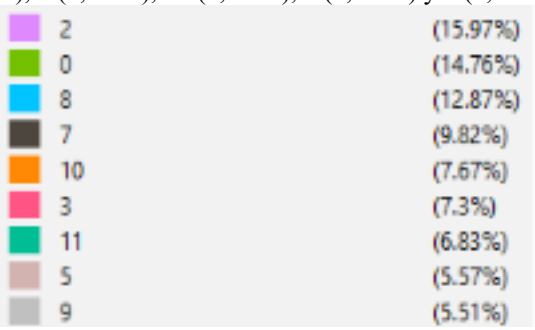


Fig. 6. Comunidades o clústers de términos para resúmenes del SIILMI que superan el 5% de presencia en corpus texto (calculado por Gephi. 0.10.1)

La aplicación de la métrica de modularidad y la visualización mediante el algoritmo *ForceAtlas2* permitieron identificar doce comunidades de conceptos dentro de la red semántica construida a partir de los resúmenes del SIILMI (fig. 7). No obstante, las cuatro comunidades de mayor tamaño concentran el 53,42% de los conceptos y relaciones detectadas, constituyéndose en los principales núcleos temáticos de la producción científica analizada. La comunidad más

representativa corresponde al clúster rosa con un porcentaje de 15,97%, asociado a la dimensión social de la participación femenina en ingeniería, incluyendo factores de inclusión, desafíos, institucionalidad y programas de apoyo. Le sigue el clúster verde con un 14,76%, integrado por conceptos relacionados con investigación, innovación, formación y generación de conocimiento con perspectiva de género.

Por su parte, el clúster celeste representa el 12,87% concentra términos vinculados con brecha de género, equidad, liderazgo, vocaciones STEM y promoción de la participación femenina, mientras que el clúster negro representa el 9,82% que agrupa conceptos asociados a análisis, estrategias e intervenciones orientadas a la solución de problemáticas identificadas en el campo. En conjunto, estos resultados evidencian cuatro enfoques predominantes en las publicaciones del SIILMI: (i) brecha de género, liderazgo y promoción de las mujeres en STEM; (ii) participación femenina e institucionalidad; (iii) investigación e innovación con perspectiva de género; y (iv) estrategias e intervención para la inclusión, confirmando la diversidad temática y el carácter multidimensional de las investigaciones desarrolladas en este espacio académico.

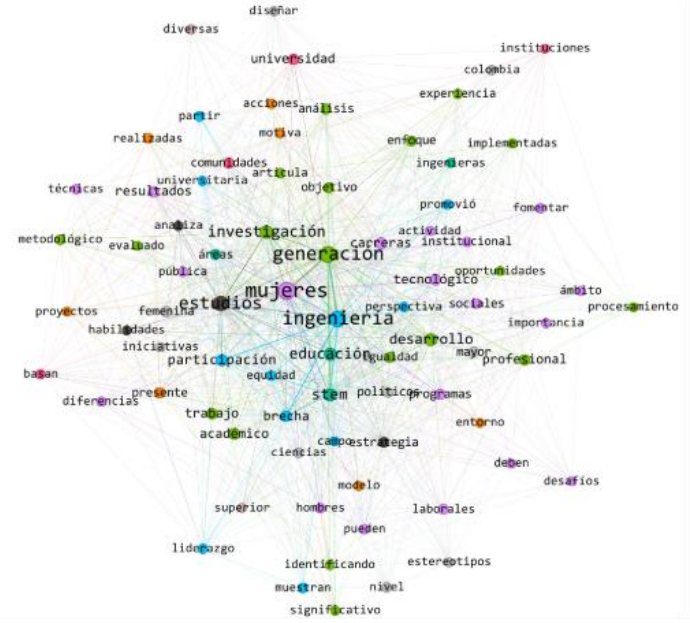


Fig. 7. Filtrado de red para visualización. Se muestran solo los nodos con grado >=50(Gephi)

D. Red de colaboración internacional entre países del SIILMI

La red de colaboración internacional construida a partir de las coautorías entre países en los cuatro volúmenes del SIILMI (2022–2025) mostrada en figura 8, muestra nueve países conectados mediante relaciones de colaboración científica, evidenciando que el simposio ha trascendido el ámbito nacional para consolidarse como un espacio de intercambio académico latinoamericano con proyección internacional.

