Gaps and Advances: Women´s participation in Colombian Environmental Engineering from a gender perspective

Claudia Gutiérrez Jara[1]; Carolina Espitia Gómez[2]; Maritza Páez Silva[3]
[1,2,3]Universidad Central, Colombia, cgutierrezj@ucentral.edu.co, cespitiag1@ucentral.edu.co, mpaezs2@ucentral.edu.co

Abstract– Environmental Engineering in Colombia presents a notable paradox: more than 57% of its enrolled students are women (SNIES, 2023), making it an exception within the STEM landscape where other engineering fields record between 11% and 18% female enrollment. However, this numerical presence does not automatically translate into equity in conditions, leadership opportunities, or professional recognition. This study analyzed the structural, cultural, and institutional factors that explain this paradox and identified the barriers that persist in the academic trajectories of female environmental engineers in Colombia. A quantitative, descriptive-analytical, cross-sectional design was employed, grounded in a systematic literature review of national and international sources and complemented with empirical data collected through a structured survey of 18 questions applied to 139 women — 42% active students and 58% graduates — from 15 Higher Education Institutions (HEIs) across different regions of the country. Findings reveal that 41% chose the program out of vocation and environmental commitment, and 68% perceive a greater affinity between women and sustainability topics. Nevertheless, 39% of respondents indicated that their HEI promotes gender equity in a null or scarce manner, and only 27% consider female leadership in the sector to be high. The study concludes that enrollment parity does not guarantee real equity, and that HEIs must implement sustained, evidence-based actions — scholarships, mentoring, anti-discrimination protocols, and gender-responsive curricula — to ensure that women's presence in this discipline translates into decision-making power, recognition, and full professional development.

Keywords– gender equity, Environmental Engineering, STEM, structural barriers, female leadership, higher education.

I. Introducción

La participación de las mujeres en áreas STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) constituye uno de los desafíos centrales de la política educativa contemporánea en América Latina y el mundo. Más allá de la dimensión de justicia social que implica el acceso equitativo al conocimiento científico-técnico, la exclusión de las mujeres de estos campos representa una pérdida de talento y diversidad cognitiva con consecuencias directas sobre la calidad de la producción científica y la innovación tecnológica [1]. Sin embargo, la discusión dominante tiende a centrarse exclusivamente en los indicadores de ingreso, omitiendo una pregunta más compleja: ¿qué sucede una vez que las mujeres acceden a estos espacios? En Colombia, el panorama STEM exhibe la brecha estructural característica de la región. Según el Foro Económico Mundial [2], solo el 28,2% de los empleos STEM globales están ocupados por mujeres, frente al 47,3% en otros sectores. En el contexto nacional, únicamente el 24% de los profesionales STEM son mujeres [3], cifra que coloca al país por debajo del promedio mundial y que contrasta con los avances normativos significativos de los últimos años, entre ellos el CONPES 4080 de 2022 y el Programa Más Mujeres en STEM del Ministerio de Educación Nacional.

Dentro de este panorama, la Ingeniería Ambiental emerge como un caso singular que merece atención analítica propia. Los datos del Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES, 2023) [4] revelan que más del 57% de los estudiantes matriculados en este programa en Colombia son mujeres (muy por encima del 11% en Ingeniería Mecánica y del 18% en Ingeniería de Sistemas). En la Universidad Central de Bogotá, esta proporción alcanza el 67%. La OCDE [5] ha identificado este fenómeno como una 'excepción positiva' en el mapa STEM latinoamericano.

No obstante, la pregunta que motiva esta investigación no es por qué tantas mujeres entran a la Ingeniería Ambiental, sino qué encuentran cuando llegan. La hipótesis de trabajo es que la mayoría numérica en la matrícula no se traduce automáticamente en equidad de condiciones, oportunidades de liderazgo ni reconocimiento profesional, y que esta paradoja se explica por la intersección de factores estructurales, culturales e institucionales que permanecen invisibles en los datos agregados de acceso.

