

Applied research with a territorial approach, a project-based pedagogical methodology

Tommy Vallejo-López, Oscar Jaime Restrepo-Baena & Jorge I. Tobón

Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Minas, Medellín, Colombia. tvallejol@unal.edu.co, ojrestre@unal.edu.co, jitobon@unal.edu.co

Received: June 24th, 2025. Received in revised form: September 25th, 2025. Accepted: November 21st, 2025.

Abstract

In this article is presented a pedagogical methodology of applied research with a territorial approach, implemented in engineering programs at the Universidad Nacional de Colombia. Faced with the persistent gap between theoretical training and the practical competencies in demand, a Project-Based Learning (PBL) or “learning by doing” model was designed, which uses real problems from the local and national context as the axis of the educational process. The methodology was developed through an action-research cycle, involving more than 300 undergraduate and graduate students. The results demonstrate a significant impact on student motivation, social knowledge appropriation, and the development of research competencies. A bank of over 30 case studies aligned with the Sustainable Development Goals (SDG) and a pedagogical guide for the model's replicability were generated. It is concluded that the territorial anchoring of PBL not only strengthens technical training but also promotes engineering with greater social responsibility and capacity for sustainable development.

Keywords: project-based learning; territorial approach; engineering education; action-research; integral formation.

Investigación aplicada con enfoque territorial, una metodología pedagógica basada en proyectos

Resumen

Este artículo presenta una metodología pedagógica de investigación aplicada con enfoque territorial, implementada en programas de ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia. Ante la brecha persistente entre la formación teórica y las competencias prácticas demandadas, se diseñó un modelo de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) o “aprender haciendo”, que utiliza problemáticas reales del contexto local y nacional como eje del proceso formativo. La metodología se desarrolló mediante un ciclo de investigación-acción, involucrando a más de 300 estudiantes. Los resultados demuestran un impacto significativo en la motivación estudiantil, la apropiación social de conocimiento y el desarrollo de competencias para la investigación. Se generó un banco con más de 30 casos de estudio alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y una guía pedagógica para la replicabilidad del modelo. Se concluye que el anclaje territorial del ABP no solo fortalece la formación técnica, sino que promueve una ingeniería con mayor responsabilidad social y capacidad para el desarrollo sostenible.

Palabras clave: aprendizaje basado en proyectos; enfoque territorial; educación en ingeniería; investigación-acción; formación integral.

1 Introducción

La formación de ingenieros íntegros en el siglo XXI enfrenta el reto fundamental de superar la disociación entre el conocimiento teórico impartido en el aula de clase y las habilidades prácticas requeridas en un ámbito profesional dinámico y complejo [1]. Esta brecha es particularmente

crítica en contextos latinoamericanos, donde los ingenieros deben ser capaces de actuar como mediadores entre el conocimiento científico-técnico y las realidades sociales, económicas y ambientales de sus territorios [2,3].

La educación tradicional a menudo centrada en la transmisión de conocimiento teórico, suele ser abstracta en su forma de presentación y oratoria, ésta, ha demostrado ser

insuficiente para preparar profesionales con la capacidad de innovar y proponer soluciones contextualizadas técnico socialmente [1,4]. La rápida evolución tecnológica y las cambiantes necesidades del mercado exigen un enfoque educativo que vaya más allá de lo teórico, capacitando a los estudiantes con habilidades aplicadas para enfrentar desafíos reales [1,5], partiendo del conocimiento del territorio, de los desafíos, de las problemáticas internas y de las variables externas que afectan a la comunidad.

Como respuesta a este desafío - oportunidad, este artículo presenta el diseño, la implementación y los resultados de una metodología de “aprender haciendo”, una modalidad del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), enriquecida con el enfoque territorial, el cual aterriza situaciones del contexto nacional ante la perspectiva de la asignatura específica según sea el caso de aplicación.