La estructura de la red revela un núcleo central de colaboración, conformado principalmente por Argentina, Colombia y México. Estos países presentan los nodos de mayor tamaño, indicando una mayor participación y un número superior de conexiones con otros países. En particular, Argentina ocupa la posición más central de la red, seguida muy de cerca por Colombia, lo que sugiere que ambos países desempeñan un papel articulador en la generación de colaboraciones internacionales dentro del simposio. Los indicadores de fuerza y grado obtenidos en el análisis de la red muestran que, Colombia registra la mayor fuerza de colaboración (19) y Argentina el mayor grado de conexión (6).

Las conexiones más intensas se establecen entre Argentina y Colombia, constituyendo el eje principal de cooperación científica de la red. Este resultado refleja la existencia de vínculos académicos consolidados entre investigadores e instituciones de ambos países, favoreciendo la producción conjunta de conocimiento sobre mujeres en ingeniería. También destacan las colaboraciones entre Argentina-México y Colombia–México, configurando un triángulo de cooperación que concentra la mayor parte de las interacciones internacionales observadas.

Fuera del núcleo principal aparecen países con un papel de puente hacia otras regiones. Estados Unidos conecta la red latinoamericana con Honduras, mientras que España mantiene vínculos con Argentina, Colombia y México, fortaleciendo la dimensión iberoamericana del corpus. Estas conexiones, aunque menos numerosas, incrementan la diversidad geográfica de la red y favorecen la circulación internacional del conocimiento.

Por otra parte, Ecuador representa un nodo intermedio que enlaza a Colombia y Argentina con Cuba, mientras que Costa Rica participa mediante colaboraciones puntuales con Argentina y Colombia. La posición periférica de Cuba y Honduras indica una participación todavía incipiente en términos de colaboración internacional, lo que sugiere oportunidades para fortalecer futuras alianzas regionales.

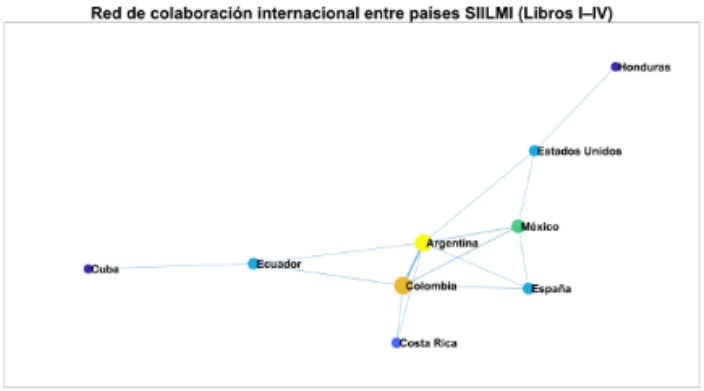


Fig. 8. Red de colaboración en artículos de los libros del SIILMI

E. Tendencias de investigación identificadas mediante Tf-IDF

Adicional a la técnica de redes de conceptos, se aplica la técnica TF-IDF al mismo corpus donde se identifican las temáticas o conceptos más relevantes asociados según origen de publicación. Dado que Argentina y Colombia concentran el mayor número de publicaciones, se analizan de forma separada

sus principales términos característicos. Por otro lado, los demás países con registros de publicación se agrupan en una categoría conjunta, mientras que las colaboraciones entre países —incluyendo aquellas en las que participan Argentina y Colombia— se organizan en un cuarto grupo diferenciados. Los resultados de este análisis se presentan en la figura 9.