La literatura sobre género en ingenierías en Colombia se ha concentrado históricamente en Ingeniería Mecánica, de Sistemas y Civil [6], campos donde la subrepresentación femenina es obvia desde los indicadores de matrícula. La Ingeniería Ambiental, precisamente por su mayoría femenina, ha recibido escasa atención investigativa desde la perspectiva de género. Este trabajo busca llenar ese vacío, aportando evidencia empírica sobre una paradoja que, por su especificidad, puede ofrecer enseñanzas relevantes para el diseño de políticas de equidad en IES de la región.

El artículo se organiza de la siguiente manera: la sección II presenta el marco teórico y el estado del arte; la sección III describe el diseño metodológico; la sección IV reporta los resultados; la sección V ofrece una discusión articulada de los hallazgos; y la sección VI presenta las conclusiones e implicaciones para la política institucional.

II. Antecedentes y Estado del arte

A. Marco teórico

Este estudio se fundamenta en dos tradiciones teóricas complementarias. La primera es la teoría de la **segregación de género** en el mercado laboral y la educación superior, que distingue entre segregación horizontal (concentración de mujeres en determinadas disciplinas o sectores) y segregación vertical, subrepresentación en los niveles superiores de la jerarquía dentro de esos mismos campos [7]. La segregación horizontal explica la alta matrícula femenina en Ingeniería Ambiental; la segregación vertical explica por qué esa presencia no se traduce en liderazgo.

La segunda tradición proviene de los Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), que señalan que la exclusión de las mujeres de los espacios técnicos no obedece a capacidades diferenciales sino a la construcción social de lo que se considera 'conocimiento técnico legítimo' y quién puede producirlo [8]. Desde esta perspectiva, la cultura institucional de las ingenierías, sus formas de evaluación del mérito, sus redes de acceso al poder, sus representaciones simbólicas de la competencia técnica, replica jerarquías de género incluso cuando los datos de matrícula sugieren lo contrario.

Un concepto particularmente relevante para este trabajo es el de **confinamiento simbólico**. Fernández Bouzo [6] identifica en el contexto latinoamericano lo que denomina la 'división cultural técnico-masculina vs. ambiental-femenina': una narrativa que vincula a las mujeres con el cuidado de los ecosistemas y las comunidades, y que actúa simultáneamente como motor de ingreso a la Ingeniería Ambiental, porque resuena con motivaciones vocacionales genuinas, y como mecanismo de confinamiento hacia roles de soporte y menor jerarquía dentro del campo. Esta dualidad es el nudo teórico central de la paradoja que investigamos.

B. Género en STEM: panorama global y latinoamericano

UNESCO [9] reporta que el 40% de las mujeres en áreas STEM ha experimentado comportamientos sexistas en sus entornos académicos o laborales, y que la brecha salarial persiste globalmente: ellas ganan en promedio el 85% del salario de sus colegas masculinos con igual perfil de formación. Adicionalmente, solo el 22% de los cargos de dirección en sectores STEM fueron ocupados por mujeres en 2021. El Informe de Brecha de Género del WEF [2] proyecta que, al ritmo actual de cambio, la brecha de género en participación económica tardaría más de 130 años en cerrarse globalmente.

En América Latina, García-Holgado y García-Peñalvo [10] desarrollaron el modelo W-STEM, implementado en 11 instituciones de educación superior de Colombia, Chile, Ecuador, Costa Rica y México. Este modelo propone un ciclo iterativo compuesto por cuatro fases: diagnóstico de la situación de género, diseño de un Plan de Acción para la Igualdad de Género (PAIG), implementación de acciones concretas, y medición de impacto. Los resultados de su aplicación muestran que las instituciones con ciclos completos del modelo logran mejoras significativas tanto en indicadores cuantitativos de matrícula y permanencia como en indicadores cualitativos de cultura institucional.

La experiencia chilena aporta, sin embargo, una advertencia importante. El Programa de Equidad de Género (PEG) de la Universidad de Chile, basado en cupos prioritarios para mujeres en programas de ingeniería, generó mayor inclusión numérica pero también sensación de estigmatización entre las propias beneficiarias, quienes reportaron sentirse 'cuestionadas' en su mérito por sus pares masculinos [11]. Este hallazgo evidencia que la acción afirmativa sin acompañamiento cultural y transformación de la cultura institucional resulta insuficiente, y puede incluso reforzar las barreras que busca eliminar.

