Strategies to strengthen scientific and technological vocations in girls and young women through early experiences

Escorcia De La Hoz, Danna Carolina[1]; Ortiz Peña, Daniela [2]; De la Rosa Rodriguez, Adriana Paola [3]; Meriño Stand, Lourdes Isabel[4]

[1,2,3,4] University of Atlántico, Colombia, dcescorcia@mail.uniatlantico.edu.co, dortizp@mail.uniatlantico.edu.co, apdelarosa@mail.uniatlantico.edu.co, lourdesmerino@mail.uniatlantico.edu.co

Abstract– ***Strengthening engineering vocational interest among girls and young women remains a challenge for Latin American education systems, where gender stereotypes and limited early exposure to STEM persist. This ongoing study aims to design and validate a strategy to promote engineering vocations among primary and secondary school students, based on a diagnosis of the factors influencing career choice and an analysis of university initiatives. A sequential mixed-methods design with data triangulation is adopted: a survey of students from 20 schools of Atlántico, semi-structured interviews with teachers and school counselors, and a documentary review of university initiatives using explicit selection criteria. Variables include knowledge of engineering fields, academic interests, perceived self-efficacy, family influence, female role models, and access to scientific activities. The findings will inform an integrated strategy combining hands-on activities, mentoring, laboratory visits, and gender-focused career guidance, whose effectiveness will be assessed through a pre-post quasi-experimental design using indicators of vocational interest, self-efficacy, and knowledge of engineering. The study is expected to yield a replicable intervention model adaptable to other educational institutions in the region.***

Keywords-- ***STEM education, gender equity, primary and secondary education***

Estrategias para fortalecer las vocaciones científicas y tecnológicas en niñas y jóvenes mediante experiencias tempranas

Escorcia De La Hoz, Danna Carolina[1]; Ortiz Peña, Daniela [2]; De la Rosa Rodriguez, Adriana Paola [3]; Meriño Stand, Lourdes Isabel[4]
[1,2,3,4] Universidad del Atlántico, Colombia, dcescorcia@mail.uniatlantico.edu.co, dortizp@mail.uniatlantico.edu.co, apdelarosa@mail.uniatlantico.edu.co, lourdesmerino@mail.uniatlantico.edu.co

Resumen– ***El fortalecimiento del interés vocacional por la ingeniería en niñas y jóvenes constituye un desafío para los sistemas educativos de América Latina, donde persisten estereotipos de género y oportunidades limitadas de acercamiento temprano a las disciplinas STEM. Esta investigación en curso tiene como objetivo diseñar y validar una estrategia de promoción de vocaciones en ingeniería dirigida a estudiantes de educación básica y media, a partir del diagnóstico de los factores que inciden en la elección profesional y del análisis de experiencias universitarias. Se adopta un diseño mixto secuencial con triangulación de fuentes: encuesta a estudiantes de 20 instituciones educativas del Atlántico, entrevistas semiestructuradas a docentes y orientadores, y revisión documental de iniciativas universitarias con criterios de selección explícitos. Se analizan el conocimiento sobre las ingenierías, los intereses académicos, la autoeficacia percibida, la influencia familiar, los referentes femeninos y el acceso a actividades científicas. Con los hallazgos se diseñará una estrategia integrada que combina actividades experimentales, mentoría, visitas a laboratorios y orientación vocacional con enfoque de género. Su efectividad se evaluará mediante un diseño cuasiexperimental pre-post con indicadores de interés vocacional, autoeficacia y conocimiento de las ingenierías. Se espera aportar un modelo de intervención replicable y adaptable a otras instituciones de la región.***

Palabras clave– ***educación STEM, equidad de género, educación básica y media.***

I. Introducción

La subrepresentación de las mujeres en las carreras de ingeniería continúa siendo uno de los desafíos más persistentes de los sistemas educativos a nivel global y regional. De acuerdo con la UNESCO, la región mantiene una de las brechas de género más amplias del mundo en las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM), donde la participación femenina en los programas de ingeniería rara vez supera el 30 % de la matrícula total [1]. En el contexto colombiano, el Ministerio de Educación Nacional reporta que solo el 32% de las matrículas en ingeniería corresponden a mujeres [2]. Este desequilibrio se traduce, según ONU Mujeres, en una menor presencia de mujeres en sectores tecnológicos de alto valor agregado y en una pérdida significativa de talento e innovación para la región [3].