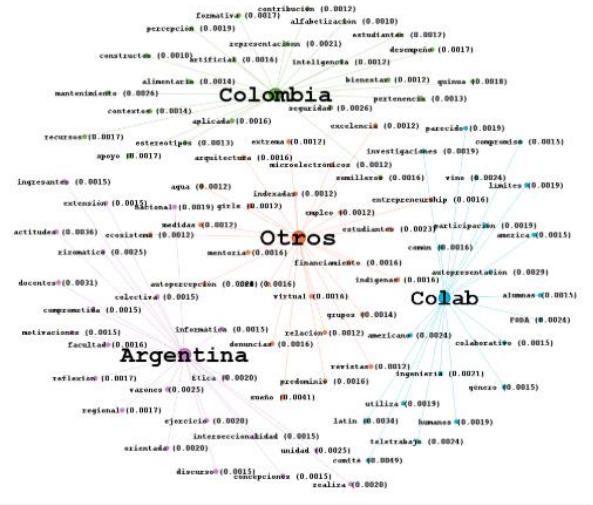


Fig. 9. Términos importantes por origen de publicación

El análisis TF-IDF permitió identificar diferencias temáticas relevantes entre los grupos de documentos analizados. En el caso de Argentina, destacan términos relacionados con enfoques críticos y reflexivos, tales como ética, interseccionalidad, modelo rizomático, docentes, varones, motivación, reflexión, compromiso y discurso, evidenciando una orientación hacia el estudio de las dinámicas socioculturales y educativas vinculadas al género.

Por su parte, Colombia presenta una mayor presencia de conceptos asociados a la formación y comprensión de las brechas de género, sobresaliendo términos como representación, percepción, desempeño, semilleros, contextos, estereotipos, bienestar, alfabetización y constructos. Asimismo, resulta llamativa la presencia del término quinua, lo que evidencia la incorporación de temáticas relacionadas con seguridad alimentaria y desarrollo sostenible desde una perspectiva de género.

En el grupo de documentos correspondientes a otros países de Latinoamérica, emergen con fuerza conceptos asociados al empleo, las oportunidades de desarrollo y la sostenibilidad. Entre los términos más representativos se encuentran sueños, excelencia, autopercepción, empleo, financiamiento, ecosistemas, agua y microelectrónica. Adicionalmente, conceptos como indígenas y denuncias reflejan la diversidad de problemáticas y contextos abordados por las investigaciones regionales. En contraste, las publicaciones clasificadas como colaboraciones internacionales que destacan términos como investigación, colaboración, compromiso, humano, FODA y género, lo que sugiere un énfasis en la construcción de redes académicas, el fortalecimiento institucional y la definición de rutas de trabajo conjuntas para promover la participación de las mujeres en ingeniería.

Con el fin de facilitar la interpretación de los resultados, se excluyeron del análisis nombres de países, instituciones y lugares geográficos que presentaban altos valores de TF-IDF por su frecuencia contextual. Finalmente, al considerar el corpus completo de resúmenes, los términos con mayor relevancia fueron estudiantes, seguridad, mantenimiento, ingeniería, docentes, inteligencia artificial, sueño, percepción, representación, desempeño, formación, recursos, semilleros, mentoría, hombres, actitudes y aplicada.

En conjunto, estos resultados evidencian que las investigaciones del SIILMI convergen principalmente en el análisis de la formación de talento femenino, las brechas de género, los procesos de representación y liderazgo, así como en el diseño de estrategias orientadas a fortalecer la participación de las mujeres en la ingeniería y las disciplinas STEM.