C. Contexto colombiano de política pública

Colombia ha avanzado significativamente en el marco normativo para la equidad de género en educación y ciencia durante el período 2022-2025. El CONPES 4080 de 2022 [12] estableció la primera política pública integral de equidad de género para las mujeres, con líneas específicas para la educación superior y la participación en CTeI. El Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 incorporó por primera vez metas explícitas de cierre de brechas para mujeres rurales, indígenas y afrodescendientes en STEM.

A nivel programático, el Ministerio de Educación Nacional implementó el Programa Más Mujeres en STEM en 2023, alcanzando más de 12.000 estudiantes en 32 departamentos [13]. MinCiencias lanzó el Programa Orquídeas: Mujeres en la Ciencia, que en sus tres ediciones (2023-2025) ha beneficiado a más de 470 mujeres científicas en 30 departamentos y 130 municipios del país, incorporando en su edición más reciente los campos de inteligencia artificial y tecnologías cuánticas [14]. Sin embargo, el Departamento Nacional de Planeación registra que la proporción de mujeres graduadas en programas STEM creció apenas de 34,2% a 35,7% entre 2014 y 2021 [15], un avance de apenas 1,5 puntos porcentuales en siete años que confirma la insuficiencia del ritmo de cambio frente a la magnitud de las brechas estructurales identificadas. Este contraste entre la robustez del marco normativo y la lentitud del cambio observable es, en sí mismo, un objeto de análisis relevante para la política pública.

III. Metodología

A. Diseño de investigación

Se adoptó un estudio cuantitativo, de alcance descriptivo-analítico y de corte transversal, fundamentado mediante una revisión sistemática de literatura. Siguiendo la distinción metodológica entre rutas cuantitativa, cualitativa y mixta [16], la revisión bibliográfica cumple aquí una función normativa de fundamentación teórica, propia de todo trabajo científico, y no constituye una fase cualitativa independiente; la recolección y el análisis de los datos se realizan íntegramente mediante medidas cuantitativas. Este diseño permite contrastar los hallazgos empíricos con el estado del arte internacional y situar los datos recogidos en marcos interpretativos más amplios.

B. Revisión bibliográfica sistemática

Se realizó una revisión de fuentes nacionales e internacionales publicadas entre 2018 y 2025, con excepciones

para textos fundacionales anteriores a ese período. Los criterios de inclusión fueron: (1) pertinencia temática directa con género en STEM o educación superior en ingeniería; (2) cobertura geográfica con preferencia por América Latina y Colombia; y (3) calidad de la fuente (publicaciones indexadas, documentos de organismos multilaterales, informes gubernamentales). Se incluyeron documentos de política pública (CONPES 4080, PND 2022-2026, programas MEN y MinCiencias), informes de UNESCO, OCDE, ONU Mujeres, WEF y EIGE, y literatura académica sobre segregación de género, estudios CTS y modelos de intervención institucional.

C. Encuesta estructurada

Se diseñó y aplicó una encuesta estructurada de 18 preguntas durante el primer trimestre de 2025. El instrumento fue construido con base en referentes validados en estudios similares de la región [10][11] y piloteado con un grupo de 12 mujeres antes de su aplicación definitiva. Las preguntas combinaron escalas Likert de cuatro puntos, opciones de selección múltiple con opción de respuesta abierta, y preguntas de priorización.

La muestra estuvo compuesta por 139 mujeres vinculadas a programas de Ingeniería Ambiental en Colombia, distribuidas así: 42% estudiantes activas (cursando entre segundo y décimo semestre) y 58% egresadas con años de graduación entre 1999 y 2025. Esta composición intergeneracional permite capturar tanto las experiencias de formación actuales como las trayectorias profesionales de largo plazo, enriqueciendo el análisis con perspectiva histórica.

Las participantes pertenecen a 15 Instituciones de Educación Superior de nueve ciudades: Bogotá, Tuluá, Manizales, Tunja, Barranquilla, Armenia, Pasto, Montería y Valledupar. Esta distribución geográfica, que incluye tanto ciudades principales como intermedias y garantiza presencia en todas las macrorregiones del país, aporta representatividad regional y diversidad de contextos institucionales — universidades públicas, privadas, con y sin acreditación de alta calidad.