Diversas investigaciones coinciden en que esta brecha no responde a diferencias de capacidad, sino a contextos familiares, escolares y culturales que pueden limitar los horizontes de las niñas desde edades tempranas [4]. La ausencia de modelos de rol visibles y la persistencia de estereotipos sobre la "dificultad" o la "masculinidad" de la ingeniería restringen las trayectorias antes de que comiencen. La construcción de una vocación no es un evento puntual, sino un proceso que se gesta progresivamente en la infancia y la adolescencia, en la medida en que niñas y jóvenes acceden -o no- a experiencias que les permiten imaginarse a sí mismas como futuras ingenieras.

Ante este panorama, la presente investigación en curso tiene como objetivo general diseñar y validar una estrategia de promoción de vocaciones hacia la ingeniería dirigida a estudiantes de educación básica y media, con énfasis en niñas y jóvenes del Atlántico y adaptable al contexto latinoamericano y caribeño. Los objetivos específicos son: (i) caracterizar los factores individuales, familiares e institucionales que inciden en la elección profesional; (ii) identificar barreras y facilitadores desde la perspectiva de docentes y orientadores; (iii) sistematizar iniciativas universitarias de fomento vocacional en ingeniería; y (iv) diseñar y evaluar una estrategia integrada de intervención.

II. MARCO CONEPTUAL

El bajo acceso femenino a la ingeniería se ha explicado desde distintos marcos. La Teoría Social Cognitiva de la Carrera (SCCT) plantea que la elección vocacional resulta de la interacción entre autoeficacia percibida, expectativas de resultado e intereses [5], y la teoría de expectativa-valor sostiene que la persistencia en una disciplina depende de la confianza en el propio desempeño y del valor subjetivo atribuido a ella [7]. Ambas se apoyan en la autoeficacia de Bandura [6], que se construye mediante experiencias de logro, modelamiento social y persuasión verbal, elementos escasos para las niñas allí donde la ingeniería se percibe como un campo masculino [4], [8].

La metáfora de la "tubería con fugas" describe cómo las mujeres abandonan progresivamente la trayectoria STEM por

barreras estructurales acumulativas y no por falta de mérito [8]. Esta exclusión no es homogénea: la perspectiva interseccional advierte que el género se combina con la ruralidad, la pertenencia étnica y el nivel socioeconómico para producir desventajas diferenciadas que toda estrategia debe considerar [9].

La evidencia reciente respalda las intervenciones tempranas y los referentes femeninos. Guenaga et al. hallaron que una mentoría grupal liderada por mujeres STEM mejoró las actitudes hacia la tecnología y las vocaciones de niñas de 10 a 12 años [10], y Dennehy y Dasgupta demostraron experimentalmente que las mentoras del mismo género incrementan el sentido de pertenencia, la autoeficacia y la permanencia en ingeniería [11]. Dos revisiones —215 estudios de intervención [12] y 32 iniciativas dirigidas a adolescentes [13]— coinciden en que las estrategias más efectivas combinan actividades prácticas, exposición sostenida y modelos de rol femeninos, frente a intervenciones puntuales de bajo impacto. En Latinoamérica, García-Holgado et al. subrayan la necesidad de articular gobiernos, universidades, sector privado y familias [4].