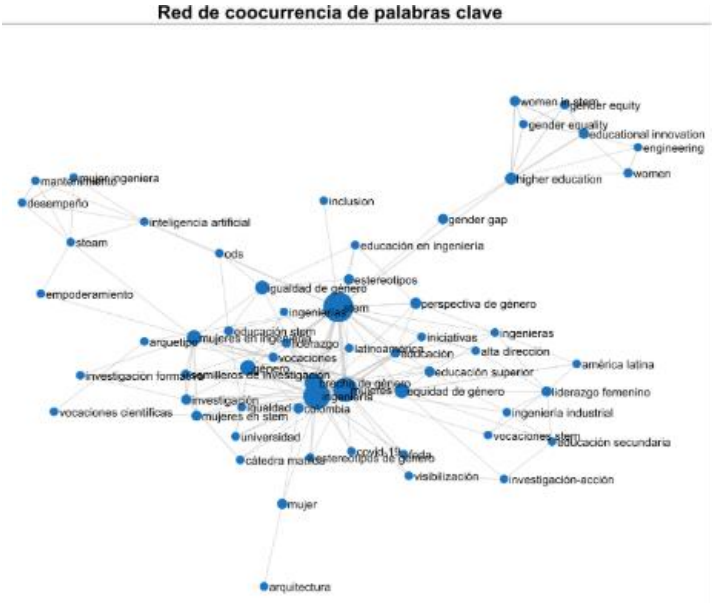


Fig. 10. Red de concurrencia de palabras clave del corpus.

F. Análisis cualitativos de los resúmenes del SIILMI

Aplicando la detección de categorías y el análisis cualitativo a los resúmenes y palabras clave se determinan las siguientes especializaciones: Argentina presenta varios trabajos de análisis estructural, se encuentran publicaciones con un enfoque marcado en la deconstrucción académica, la institucionalización y revisiones históricas. Se encuentran documentos con perspectiva teórica y epistemológica entre los que destaca el modelo rizomático, marcos, políticas e institucionalidad. Se estudian también interacciones en el aula. Resaltando temas tales como: Epistemología, modelos organizacionales, Trayectorias, Memoria histórica, Redes, Vocaciones, Violencia y Derechos.

En el caso de Colombia, otro de los países con mayor índice de publicación en los libros del SIILMI destacan los estudios basados en las experiencias e intervenciones en

espacios educativos y laborales. Se trabaja sobre modelos vocacionales y prácticas docentes que identifican metodologías. Existe presencia en temas de liderazgo, emprendimiento y práctica en entornos masculinizados. Finalmente resaltan trabajos en redes de afinidad, y mentorías. Resaltando temas como: Rol docente, Estereotipos, Redes de apoyo y mentoría, Semilleros, Estudio de Brechas, ODS e inclusión y tecnologías.

Es así como se observa que de los países que participan en el SIILMI con publicaciones trabajan con un fuerte enfoque en aprendizajes y experiencias. mostrando gran diversidad temática en línea con los ODS, así como también, revisiones sistemáticas. por otro lado, se destacan trabajos sobre brechas, barreras y sesgos. De igual forma, se analizan los trabajos en comunidad y red, desde un enfoque de interseccionalidad y perspectiva. resaltando temas como: Emprendimiento, Referentes, Bienestar, Cultura Institucional, Equidad, Referentes femeninos.

G. Vacíos temáticos encontrados del análisis de los libros SIILMI

El análisis realizado evidencia una concentración significativa de las publicaciones en los ejes Académico, Vocaciones y Profesional, los cuales reúnen cerca del 80 % de los trabajos analizados. En contraste, las investigaciones relacionadas con Discriminaciones y Violencia presentan una participación limitada, lo que revela oportunidades para profundizar en temas como violencia simbólica, acoso, discriminación institucional, sesgos de género y mecanismos de exclusión en contextos educativos y laborales STEM. Asimismo, la producción científica se encuentra fuertemente concentrada en Colombia y Argentina, mientras que otros países latinoamericanos mantienen una representación reducida, sugiriendo la necesidad de ampliar estudios comparativos y análisis contextuales en la región.

Desde una perspectiva metodológica, predominan los estudios descriptivos, las experiencias institucionales y los análisis de percepción. Sin embargo, se identifican vacíos asociados a investigaciones longitudinales, modelos predictivos, análisis de redes académicas y profesionales, aplicaciones de inteligencia artificial y minería de datos, así como evaluaciones sistemáticas del impacto de programas de mentoría e inclusión. Estas aproximaciones podrían aportar una comprensión más profunda de los factores que influyen en la participación de las mujeres en ingeniería y disciplinas STEM.