El instrumento indagó sobre cinco dimensiones analíticas: (1) motivaciones para elegir Ingeniería Ambiental; (2) experiencias de discriminación o trato diferencial durante la formación; (3) percepción de equidad institucional y conocimiento de iniciativas de género en su IES; (4) barreras encontradas en el ejercicio profesional; y (5) propuestas de mejora desde la perspectiva de las propias ingenieras.

Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva univariada y bivariada. Para explorar si las percepciones difieren según el momento de la trayectoria formativo-laboral, se aplicaron pruebas Chi-cuadrado (X^2) de independencia comparando las respuestas de estudiantes activas y egresadas en las variables de percepción clave. Se verificó el supuesto de frecuencias esperadas ≥ 5 en todas las celdas antes de interpretar los resultados. Los datos se interpretaron a la luz del marco teórico presentado en la sección anterior.

IV. Resultados

A. Motivaciones de elección y percepción de afinidad

El primer hallazgo relevante concierne a las razones por las que las mujeres eligieron Ingeniería Ambiental. El 41% señaló la vocación y el compromiso ambiental como motivación principal, seguido del interés en ciencia y tecnología (24%), la influencia de entorno familiar u orientación vocacional (20%), y las oportunidades laborales percibidas (15%). La predominancia de la motivación vocacional, relacionada con valores éticos y con el propósito de contribuir a la solución de problemas ambientales, es significativamente más alta en este campo que la documentada para otras ingenierías en estudios comparativos de la región [10].

Complementariamente, el 68% de las encuestadas percibe una mayor afinidad de las mujeres con las temáticas de sostenibilidad frente a otras ingenierías. Este dato, leído desde la teoría del confinamiento simbólico [6], sugiere que la narrativa cultural que asocia a las mujeres con el cuidado de la naturaleza y las comunidades ha permeado la autopercepción de las propias ingenieras. Esta resonancia no es necesariamente negativa, muchas encuestadas la valoraron positivamente, pero puede convertirse en un límite si el sistema la usa para justificar su permanencia en roles de apoyo y no en cargos de liderazgo técnico o directivo.

En términos de percepción del campo, el 51% considera la Ingeniería Ambiental como más equitativa que otras ramas de la ingeniería, y el 52% cree que existen más oportunidades para mujeres en este campo. Estos porcentajes reflejan percepciones comparativas favorables, pero deben interpretarse con cautela: 'más equitativa que Mecánica' no significa 'equitativa', y 'más oportunidades' no necesariamente implica oportunidades en los mismos niveles de la jerarquía profesional.

B. Equidad institucional: entre la percepción y la realidad

Los indicadores sobre equidad institucional revelan una brecha preocupante entre las intenciones declaradas de las IES y la experiencia concreta de sus estudiantes y egresadas. El 39% señala que su institución promueve la equidad de género de forma nula o escasa. Al desagregar este resultado: el 35% no pudo identificar ninguna iniciativa concreta de equidad de género en su universidad, y el 38% calificó las iniciativas existentes como de bajo o nulo impacto.

Este panorama adquiere mayor peso interpretativo cuando se contrasta con un dato aparentemente contradictorio: el 84% de las encuestadas no reportó haber experimentado discriminación directa durante su formación. Desde la perspectiva de los estudios sobre normalización de la desigualdad [17], este resultado no implica ausencia de barreras, sino que las barreras existentes han sido incorporadas a la cultura institucional de tal manera que resultan invisibles para quienes las experimentan. Cuando la desigualdad se percibe como 'así son las cosas', deja de reconocerse como tal, lo que, paradójicamente, hace más difícil su cuestionamiento y transformación.

La explicación del mecanismo puede encontrarse también en la comparación descendente: las estudiantes y egresadas de Ingeniería Ambiental comparan su experiencia con la de otras

ingenierías, donde la discriminación y el trato diferencial son más evidentes y frecuentes, y concluyen que su campo es relativamente más equitativo. Esa comparación es válida, pero sitúa el umbral de lo aceptable demasiado bajo, inhibiendo la demanda de mejoras adicionales.