No obstante, persiste la necesidad de estudios que integren, en un mismo diseño, el diagnóstico de los factores que inciden en la vocación STEM con el diseño y la validación de una estrategia replicable. El aporte de esta investigación es triple: (i) articula diagnóstico, diseño y evaluación en lugar de tratarlos por separado; (ii) contextualiza la intervención con una mirada interseccional (zona, sector y nivel socioeconómico); y (iii) vincula universidades, colegios y familias en un modelo sostenido en el tiempo, en contraste con las actividades puntuales de bajo impacto [12], [13].

III. METODOLOGIA

Esta investigación adopta un enfoque metodológico mixto de tipo secuencial (diagnóstico, diseño y validación), con triangulación de fuentes en la fase diagnóstica, que combina técnicas cuantitativas y cualitativas.

A. Población, muestra y criterios: la población objetivo son estudiantes de educación básica y media (grados 4.º a 11.º, edades de 9 a 17 años) de instituciones educativas (oficiales y privadas, urbanas y rurales) del Atlántico. Se empleará un muestreo (por conglomerados estratificado por sector) con una muestra de 60 *estudiantes en cada una de las 20* instituciones. Para la fase cualitativa se seleccionará por criterio a 20 docentes y orientadores escolares, y la recolección concluirá al alcanzar saturación teórica.

- *Criterios de inclusión:* matrícula vigente en los grados definidos, consentimiento informado de los acudientes y asentimiento del estudiante, autorización de las directivas. Para docentes y orientadores, al menos un año de vinculación a la institución.

- *Criterios de exclusión:* cuestionarios con más del 20% de ítems sin responder y participantes sin consentimiento o asentimiento.

B. Instrumentos y validación: La encuesta estructurada evalúa seis dimensiones: conocimiento sobre las ingenierías, intereses académicos, autoeficacia percibida en áreas STEM, influencia familiar, referentes profesionales femeninos y acceso a actividades científicas y tecnológicas. Emplea escala tipo Likert de cinco puntos y preguntas cerradas. Se valida mediante juicio de 3 *expertos (índice de validez de contenido) y una prueba piloto con 10* estudiantes, en la que se estimará la confiabilidad $\geq$ 0,70. El guion de entrevista semiestructurada se someterá a juicio de expertos y a una prueba piloto con 10 docentes.

C. Plan de análisis:

- *Cuantitativo:* estadística descriptiva y comparaciones por sexo y nivel educativo y modelos de regresión logística u ordinal para identificar factores asociados al interés por la ingeniería, reportando tamaños de efecto.

- *Cualitativo:* transcripción textual y análisis temático de las entrevistas.

- *Integración:* los resultados se triangularán mediante una matriz de integración, desagregando por zona, sector y nivel socioeconómico para incorporar la perspectiva interseccional.

D. Revisión documental: se incluirán iniciativas que cumplan los siguientes criterios: (i) desarrolladas por universidades colombianas / latinoamericanas; (ii) dirigidas a estudiantes de educación básica y media; (iii) orientadas al fomento de vocaciones en ingeniería o STEM; (iv) ejecutadas entre [2016 y 2026]; y (v) con información pública suficiente sobre actividades, población y resultados. Las fuentes serán sitios web institucionales, informes de gestión, repositorios y bases de datos (Scopus, SciELO, Redalyc). El análisis se hará con una matriz de categorías (población objetivo, duración y continuidad, tipo de actividades, mentoría con referentes femeninos, articulación con colegios y familias, y resultados reportados), aplicada por dos revisores independientes.

E. Diseño y validación de la estrategia: Los hallazgos de las fases anteriores orientarán una estrategia integrada, sostenida durante 2 semestres académicos con cinco componentes: (1) actividades experimentales prácticas; (2) mentoría con mujeres ingenieras; (3) talleres de innovación; (4) visitas a laboratorios universitarios; y (5) orientación vocacional con enfoque de género, que incluye a las familias. La estrategia se validará en dos etapas: juicio de 3 *expertos en educación en ingeniería y equidad de género, y una implementación piloto en 5* instituciones mediante un diseño cuasiexperimental pre-post con grupo de comparación. Las mediciones se harán en línea base, al finalizar la intervención y en un seguimiento a los 6 meses, con los indicadores de la Tabla III.