Finalmente, aunque las vocaciones STEM y la formación académica constituyen algunas de las temáticas más desarrolladas, existe una menor atención a las etapas posteriores de la trayectoria profesional. Son escasos los estudios sobre inserción laboral, liderazgo, permanencia en el sector productivo, brechas salariales y retención del talento femenino. Del mismo modo, se observa una limitada evaluación de políticas públicas, programas institucionales y estrategias de inclusión, particularmente en relación con su efectividad y capacidad para generar transformaciones estructurales sostenibles en el largo plazo. Estos aspectos representan líneas prioritarias para futuras investigaciones en el ámbito de mujeres en ingeniería en América Latina.

V. DISCUSIÓN

De la investigación se establece la concentración geográfica de la producción científica de los libros SIILMI predomina en Colombia y Argentina sugiere la existencia de ecosistemas académicos más consolidados en torno a mujeres en STEM. Este hallazgo es coherente con los reportes de UNESCO-IESALC, que identifican a varios países de América del Sur como actores relevantes en iniciativas orientadas a reducir la brecha de género en educación superior STEM [11].

El análisis temático mostró que los ejes Académico y Vocaciones representan cerca del 60% de las publicaciones del SIILMI. Lo anterior sugiere que la investigación regional se enfoca principalmente en las etapas de acceso y formación en STEM. Resultados similares han sido reportados por UNESCO [1] y UNICEF [3], quienes señalan que gran parte de las iniciativas latinoamericanas se concentran en fomentar vocaciones científicas y tecnológicas en niñas y jóvenes. Lo anterior evidencia la necesidad de ampliar las investigaciones hacia las trayectorias profesionales y los espacios de liderazgo.

Por otro lado, los resultados obtenidos desde la técnica TF-IDF, redes de conceptos y análisis cualitativo muestran una evolución desde enfoques centrados en la identificación de brechas hacia perspectivas más amplias relacionadas con mentoría, innovación, liderazgo, inclusión y redes de colaboración. Interpretándose como una madurez progresiva en el campo de estudio y una diferenciación en las investigaciones basadas en mujeres e ingeniería en América Latina. Esta transición es coherente con las tendencias señalas por la UNESCO, que identifican la necesidad de complementar los diagnósticos de las desigualdades con estrategias que fortalezcan capacidades, creación de entonos inclusivos, generación de redes de apoyo y promoción de referentes femeninos en STEM. La evolución del SIILMI, permite establecer un índice de madurez progresiva hacia los ejes de estudio, dada la diversificación de ejes temáticos que se abarcan. Así como también, un avance hacia investigaciones que no solo describen las brechas existentes, sino que propone mecanismo de intervención que favorezcan la participación y permanencia de las muges en ingeniería y disciplinas STEM [20], [8], [7].

VI. CONCLUSIONES

El presente estudio permitió sistematizar y analizar de forma multidimensional la producción científica de los cuatro libros del SIILMI desde el 2022 al 2025, comprobando el afianzamiento progresivo de este simposio como un espacio de evolución sistemática para la investigación sobre la brecha de género en ingeniería en América Latina. Demuestra también, la madurez gradual del SIILMI como el principal núcleo de divulgación académica y articulación científica alrededor de la

temática equidad de género en las disciplinas STEM dentro de América Latina.

A través de un enfoque metodológico mixto, se logró mapear una estructura intelectual fuerte donde los ejes académicos y de vocaciones tempranas dominan el panorama investigativo actual. El análisis riguroso de redes semánticas y la técnica TF-IDF indicaron que existe una madurez conceptual en la región, transitando de un diagnóstico claramente descriptivo de las brechas hacia el diseño de estrategias activas basadas en mentorías, redes de sororidad y modelos de intervención institucional.