C. Barreras en el ejercicio profesional y segregación vertical

En el ámbito del ejercicio profesional, que en muchos casos comienza durante la formación a través de prácticas, pasantías y proyectos de interacción con el entorno, se identificaron barreras concretas y reiteradas. El 17% de las encuestadas reportó no haber sido tomada en serio en entornos de trabajo masculinizados; el 12% enfrentó comentarios sexistas de colegas, superiores o clientes; el 6% identificó brechas salariales respecto a pares masculinos con igual perfil formativo; y el 4% señaló obstáculos explícitos para acceder a posiciones de liderazgo o dirección.

Aunque estos porcentajes pueden parecer moderados en términos absolutos, su lectura debe considerar el contexto: estamos ante un campo donde las mujeres son mayoría desde hace años. La persistencia de estas experiencias evidencia que la cultura profesional del sector ambiental (en consultorías, entidades públicas, empresas y organismos ambientales) replica patrones de jerarquía de género que no desaparecen por el solo hecho de que más mujeres accedan a la formación.

El indicador más elocuente de esta segregación vertical es la percepción sobre el liderazgo: solo el 27% considera alto el nivel de liderazgo femenino en el sector ambiental, mientras que el 48% lo califica como moderado y el 25% restante como bajo o muy bajo. Esta distribución, en un campo con mayoría femenina en la base, constituye la expresión más directa de la paradoja analizada: mayor presencia en la matrícula no equivale a mayor poder en la toma de decisiones.

TABLA I
BARRERAS IDENTIFICADAS EN EL EJERCICIO PROFESIONAL (N=139).

Barrera identificada	Frecuencia (%)
No ser tomada en serio en entornos masculinizados	17%
Comentarios sexistas (colegas, superiores, clientes)	12%
Brechas salariales respecto a pares masculinos	6%
Obstáculos explícitos para acceder al liderazgo	4%
Ninguna barrera percibida directamente	61%

D. Análisis diferencial: estudiantes activas vs. Egresadas

Con el fin de verificar si existen diferencias estadísticamente significativas en las percepciones entre estudaintes activas (n=59) y egresadas (n=80), se aplicaron pruebas Chi-cuadrado (χ^2) de independencia sobre las variables de percepción clave (Tabla II). Los resultados indican que, en cinco de las seis variables analizadas, no se identificador diferencias estadísticamente significativas, lo que sugiere una percepción estructural compartida independientemente del momento de la trayectoria formativo-laboral.

TABLA II
RESULTADOS DE LAS PRUEBAS CHI-CUADRADO (χ^2) POR VARIABLE DE PERCEPCIÓN (N=139).

Variable	χ^2	gl	p-valor	Sig.
Liderazgo femenino	3.92	4	0.417	ns
Oportunidades laborales	6.16	4	0.187	ns
Barreras en formación académica	5.10	2	0.078	ns
Barreras en ámbito laboral	28.49	3	<0.001	***
Equidad percibida en formación	0.59	4	0.964	ns
Iniciativas universitarias	1.03	3	0.794	ns

*ns = no significativo; *** $p<0.001$. Supuesto de frecuencias esperadas ≥ 5 cumplido en todas las celdas.*

La única variable con diferencia estadísticamente significativa corresponde a la experiencia en barreras en el ámbito laboral (χ^2=28.49, gl=3, $p<0.001$): el 51.2% de las egresadas reporta haber enfrentado barreras por ser mujer en el trabajo, frente al 25.4% de las estudiantes activas (Tabla III). Este contraste sugiere que las barreras de género se perciben con mayor nitidez una vez que las mujeres una vez que las mujeres se insertan en el mercado laboral, no durante la formació universitaria. El 27.1% de las estudiantes respondió 'No Aplica', dato coherente con que muchas aún no han ingresado al sector profesional.

TABLA III
TABLA DE CONTINGENCIA: BARRERAS EN EL ÁMBITO LABORAL SEGÚN GRUPO (N=139)

Grupo	No	No Aplica	No estoy segura	Sí
Egresada (n=80)	38.8%	0.0%	10.0%	51.2%
Estudiante (n=59)	32.2%	27.1%	15.3%	25.4%

E. Agenda propuesta por las ingenieras

Un componente metodológico central del instrumento fue la identificación de propuestas de mejora desde la perspectiva de las propias protagonistas, sintetizadas en la Fig. 1.