El estudio aplica los principios éticos de consentimiento y asentimiento informado, confidencialidad y anonimato, en el marco de la Ley 1581 de 2012 sobre protección de datos personales, y contará con aval del comité de ética de las instituciones.

TABLA I
FASES METODOLOGICAS

Fase	Objetivo	Técnica y población	Análisis
Diagnóstico cuantitativo	Caracterizar conocimiento, intereses y autopercepción de capacidades	Encuesta a estudiantes de básica y media	Descriptivo, comparativo y regresión
Diagnóstico cualitativo	Explorar barreras y facilitadores institucionales	Entrevista semiestructurada a docentes	Análisis temático
Revisión documental	Identificar buenas prácticas ya validadas	Matriz documental de iniciativas de universidades colombianas	Análisis de contenido
Diseño de la intervención	Integrar los hallazgos en una estrategia replicable	Triangulación de resultados (equipo investigador)	Matriz de integración
Validación	Evaluar cambios tras la intervención	Diseño pre-post con grupo de comparación	Comparación de medias y tamaño de efecto

A la fecha, el estudio se encuentra en su fase inicial. Se ha completado la revisión de literatura y la construcción del marco conceptual, y se encuentran en proceso de diseño y validación los instrumentos de recolección de información, que serán sometidos a juicio de expertos y a prueba piloto antes de su aplicación.

TABLA II
RESPUESTAS ESPERADAS SEGÚN LA VARIABLE

Variable	Respuesta esperada
Conocimiento previo sobre la ingeniería	Conocimiento fragmentado, con mayor familiaridad hacia ramas tradicionales [4].
Intereses académicos	Interés similar entre niños y niñas en primaria, con descenso progresivo en niñas hacia la educación media [8].
Percepción de sus capacidades	Menor autopercepción de capacidad matemática y tecnológica en niñas, aun con desempeño académico similar [5].
Influencia familiar	Mayor probabilidad de interés STEM cuando existen referentes familiares en carreras afines [13].
Referentes profesionales femeninas	Baja visibilidad de mujeres ingenieras como referentes cercanos [10].
Acceso a actividades científicas	Menor participación de niñas en actividades STEM extracurriculares (robótica, ferias de ciencia, programación) [12].

TABLA III
INDICADORES PRELIMINARES DE EVALUACIÓN DE LA ESTRATEGIA

Dimensión	Indicador	Instrumento	Momento
Interés vocacional	Puntaje en escala de interés; % que considera la ingeniería como opción	Cuestionario	Pre, post y seguimiento
Autoeficacia STEM	Puntaje en escala de autoeficacia matemática y tecnológica	Cuestionario	Pre y post
Conocimiento de las ingenierías	Puntaje en prueba de conocimiento; ramas identificadas	Prueba breve	Pre y post
Referentes y pertenencia	Percepción de referentes femeninos y sentido de pertenencia	Cuestionario y grupo focal	Pre y post
Participación	Asistencia y permanencia (meta ≥ [80 %])	Registro	Durante

Discusión preliminar: Las hipótesis se sustentan en la SCCT, según la cual la autoeficacia y las expectativas de resultado median entre las experiencias tempranas y el interés vocacional [5]. Si el diagnóstico confirma baja autopercepción de capacidades y poca visibilidad de referentes femeninos, se priorizarán la mentoría y las experiencias de logro, coherentes con [10] y [11]; si las brechas se concentran en el acceso a actividades científicas, se reforzarán las visitas a laboratorios y los talleres. Así, el diagnóstico determinará el peso relativo de cada componente y no solo su inclusión.

Se esperan como resultados: (i) la caracterización de los factores individuales, familiares e institucionales que influyen en la vocación por la ingeniería; (ii) un inventario sistematizado de iniciativas universitarias exitosas; y (iii) un modelo de intervención integrado, evaluado y adaptable a otras instituciones de Latinoamérica y el Caribe, que oriente decisiones institucionales y de política pública en equidad de género en la educación STEM, en línea con el ODS 5 [3].