Esta estrategia pedagógica sitúa al estudiante como protagonista de su proceso de aprendizaje, enfrentándolo a la resolución de problemas auténticos y relevantes para la comunidad [1,6]. El anclaje territorial, inspirado en los principios de la Educación Basada en el Lugar (Place-Based Education), utiliza el entorno local como un laboratorio vivo, lo que garantiza no solo la pertinencia del aprendizaje sino también su potencial impacto social [7, 8], lo que genera una trascendencia en la ingeniería, aportando desarrollo conceptual, analítico y metodológico al estudiante, futuro ingeniero o ingeniero profesional, quien es a su vez ciudadano, y quien a su vez es un ser humano racional, consciente de los múltiples desafíos que enfrenta el desarrollo territorial, no ajeno al individuo. Al conectar el currículo con la cultura, la geografía y las problemáticas locales, se fomenta una comprensión más profunda y un mayor compromiso por parte del estudiante [9,10].

La pertinencia de esta propuesta se ve reforzada por su alineación estratégica con directrices institucionales, como el Plan Global de Desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia; nacionales, como el Plan Nacional de Desarrollo; e internacionales, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [1]. Esta alineación no es una mera justificación administrativa; funciona como un eje pedagógico central que enmarca los problemas de ingeniería no como ejercicios abstractos, sino como actos de responsabilidad cívica y profesional. Al exigir que los casos de estudio aborden directamente estos marcos, la metodología obliga a los estudiantes a trascender la solución puramente técnica y a considerar las complejas implicaciones socioeconómicas y ambientales de su trabajo.

De este modo, el enfoque territorial se convierte en el mecanismo que traduce políticas macro en proyectos de ingeniería tangibles a nivel micro, enseñando a los futuros profesionales y profesionales activos, a operar como agentes activos del desarrollo desde el individuo hacia la sociedad. La literatura académica respalda sólidamente el ABP como un medio eficaz para desarrollar competencias críticas, analíticas y de colaboración [11,12], mientras que la investigación-acción se establece como el marco metodológico idóneo para la innovación pedagógica en contextos universitarios [13,14].

En virtud de esta premisa, el objetivo de este trabajo es describir y analizar el diseño, la implementación y los

resultados de esta metodología pedagógica, tomando como caso de estudio la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

A través de la evidencia recopilada, se busca demostrar su impacto en la formación integral de los estudiantes y proponer un modelo robusto y replicable que pueda contribuir a la necesaria transformación de la educación en ingeniería, preparándola para los desafíos del presente y del futuro.

2 Diseño de la metodología pedagógica

2.1 Fundamento teórico: el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) con anclaje territorial

La metodología se fundamenta en el principio del “aprender haciendo” (learning by doing), una filosofía educativa que postula que el aprendizaje más significativo y duradero ocurre cuando los individuos se involucran activamente en la experiencia [1,15]. Este principio, articulado por pensadores como John Dewey, sostiene que la educación debe ser un proceso de experimentación y prueba, no de mera absorción de información [1,8], es decir, que resulta valioso que el estudiante se vea inmerso en prácticas extramurales que acrediten la validación de su conocimiento, estando en el territorio, percibiendo según el contexto de su profesión, sus posibilidades de aporte, desde la ingeniería, hacia los territorios.

Dentro de este marco, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) emerge como la estrategia central, donde los estudiantes trabajan de manera colaborativa durante un período extendido para investigar y responder a un problema o desafío complejo y auténtico [6,16] de origen locativo y con contexto fundamentado en la ingeniería. El proyecto se convierte en el vehículo para el aprendizaje, permitiendo la integración de teoría y práctica y el desarrollo de habilidades de resolución de problemas, pensamiento crítico y colaboración conjunta intersectorial [11,17].

La innovación clave de esta propuesta radica en la incorporación de un enfoque territorial explícito. Este enfoque va más allá de utilizar simples ejemplos locales; implica un compromiso pedagógico profundo que integra las dimensiones geográficas, culturales, socioeconómicas y políticas del lugar como componentes esenciales del proceso de aprendizaje [1,18]. Se alinea con los principios de la Educación Basada en el Lugar (Place-Based Education - PBE), que conecta el programa con las comunidades y los entornos locales para fomentar la audacia estudiantil temprana (desde semestres iniciales), el compromiso cívico y una comprensión contextualizada del conocimiento [7,10].