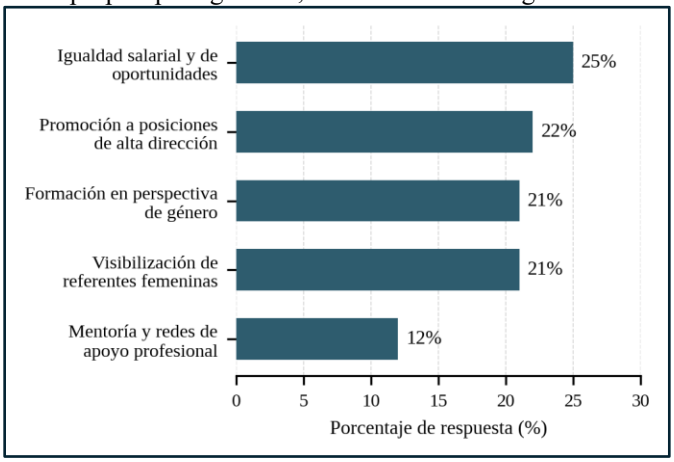


Fig. 1 Prioridades de mejora señaladas por las ingenieras (N=139)

La coherencia interna de esta agenda es notable: las cinco prioridades abordan de manera articulada las tres dimensiones del problema identificado, las brechas estructurales (1 y 2), las brechas culturales y simbólicas (3 y 4), y las brechas de redes y capital social (5). Este nivel de articulación no es casual: proviene de mujeres que conocen el problema desde adentro y que han desarrollado, a través de sus propias trayectorias, una comprensión integral de sus causas y posibles soluciones.

Es importante precisar que esta agenda constituye una síntesis de las percepciones y preferencia declaradas por las participantes, y no una intervención ya implementada ni evaluada empíricamente. Su valor radica en ofrecer, desde la voz directa por las protagonistas, una hoja de ruta basada en evidencia para el diseño de futuras políticas institucionales.

V. Discusión

Los resultados obtenidos permiten articular tres tensiones constitutivas de la paradoja de la Ingeniería Ambiental en Colombia, con implicaciones tanto teóricas como para el diseño de políticas institucionales en IES de la región.

Primera tensión: acceso y permanencia con equidad. La alta matrícula femenina resuelve la barrera de entrada, la segregación horizontal favorece a las mujeres en este campo, pero no las barreras de desarrollo y ascenso. La segregación vertical reproduce aquí un patrón documentado globalmente [9][10]: la feminización de una disciplina no redistribuye automáticamente el poder dentro de ella. El 57% de matrícula contrasta directamente con el 27% de percepción de alto liderazgo femenino en el sector, una brecha de 30 puntos porcentuales que ilustra con precisión el mecanismo de la segregación vertical. El análisis diferencial entre estudiantes activas y egresadas refuerza esta lectura: mientras las percepciones sobre liderazgo e institucionalidad son estadísticamente homogéneas entre ambos grupos, las barreras laborales se duplican al pasar de la formación al ejercicio profesional (25.4% vs. 51.2%, $\chi^2 = 28.49$, $gl = 3$, $p < 0.001$), confirmando empíricamente lo que la teoría denomina segregación vertical diferida. El caso colombiano aporta evidencia empírica específica para Ingeniería Ambiental, que hasta ahora carecía de datos propios en la literatura latinoamericana.

Segunda tensión: motivación vocacional y confinamiento simbólico. El 68% de percepción de mayor afinidad femenina con la sostenibilidad no es un dato inocente. Como señala Fernández Bouzo [6], las narrativas culturales sobre el cuidado y la afinidad 'natural' de las mujeres con el medioambiente pueden operar como mecanismos de confinamiento que orientan a las ingenieras hacia roles de menor jerarquía dentro del mismo campo que eligieron con motivaciones genuinas. Esta tensión demanda una respuesta institucional explícita: no basta con atraer mujeres a la carrera si el sistema las ubica sistemáticamente en roles de soporte. Las políticas de promoción, visibilización de referentes y formación en género identificadas por las encuestadas apuntan precisamente a desactivar este mecanismo.