Es de anotar que una principal contribución, que esta investigación aporta es una evidencia importante de cooperación científica regional, identificando un núcleo central de cooperación liderado por instituciones de Colombia y Argentina, cuyos enfoques particulares críticos y socioculturales en el caso sobre todo argentino, y empíricos e intervencionistas en el caso colombiano han enriquecido la discusión y marcan una marcada pauta para la formulación de políticas de equidad alineadas estrechamente con el ODS 5. Está marcada distribución indica la presencia de ecosistemas universitarios y redes académicas locales más robustas o con mejor financiamiento en estos países, lo que representa tanto una fortaleza para la cooperación regional como un llamado a diversificar e incorporar activamente a otras naciones de la región centro y sudamericana.

La evolución y diversidad conceptual visto en el análisis semántico y de clústeres mostró que las investigaciones han transitado de un enfoque netamente diagnóstico limitado a la mostrar la brecha y han ampliado hacia una perspectiva multidimensional integradora. Se destacan cuatro núcleos predominantes que se abordan: la investigación con enfoque de género, los diversos modelos de mentoría y las diferentes estrategias de intervención en entornos educativos y profesionales. Además, el uso de técnicas avanzadas como TF-IDF revelo características contextuales; por ejemplo, una orientación más teórica y sociocultural en las publicaciones argentinas frente a un enfoque más experiencial, de semilleros y unido al desarrollo sostenible en las publicaciones colombianas.

A pesar de la rigurosidad metodológica realizada, el estudio presenta limitaciones inherentes a la fuente de datos primaria. Al fundamentarse de manera exclusiva en los resúmenes y palabras clave de los libros del simposio, ciertos matices metodológicos o hallazgos específicos analizados en los cuerpos extensos del trabajo, pudieron haber sido omitidos de los modelos de redes y frecuencias. De igual forma, la heterogeneidad en el grado de detalle de los resúmenes procesados plantea un sesgo potencial en la ponderación de términos marginales o emergentes.

Es así, que se puede decir, en síntesis, que este análisis que se presenta no solo ratifica el valor del SIILMI como repositorio crítico del conocimiento muy importante con perspectiva de género en América Latina, sino que también suministra una base de evidencia empírica útil para la toma de decisiones, por parte de decanos y diseñadores de políticas públicas que orienten estrategias institucionales más sostenibles, sistémicas y transformadoras, garantizando el cumplimiento efectivo del ODS 5 en el ámbito de la ingeniería regional.

La inclusión de convocatorias especiales o mesas de trabajo enfocadas directamente en los ejes que tienen que ver con, brechas salariales, violencia laboral, retención de talento y evaluaciones sistemáticas de políticas públicas, que son menos estudiadas, podrian generar equilibrio científico, asi como desarrollar estrategia de descentralización y fomento regional para mayor participación de otros países de la región.

AGRADECIMIENTO/RECONOCIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento al Simposio de Investigación e Innovación Latinoamericano sobre Mujeres en Ingeniería (SIILMI) y a la iniciativa CAL-MATILDA por facilitar el acceso al cuerpo documental y la base de datos de artículos científicos que hicieron posible este análisis multidimensional.

REFERENCIAS

[1] UNESCO, “Girls’ and women’s education in science, technology, engineering and mathematics (STEM),” UNESCO, Paris, France, 2024. [Online]. Available: https://www.unesco.org/en/gender-equality/education/stem

[2] UNESCO, Descifrar el código: la educación de las niñas y las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). París, Francia: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2019.

[3] UNICEF, “Digital and STEM skills for girls: Making the leap to better opportunities in Latin America and the Caribbean,” UNICEF, Panama City, Panama, 2023. [Online]. Available: https://www.unicef.org/lac/en/digital-and-stem-skills-girls

[4] J. P. Angulo, Un vistazo a las habilidades digitales y STEM para las niñas y las adolescentes en América Latina y el Caribe. Panamá: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), 2023. [Online]. Available: https://www.unicef.org/lac/informes/un-vistazo-las-habilidades-digitales-y-stem

[5] X. Villavicencio, C. Myers, and C. Coughlin, “Iniciativas para el desarrollo de habilidades CTIM de las adolescentes en la región de LAC,” EdTech Hub & UNICEF, Tech. Rep. 42, 2022. Available: https://docs.edtechhub.org/lib/XG6K6W4S

[6] A. Bhatt et al., “Progress on the Sustainable Development Goals: The gender snapshot 2024,” United Nations Women and United Nations Department of Economic and Social Affairs (UN DESA), New York, NY, USA, Tech. Rep., 2024.