La sinergia entre ABP y el enfoque territorial crea un ciclo virtuoso, en primer lugar, los problemas reales del territorio motivan un aprendizaje profundo y auténtico (ABP), y adquirido este insumo, este aprendizaje se orienta a generar soluciones que tengan un impacto positivo y perdurable en ese mismo territorio. Este modelo busca, en esencia, formar ingenieros “para la vida y el entorno”, formando una relación tripartita, entre la Universidad, la Empresa y la Sociedad [1].

2.2 Metodología de implementación

2.2.1 La Investigación-Acción Pedagógica

La implementación del proyecto no fue un evento estático, sino un proceso dinámico y reflexivo estructurado bajo el enfoque de la Investigación-Acción. Este lineamiento es intrínsecamente participativo y rotativo o cíclico, combinando la acción (implementar la metodología pedagógica) con la reflexión sistemática (evaluar y mejorar continuamente la práctica) [14,19]. Es particularmente adecuado para la innovación educativa en la enseñanza superior, ya que permite a los docentes convertirse en investigadores de su propia práctica, generando conocimiento contextualizado [20,21] y creando nuevos aportes e ideas que pueden contribuir al cambio auténtico de las condiciones actuales de los territorios según su contexto.

La intervención se llevó a cabo en un amplio espectro de asignaturas de pregrado y posgrado de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. La población objetivo incluyó a más de 300 estudiantes de cursos tan diversos como “Rocas y Minerales en la Industria”, “Fundamentos de Proyectos en Ingeniería”, “Seminario de Investigación”, “Tópicos Especiales en Minería”, “Metalurgia extractiva”, entre otros. Esta diversidad de contextos académicos y niveles de formación de las distintas ingenierías, demuestra la flexibilidad y la robustez de la metodología, que pudo ser adaptada a diferentes áreas del conocimiento en ingeniería.

El proceso siguió los ciclos iterativos característicos de la investigación-acción, como se detalla en la Tabla 1. Cada ciclo permitió ajustar y perfeccionar el modelo pedagógico basándose en la evidencia recopilada directamente de la experiencia de estudiantes y docentes.

Tabla 1.
Fases y Actividades de la Metodología de Investigación-Acción.

Fase	Objetivo de la Fase	Actividades Clave
Planificación	Definir el marco de trabajo y los instrumentos pedagógicos.	Diseño de la guía pedagógica, desarrollo de talleres de ideación y delimitación de problemas, conformación de equipos de trabajo, revisión bibliográfica.
Acción (Implementación)	Aplicar la metodología de ABP con enfoque territorial en el aula.	Desarrollo de proyectos de investigación aplicada por parte de los estudiantes, seguimiento quincenal y tutorías por parte del equipo docente.
Observación (Evaluación)	Recolectar evidencia cuantitativa y cualitativa del impacto.	Aplicación de encuestas de percepción, observación directa en el aula, análisis de los entregables de los proyectos (informes, prototipos).
Reflexión (Perfeccionamiento)	Analizar los resultados para ajustar y mejorar el modelo.	Análisis estadístico de encuestas, discusión cualitativa de resultados con docentes y estudiantes, refinamiento de la guía pedagógica para ciclos futuros.

Fuente: Elaboración propia a partir de [1].

2.3 Instrumentos para la implementación y sistematización

Dos instrumentos fueron fundamentales para la ejecución y la sistematización de la experiencia: el banco de casos de estudio y la guía pedagógica.

El banco de casos de estudio se consolidó como un resultado tangible del aprendizaje estudiantil, superando la meta inicial de 5 para llegar a más de 30 proyectos formulados. Este banco no es únicamente un repositorio, sino un instrumento pedagógico dinámico. Su creación se facilitó a través de talleres estructurados, que guiaron a los estudiantes en el proceso de identificar un problema relevante en su entorno, delimitar su alcance, formular objetivos claros y relacionarlo con su formación académica y los ODS. Los casos abarcaron líneas temáticas estratégicas como energía, aguas, infraestructura, minería, comunidad y apropiación social del conocimiento, demostrando la amplia aplicabilidad de la metodología.