Tercera tensión: percepción positiva e inacción institucional. Que el 51% perciba el campo como más equitativo y el 35% no identifique ninguna iniciativa de género en su IES no son datos contradictorios: el primero es una percepción comparativa relativa; el segundo es una realidad objetiva de ausencia de política. La percepción positiva, paradójicamente, puede convertirse en obstáculo para el cambio al generar un conformismo que dificulte la demanda de acciones concretas por parte de estudiantes, egresadas y docentes. El EIGE [17] documenta este mecanismo como naturalización de las desigualdades existentes, un proceso por el cual la comparación con situaciones peores inhibe la demanda de mejoras respecto a la situación propia.

Desde una perspectiva de política institucional, los hallazgos son consistentes con los aprendizajes del modelo W-STEM [10] y con la experiencia chilena de acción afirmativa [11]: los cambios estructurales en equidad de género en ingenierías requieren intervenciones multidimensionales, sostenidas en el tiempo y basadas en diagnósticos sistemáticos, no únicamente en datos de matrícula. La agenda articulada por las propias ingenieras encuestadas se alinea, además, con el marco del CONPES 4080 [12] y con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en particular el ODS 5 (igualdad de género) y el ODS 4 (educación de calidad e inclusiva).

Una limitación del estudio es el tamaño y la naturaleza de la muestra: 139 participantes de 15 IES, reclutadas por convocatoria abierta, no constituyen una muestra probabilística que permita generalizaciones estadísticas a nivel nacional. Investigaciones futuras deberían ampliar la muestra, incorporar metodologías cualitativas (entrevistas en profundidad, grupos focales, análisis de trayectorias) y explorar las diferencias entre tipos de institución (pública vs. privada, acreditada vs. no acreditada) y regiones del país.

Adicionalmente, este fenómeno de segregación vertical adquiere una dimensión crítica al examinar los procesos de transformación digital y desarrollo tecnológico en el sector ambiental, donde la exclusión de las mujeres de los cargos de alta dirección (reportada en apenas un 27% de liderazgo alto) limita su participación estratégica. Esta brecha directiva está estrechamente vinculada a barreras en el acceso a la capacitación en tecnologías digitales e inteligentes, así como a herramientas de Inteligencia Artificial (IA), las cuales se reflejan en la baja representación femenina en roles técnicos avanzados (donde los informes del Foro Económico Mundial sitúan la participación global en IA entre el 19% y el 20%) y en altos cargos directivos analizados por la Organización Internacional del Trabajo. Al restringirse las oportunidades de formación especializada en tecnologías disruptivas, se perpetúa un círculo vicioso que obstaculiza el ascenso a la alta gerencia y sesga el diseño y la gobernanza de las soluciones tecnológicas regionales, evidenciando que la transición hacia una ingeniería inclusiva requiere cerrar simultáneamente las brechas de liderazgo y de capacitación en tecnologías digitales.

VI. Conclusiones

Este trabajo confirma que la Ingeniería Ambiental en Colombia es un espacio estratégico y paradójico para el análisis de la equidad de género en STEM: estratégico, porque su alta participación femenina ofrece condiciones favorables de partida que otras ingenierías no tienen; paradójico, porque esa misma participación puede generar la ilusión de que el problema está resuelto cuando apenas ha comenzado a abordarse. Se derivan cuatro conclusiones con implicaciones directas para la política institucional:

- La paridad en la matrícula no garantiza equidad real. El 57% de mujeres en la matrícula convive con un 27% de percepción de alto liderazgo femenino en el sector, evidenciando una segregación vertical que persiste incluso en campos con mayoría femenina.
- Las barreras son estructurales, culturales y simbólicas, no individuales. La normalización de la desigualdad, el confinamiento simbólico derivado de la narrativa de 'afinidad natural' y la ausencia de políticas institucionales efectivas son los tres ejes del problema. Su solución no puede recaer en el esfuerzo individual de las ingenieras.
- Las IES tienen una deuda institucional concreta y documentable. Que el 35% de las encuestadas no identifique ninguna acción de equidad de género en su institución (en el contexto de un CONPES 4080 vigente y de programas nacionales activos) representa un déficit inaceptable que las instituciones deben reconocer y remediar con urgencia.
- Las propias ingenieras proveen la hoja de ruta. Las cinco prioridades identificadas (igualdad salarial, mecanismos de promoción, formación en género, visibilización de referentes y mentoría) constituyen una agenda de acción concreta, articulada, basada en evidencia y transferible a otras IES y contextos latinoamericanos.