[7] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), “Sesgos codificados: La subrepresentación de las mujeres en STEM en América Latina y el Caribe,” PNUD América Latina y el Caribe, May 7, 2024. [Online]. Available: https://www.undp.org/es/latin-america/blog/sesgos-codificados-la-subrepresentacion-de-las-mujeres-en-stem-en-america-latina-y-el-caribe

[8] UNESCO IESALC, “International Day of Women and Girls in Science: UNESCO IESALC warns of persistent gender gap in STEM fields in Latin America,” Feb. 11, 2026. [Online]. Available: https://www.iesalc.unesco.org/en/articles/international-day-women-and-girls-science-unesco-iesalc-warns-persistent-gender-gap-stem-fields

[9] UNESCO, Llamada a la acción de la UNESCO: cerrar la brecha de género en la ciencia. París, Francia: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2024.

[10] C. Osorio Del Valle, S. H. Contreras Ortiz, J. L. Villa Ramírez, and V. V. Ojeda Caicedo, “Participation of women in STEM higher education programs in Latin America: The issue of inequality,” in Proc. 18th

LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Engineering, Integration, and Alliances for a Sustainable Development", 2020, pp. 1–5. doi: 10.18687/LACCEI2020.1.1.481
[11] OECD, Gender Differences in Education, Skills and STEM Careers in Latin America and the Caribbean: Insights from PISA and PIAAC. Paris, France: OECD Publishing, 2025.
[12] J. S. Eccles and A. Wigfield, "From expectancy-value theory to situated expectancy-value theory: A developmental, social cognitive, and sociocultural perspective on motivation," Contemporary Educational Psychology, vol. 61, Art. no. 101859, 2020. doi: 10.1016/j.cedpsych.2020.101859
[13] R. W. Lent, S. D. Brown, and G. Hackett, "Toward a unifying social cognitive theory of career and academic interest, choice, and performance," Journal of Vocational Behavior, vol. 45, no. 1, pp. 79–122, 1994. doi: 10.1006/jvbe.1994.1027
[14] V. Tandrayen-Ragoobur and D. Gokulsing, "Gender gap in STEM education and career choices: what matters?," Journal of Applied Research in Higher Education, vol. 14, no. 3, pp. 1021–1040, 2022. doi: 10.1108/JARHE-09-2020-0322
[15] ONU Mujeres, Las mujeres en ciencias, tecnologías, ingenierías y matemáticas (STEM) en América Latina y el Caribe. Ciudad de Panamá, Panamá: Entidad de las Naciones Unidas para la Igualdad de Género y el Empoderamiento de las Mujeres, 2020.
[16] International Science Council, "The Organization for Women in Science for the Developing World (OWSD) in Honduras," Sep. 10, 2024. [Online]. Available: https://council.science/blog/the-organization-of-women-scientistis-in-the-developing-world-owsd-in-honduras/
[17] M. Jacomy, T. Venturini, S. Heymann, and M. Bastian, "ForceAtlas2, a continuous graph layout algorithm for handy network visualization designed for the Gephi software," PLoS ONE, vol. 9, no. 6, Art. no. e98679, 2014. doi: 10.1371/journal.pone.0098679
[18] J. Silge and D. Robinson, Text Mining with R: A Tidy Approach. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2017. https://cran.r-project.org/web/packages/tidytext/vignettes/tf_idf.html.
[19] H. Vegas Meléndez, "La teoría fundamentada como herramienta metodológica para el estudio de la gestión pública local," Revista Venezolana de Gerencia, vol. 21, no. 75, pp. 413–426, 2016.
[20] Straza, T. (2024). Changing the equation: securing STEM futures for women.
[21] G. Azcona et al., "Progress on the Sustainable Development Goals: The gender snapshot 2025," United Nations Women, New York, NY, USA, Tech. Rep., 2025.