La Guía Pedagógica de Investigación representa el principal producto de sistematización del conocimiento pedagógico generado. Su estructura está diseñada para funcionar como una herramienta de escalera, cada peldaño es un paso del cómo dar el siguiente, del cómo aplicar este conocimiento adquirido, proporcionando a los estudiantes un itinerario claro para “aprender a investigar” de manera autónoma. La guía abarca todo el proceso investigativo, desde la planificación (elección y delimitación del tema, formulación de problemas y objetivos) y la construcción del marco teórico, hasta la ejecución metodológica, la discusión de resultados y las recomendaciones para la comunicación científica. La existencia de esta guía es un elemento crucial para la sostenibilidad y escalabilidad de la innovación. Al sistematizar el “cómo hacer” de la metodología, se transforma una intervención exitosa pero focalizada, dependiente de sus impulsores originales, en un modelo pedagógico institucional que puede ser transferido y adoptado por otros docentes y universidades, asegurando así su perdurabilidad, su escalamiento, y ampliando su impacto más allá del contexto inicial del proyecto.

3 Resultados de la implementación

La aplicación de la metodología de ABP con enfoque territorial generó resultados significativos en múltiples dimensiones, abarcando desde la percepción y el compromiso de los estudiantes hasta la producción de conocimiento aplicado y su profundización en la comunidad académica.

3.1 Impacto en la percepción y el compromiso estudiantil

Los datos recopilados a través de una encuesta pedagógica aplicada al finalizar la intervención revelan un impacto marcadamente positivo en la comunidad estudiantil. Los resultados, sintetizados en la Tabla 2, muestran un alto grado de valoración de la investigación como componente clave de la formación profesional.

Tabla 2.
Síntesis de Resultados de la Encuesta de Percepción Estudiantil

Indicador de Percepción	Resultado Cuantitativo (% de Acuerdo/Interés)	Implicación Pedagógica
La investigación fortalece el perfil académico y profesional.	97%	La metodología conecta el aprendizaje con la empleabilidad y el desarrollo de carrera, respondiendo a una necesidad sentida por los estudiantes.
La investigación es importante para la apropiación de conocimiento.	95%	El ABP es percibido por los estudiantes como un método de aprendizaje profundo y efectivo, en contraste con enfoques más pasivos, como la oratoria tradicional de clase.
Considera importante abordar temas de investigación en el aula.	95%	Existe una demanda estudiantil por integrar la investigación en el currículo regular, validando la pertinencia del modelo propuesto.
Interés en participar en eventos de socialización de la investigación.	98%	La metodología no solo desarrolla habilidades, sino que también genera entusiasmo y deseo de participar en la comunidad investigativa.
Participación previa en grupos de investigación.	35%	La estrategia funciona como una vía de iniciación a la investigación altamente efectiva, alcanzando a una mayoría de estudiantes (65%) que no se involucraban previamente.

Fuente: Elaboración propia a partir de las conclusiones del análisis estadístico.

El análisis de estos datos revela una dinámica fundamental: si bien la mayoría de los estudiantes (65%) no había tenido una participación formal previa en semilleros o grupos de investigación, una mayoría (95%) considera crucial que estos temas se aborden directamente en las asignaturas del plan de estudios. Esto sugiere que el proyecto logró abrir una puerta de acceso a la cultura investigativa para una amplia base estudiantil que, de otro modo, podría percibir la investigación como una actividad ajena o reservada para unos pocos. La metodología, por tanto, no solo enseña a investigar, sino que despierta el interés y la oportunidad de hacerlo desde el aula tradicional.

3.2 Producción de conocimiento aplicado: el banco de proyectos

Un resultado tangible y directo del aprendizaje estudiantil fue la consolidación de un robusto banco de proyectos, que superó inclusive la meta inicial. Se obtuvieron más de 30 participaciones formales que dieron cuerpo a un documento de 183 páginas con casos de estudio. Este logro cuantitativo es un indicador del alto nivel de compromiso y productividad que la metodología es capaz de generar.