IV. CONCLUSIONES

El fortalecimiento de las vocaciones por la ingeniería en niñas y jóvenes requiere estrategias basadas en evidencia, que combinen el diagnóstico riguroso de los factores que inciden en la elección profesional con intervenciones sostenidas, tempranas y contextualizadas a la realidad latinoamericana.

La revisión de literatura confirma que las intervenciones más efectivas integran exposición práctica a la ingeniería, acompañamiento por referentes femeninos y continuidad en el tiempo, y que la región cuenta con experiencias institucionales sobre las cuales es posible construir.

Las siguientes etapas comprenden la validación de los instrumentos, la aplicación de la encuesta y las entrevistas, el análisis
de los datos y la implementación piloto de la estrategia con los indicadores propuestos. Una limitación prevista es que los resultados provendrán de instituciones de [región], por lo que su generalización requerirá adaptaciones y estudios posteriores, que se socializarán en una versión extendida de este trabajo.

REFERENCIAS

[1] UNESCO Oficina Regional de Ciencias para América Latina y el Caribe, *Reduciendo la brecha de género en STEM en América Latina: ¿Pasando a la acción?*, Montevideo, Uruguay: UNESCO, 2020.

[2] BASF en Colombia, *Solo 3 de cada 10 estudiantes de ingeniería en Colombia son mujeres: El reto de cerrar la brecha desde la niñez*, Bogotá, BASF, 2026.

[3] ONU Mujeres and UNESCO, *Las mujeres en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) en América Latina y el Caribe*, Ciudad de Panamá, Panamá: ONU Mujeres, 2020.

[4] A. García-Holgado, A. Camacho Díaz, and F. J. García-Peñalvo, "La brecha de género en el sector STEM en América Latina: una propuesta europea," in *Actas del V Congr. Int. sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2019)*, Zaragoza, España, 2019, pp. 704-709.

[5] R. W. Lent, S. D. Brown, and G. Hackett, "Toward a unifying social cognitive theory of career and academic interest, choice, and performance," *J. Vocat. Behav.*, vol. 45, no. 1, pp. 79-122, 1994.

[6] A. Bandura, *Self-Efficacy: The Exercise of Control*. New York, NY, USA: W. H. Freeman, 1997.

[7] J. S. Eccles and A. Wigfield, "Motivational beliefs, values, and goals," *Annu. Rev. Psychol.*, vol. 53, no. 1, pp. 109-132, 2002.

[8] C. Blickenstaff, "Women and science careers: Leaky pipeline or gender filter?," *Gender and Educ.*, vol. 17, no. 4, pp. 369-386, 2005.

[9] K. Crenshaw, "Mapping the margins: Intersectionality, identity politics, and violence against women of color," *Stanford Law Rev.*, vol. 43, no. 6, pp. 1241-1299, 1991.

[10] M. Guenaga, A. Eguíluz, P. Garaizar, and A. Mimenza, "The impact of female role models leading a group mentoring program to promote STEM vocations among young girls," *Sustainability*, vol. 14, no. 3, art. 1420, 2022.

[11] T. C. Dennehy and N. Dasgupta, "Female peer mentors early in college increase women's positive academic experiences and retention in engineering," *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, vol. 114, no. 23, pp. 5964-5969, 2017.

[12] M. Sáinz, S. Fàbregues, M. J. Romano, and B.-S. López, "Interventions to increase young people's interest in STEM. A scoping review," *Front. Psychol.*, vol. 13, art. 954996, 2022.

[13] E. Prieto-Rodriguez, K. Sincock, and K. Blackmore, "STEM initiatives matter: Results from a systematic review of secondary school interventions for girls," *Int. J. Sci. Educ.*, vol. 42, no. 7, pp. 1144-1161, 2020.