La Ingeniería Ambiental puede ser, si las instituciones actúan a la altura del desafío, un laboratorio de equidad de género en STEM para Colombia y la región. Eso requiere ir más allá de celebrar el 57% y comenzar a preguntar, sistemáticamente, qué sucede después.

Agradecimientos

Las autoras agradecen profundamente a las 139 mujeres, estudiantes activas y egresadas, de 15 Instituciones de Educación Superior de nueve ciudades colombianas que participaron en la encuesta, compartiendo sus trayectorias, experiencias y propuestas. Su disposición a nombrar las barreras y articular soluciones hace posible este trabajo.

Referencias

[1] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, Sexual Harassment of Women: Climate, Culture, and Consequences in Academic Sciences, Engineering, and Medicine. Washington DC: The National Academies Press, 2018.

[2] World Economic Forum, Global Gender Gap Report 2024. Ginebra: WEF, 2024.

[3] ONU Mujeres Colombia, Mujeres en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas en Colombia. Bogotá: ONU Mujeres, 2025.

[4] Sistema Nacional de Información de la Educación Superior – MEN, Consulta de estudiantes matriculados por programa académico. Bogotá: MEN, 2023. https://snies.mineducacion.gov.co

[5] OCDE, Igualdad de género en Colombia: avances, desafíos y políticas públicas. París: OCDE, 2023.

[6] F. Fernández Bouzo, "División cultural técnico-masculina vs. ambiental-femenina en ingenierías latinoamericanas," Rev. Iberoam. Educ. Ing., vol. 14, no. 2, pp. 45–62, 2022.

[7] C. Hakim, "Segregation, job satisfaction and gender: Evidence from cross-national surveys," European Sociological Review, vol. 12, no. 1, pp. 47–68, 1996.

[8] D. J. Harding y M. Lamont, "Evaluating inequality: Symbolic boundaries, stigma, and social exclusion," en Social Class: How Does It Work?, A. Lareau y D. Conley, Eds. Nueva York: Russell Sage Foundation, 2008.

[9] UNESCO, Changing the Equation: Securing STEM Futures for Women. París: UNESCO, 2024.

[10] A. García-Holgado y F. J. García-Peñalvo, "A Model for Bridging the Gender Gap in STEM in Higher Education Institutions," en Women in STEM in Higher Education. Singapore: Springer, 2022, pp. 1–24.

[11] D. Radovic Sendra et al., "A siete años de una política de acción afirmativa: lecciones desde la ingeniería," Pensamiento Educativo, vol. 61, no. 1, pp. 1–18, 2024.

[12] Departamento Nacional de Planeación, CONPES 4080: Política pública de equidad de género para las mujeres. Bogotá: DNP, 2022.

[13] Ministerio de Educación Nacional, Programa Más Mujeres en STEM: informe de avance 2023. Bogotá: MEN, 2023.

[14] MinCiencias, Programa Orquídeas: Mujeres en la Ciencia — ediciones 2023-2025. Bogotá: MinCiencias, 2025.

[15] Departamento Nacional de Planeación, Mujeres graduadas en STEM: cifras 2014-2021. Bogotá: DNP, 2022.

[16] R. Hernández-Sampieri y C. P. Mendoza Torres, Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana, 2018.

[17] Instituto Europeo de la Igualdad de Género (EIGE), Gender Equality Index 2019: Work-Life Balance. Vilna: EIGE, 2019.

[18] World Economic Forum, Global Gender Gap Report 2024. Ginebra: WEF, 2024.

[19] Organización Internacional del Trabajo (OIT), Las mujeres en la tecnología y la transformación digital: brechas de liderazgo y capacitación en la era de la Inteligencia Artificial. Ginebra: OIT, 2025.