Más allá de la cantidad, la calidad y diversidad de los proyectos demuestran la eficacia del enfoque territorial. Los

estudiantes abordaron problemáticas reales y pertinentes para el contexto colombiano, enmarcadas en líneas temáticas estratégicas como energía, gestión del agua, infraestructura sostenible, desarrollo comunitario y buenas prácticas de ingeniería. Estos proyectos no fueron meros ejercicios académicos, sino verdaderos intentos de aplicar el conocimiento de la ingeniería para proponer soluciones a desafíos concretos, alineados con los ODS y los planes de desarrollo nacionales.

3.3 Socialización y diseminación del conocimiento

El proyecto buscó activamente la validación y diseminación de sus resultados en la comunidad académica y profesional. Se logró una participación destacada en eventos de alto impacto para la educación en ingeniería, como el Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería (EIEI) ACOFI 2024 y el III Coloquio Tecnología, Ingeniería y Sociedad, alcanzando a una audiencia combinada de más de 1000 personas.

La presentación de una ponencia en el EIEI ACOFI 2024, el foro más importante de educación en ingeniería en Colombia, representa una validación externa por pares académicos del más alto nivel. Esta socialización cumple un doble propósito: por un lado, contribuye al campo de la pedagogía en ingeniería compartiendo una experiencia exitosa y, por otro, somete el trabajo a un escrutinio riguroso, completando así el ciclo de la investigación-acción. Adicionalmente, se produjeron y distribuyeron materiales de divulgación como un póster científico y contenido digital, asegurando un alcance más amplio de los hallazgos del proyecto.

4 Discusión analítica

La interpretación de los resultados, a la luz de la pregunta de investigación y el marco teórico, permite extraer conclusiones robustas sobre la eficacia y las implicaciones de la metodología implementada. El alto compromiso estudiantil, la producción de casos de estudio y la validación en foros académicos indican que la implementación del “aprender haciendo” con enfoque territorial tiene un impacto positivo y medible en la calidad y eficacia de la formación integral del ingeniero, que produce iniciativas basadas en el contexto, y que las materializa acorde a su nivel de aprendizaje y de conocimiento, en continuo crecimiento.

Los hallazgos del proyecto confirman y enriquecen las teorías del Aprendizaje Basado en Proyectos. Se evidencia que el aprendizaje es más profundo y duradero cuando es activo, contextualizado y se centra en la resolución de problemas auténticos [6,16,22]. La experiencia demuestra que cuando los estudiantes se enfrentan a un desafío real y relevante, su motivación intrínseca aumenta, lo que se traduce en un mayor esfuerzo y una apropiación más significativa de los conceptos teóricos, que dejan de ser abstractos para convertirse en herramientas para la acción [1,23], la cual resulta provechosa y beneficiosa para el profesional, para la academia, la empresa y el entorno.

El “enfoque territorial” se revela como una manifestación práctica y poderosa de la Educación Basada en el Lugar

(PBE). Al anclar los proyectos en la comunidad local, se incrementa exponencialmente la relevancia del aprendizaje [7,9]. Los proyectos desarrollados por los estudiantes, al abordar problemas locales alineados con los ODS, son un ejemplo directo del principio “actuar localmente, pensar globalmente”, preparando a los futuros profesionales para comprender que la ingeniería es una práctica inherentemente social. Este enfoque responde directamente a los desafíos de la educación superior en Latinoamérica, que demanda una mayor conexión con las necesidades sociales y una formación que promueva la innovación y la adaptabilidad [5,24,25].

La metodología implementada contribuye de manera decisiva a la “formación integral” del ingeniero, un concepto que trasciende la mera competencia técnica [2,3,26]. Al trabajar en proyectos territoriales, los estudiantes se ven obligados a desarrollar un conjunto de habilidades transversales: pensamiento crítico para analizar problemas complejos, creatividad para proponer soluciones innovadoras, comunicación efectiva para interactuar con

diferentes actores, y trabajo en equipo para integrar conocimientos multidisciplinarios [27,28]. Fundamentalmente, desarrollan una conciencia ética y una responsabilidad social al confrontar las implicaciones humanas y ambientales de sus decisiones de diseño en ingeniería. El modelo de trabajo intersectorial que se promueve (universidad-empresa-territorio) es un reflejo de esta formación integral en acción, preparando profesionales capaces de dialogar y construir soluciones en contextos reales.

Para asegurar la rigurosidad en la evaluación de estos proyectos complejos, es crucial contar con instrumentos adecuados. La Tabla 3 presenta una rúbrica sugerida que formaliza los criterios de evaluación implícitos en la metodología, proporcionando una herramienta práctica y adaptable para otros educadores. Este tipo de instrumento es esencial para guiar a los estudiantes y para realizar una evaluación formativa propositiva que valore tanto el proceso como el producto concluido [29-31].

Tabla 3.

Rúbrica sugerida para la evaluación de proyectos con enfoque territorial

Criterio de Evaluación	Insuficiente (1)	Básico (2)	Avanzado (3)	Sobresaliente (4)
1. Pertinencia y Delimitación del Problema Territorial	El problema no es relevante para el contexto territorial o está pobremente definida.	El problema es relevante pero su delimitación es ambigua y carece de justificación con datos.	El problema está bien delimitado y su relevancia se justifica, mostrando una buena comprensión del contexto.	El problema está claramente delimitado, demuestra una profunda comprensión de las complejidades del contexto y su relevancia está sólidamente justificada con datos locales y alineación con planes de desarrollo.
2. Rigor en la Aplicación del Marco Teórico y Metodológico	No se aplica un marco teórico o metodológico adecuado. Hay errores conceptuales graves.	Se aplica un marco teórico básico, pero con imprecisiones. La metodología es simple y poco detallada.	Se aplica un marco teórico y metodológico adecuado con rigor. La selección de métodos es pertinente.	Se demuestra un dominio excepcional del marco teórico, integrando diversas fuentes. La metodología es robusta, innovadora y perfectamente alineada con los objetivos.
3. Calidad y Viabilidad de la Solución de Ingeniería Propuesta	La solución propuesta no es técnicamente funcional o es inviable.	La solución es funcional a nivel conceptual, pero presenta debilidades técnicas o de viabilidad significativas.	La solución es técnicamente sólida, viable y responde adecuadamente al problema planteado.	La solución es técnicamente sólida, viable, creativa y demuestra un alto grado de innovación, considerando restricciones realistas.
4. Análisis del Impacto Social y Ambiental (Conexión con ODS)	No se consideran los impactos sociales o ambientales de la solución.	Se mencionan los impactos de forma superficial, sin un análisis profundo ni conexión clara con los ODS.	Se realiza un análisis adecuado de los principales impactos sociales y ambientales, con una conexión explícita a los ODS.	Se realiza un análisis exhaustivo y crítico de los impactos, considerando múltiples actores y dimensiones, y se proponen medidas de mitigación o potenciación bien fundamentadas.
5. Colaboración y Comunicación del Equipo	El trabajo en equipo es deficiente. La comunicación de los resultados es confusa e ineficaz.	Hay evidencia de trabajo en equipo, pero con roles poco claros. La comunicación es comprensible pero poco profesional.	El equipo trabaja de forma colaborativa y organizada. La comunicación de los resultados es clara y profesional.	El equipo demuestra una sinergia excepcional, con roles claros y una gestión eficaz del proyecto. La comunicación es persuasiva, profesional y adaptada a diferentes audiencias.
6. Robustez técnica y desarrollo en ingeniería	El trabajo es poco explicativo, sin objetivos claros y con bajo rigor de desarrollo técnico	Hay evidencia de objetivos claros, pero con deficiencias a nivel de diseño en ingeniería, baja profundización técnica	Objetivos claros con alcance definido, con diseño de ingeniería básica, localización y tamaño.	Trabajo multidimensional aplicado, objetivos y alcance definidos, ingeniería de detalle, prototipado y solidez técnica.

Fuente: Elaboración propia a partir de los principios de evaluación en ABP y los objetivos del proyecto [1,23,31].

Finalmente, es necesario abordar de forma crítica las limitaciones del proyecto. La limitación de disponibilidad

profesional para asesorías expertas en el área resalta un desafío institucional recurrente: la necesidad de estructuras

de apoyo más sólidas y ágiles para la innovación pedagógica docente. Este tipo de iniciativas, aunque exitosas, a menudo dependen del sobreesfuerzo de los profesores proponentes, lo que limita su sostenibilidad a largo plazo.

5 Conclusiones y recomendaciones

El presente estudio demuestra que la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos con un explícito enfoque territorial es una estrategia pedagógica de alto impacto para la educación en ingeniería. Se confirma que este modelo es eficaz para reducir la brecha entre la formación teórica y la práctica profesional, promoviendo un aprendizaje significativo que se ancla en la resolución de problemas reales y pertinentes. La implementación de esta metodología desarrolla competencias técnicas y de investigación, y también fomenta habilidades transversales indispensables como el pensamiento crítico, la colaboración conjunta, el trabajo en equipo y una profunda conciencia ética y social en los futuros ingenieros.

Se concluye que la metodología impacta positivamente la formación integral de los estudiantes al aumentar de manera demostrable su motivación y compromiso, mejorar la apropiación de conocimientos complejos a través de su aplicación directa, y alinear la educación superior con los desafíos concretos del desarrollo sostenible a nivel local, nacional y global. El proyecto ha logrado transformar el aula en un espacio de co-creación de conocimiento, donde los estudiantes no solo aprenden ingeniería, sino que aprenden a ser ingenieros responsables y agentes de cambio en sus territorios.

Con base en estos hallazgos, se formulan las siguientes recomendaciones:

Para Instituciones de Educación Superior: Es imperativo fomentar la adopción institucional de pedagogías activas y contextualizadas como el ABP con enfoque territorial. Esto requiere ir más allá del apoyo a iniciativas aisladas y crear estructuras permanentes de soporte a la innovación docente, que ofrezcan formación, recursos y reconocimiento a los profesores que lideran estos procesos de transformación.

Para Docentes e Investigadores: Se recomienda utilizar la “Guía Pedagógica de Investigación” como un recurso práctico y adaptable para implementar este modelo en diversas asignaturas y disciplinas. Es crucial promover la colaboración interdisciplinaria para abordar la complejidad de los problemas territoriales, enriqueciendo el aprendizaje de los estudiantes con múltiples perspectivas.

Como líneas de investigación futura, se sugiere realizar estudios longitudinales para evaluar el impacto a largo plazo de esta metodología en la trayectoria profesional y el desempeño laboral de los egresados. Asimismo, resulta pertinente explorar la adaptación y aplicación de este modelo en otros contextos disciplinares y geográficos, tanto en Colombia como en otras regiones de Latinoamérica. Para así entonces, continuar trabajando en el desarrollo y validación de instrumentos de evaluación robustos, como la rúbrica propuesta, que permitan medir de manera fiable el desarrollo de competencias transversales complejas, como la responsabilidad social y el pensamiento sistémico, que son el corazón de una formación ingenieril verdaderamente integral.

Referencias

- [1] Aburto, P., Reflexiones sobre la Metodología de Aprender haciendo, una guía para los profesores y un acercamiento a los escenarios de aprendizajes, Managua, UNAN-Managua, 2018.
- [2] Aiello-Sindoni, M., Dificultades en el aprendizaje de la metodología de la investigación, Magis, Revista Internacional de Investigación en Educación, 2(4), pp. 141-155, 2009.
- [3] Alarcón, L., Estrategias metodológicas creativas para potenciar los estilos de aprendizaje, San Gregorio, 2021.
- [4] Álvarez-de Zayas, C.M. y Sierra-Lombardía, V., Metodología de la investigación científica, Cochabamba, Grupo Editorial Kipus, 2019.
- [5] Ardoin, N.M., Toward an interdisciplinary understanding of place: Lessons for environmental education, Canadian Journal of Environmental Education, 11(1), pp. 112-126, 2006.
- [6] Barret, T., Understanding problem-based learning, in: Barret, T., Mac Labhrainn, I. and Fallon, H., Eds., Handbook of enquiry and problem-based learning, Galway, CELT, 2005, pp. 13-25.
- [7] Barrows, H.S., A taxonomy of problem-based learning methods, Medical Education, 20(6), pp. 481-486, 1986.
- [8] Blumenfeld, P.C., Soloway, E., Marx, R.W., Krajcik, J.S., Guzdial, M., and Palincsar, A., Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning, Educational Psychologist, 26(3-4), pp. 369-398, 1997.
- [9] De Vincenzi, A., Diseño de rúbricas analíticas para la evaluación formativa de competencias en ciencias informáticas, EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa, (80), pp. 198-214, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21556/edutec.2022.80.2425>
- [10] Delgado, A., and Romero, I., Environmental conflict analysis using an integrated grey clustering and entropy-weight method: a case study of a mining project in Peru, Environmental Modelling and Software, 77, pp. 108-121, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.12.011>
- [11] Escribano, A. y Del Valle, A., El aprendizaje basado en problemas: una propuesta metodológica en educación superior, Madrid, Narcea Ediciones, 2008.
- [12] Estrada, O., et al., El sistema de habilidades en la formación del tecnólogo de la carrera de Mecanización Agropecuaria, Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 24(1), pp. 58-63, 2015.
- [13] Fals-Borda, O., La investigación acción participativa: aporte de Fals Borda a la educación popular, Espacio Abierto, 17(4), pp. 615-627, 2008.
- [14] Fawcett, S.B., Seekins, T., Whang, P.L., Muir, C., and Suárez-Balcázar, Y., The concerns report: a strategy for needs assessment and citizen participation, Lawrence, KS, University of Kansas, USA, 1982.
- [15] Freire, P., Pedagogy of the oppressed, Herder and Herder, New York, USA, 1970.
- [16] Glasson, G.E., Mhango, N., Phiri, A., and Lanier, M., Sustainability science education in Africa: an analysis of case studies of inquiry-based learning in Malawi, International Journal of Science Education, 32(14), pp. 1837-1856, 2010.
- [17] Gruenewald, D.A., The best of both worlds: a critical pedagogy of place, Educational Researcher, 32(4), pp. 3-12, 2003.
- [18] Hernández, F. y Maquilón, J.J., El proceso de investigación. Del problema al informe de investigación, en: Hernández, F., Colás, M.P. y Buendía, L., Coords., Competencias científicas para la realización de una tesis doctoral, La Coruña, Davinci Continental, 2010, pp. 31-55.
- [19] Hernández-Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista, P., Metodología de la Investigación, McGraw Hill, México D.F., México, 2018.
- [20] Hoyles, C. and Noss, R., What can digital technologies take from and bring to research in mathematics education?, en: Bishop, A.J. et al., Eds., Second International Handbook of Mathematics Education, Dordrecht, Kluwer Academic, 2003, pp. 323-349. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-010-0273-8_11
- [21] Jennings, N., Swidler, S., and Koliba, C., Place-based education in the standards-based reform era—conflict or complement?, American Journal of Education, 112(1), pp. 44-65, 2005.
- [22] Leaman-Hasbún, S.D. y Cárcamo-ásquez, H.G., Investigación acción participativa: vinculación con la epistemología del sujeto conocido, desarrollo histórico y análisis de sus componentes, Espacio Abierto, 30(3), pp. 145-168, 2021.
- [23] Lewin, K., Action research and minority problems, Journal of Social Issues, 2(4), pp. 34-46, 1946.

- [24] Londoño, O.L., Maldonado, L.P. y Calderón, L.C., Guía para construir estados del arte, Bogotá, International Corporation of Networks of Knowledge, 2014.
- [25] Marín, S.A., Apropiación social del conocimiento: una nueva dimensión de los archivos, *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 35(1), pp. 55-62, 2012.
- [26] Molina, A., La competencia profesional en el ingeniero del nuevo milenio, *Ingeniería y Desarrollo*, (9), pp. 60-71, 2001.
- [27] Monereo, C., Castelló, M., Clariana, M., Palma, M. y Pérez, M.L., Estrategias de enseñanza y aprendizaje, Graó, Barcelona, España, 1999.
- [28] Montoya-Suárez, L.M., Enfoque integral del ingeniero del siglo XXI: una revisión de la literatura, *Revista CEA*, 5(10), pp. 11-30, 2019. DOI: <https://doi.org/10.22430/24223182.1309>
- [29] Norton, L., Action research in teaching and learning: a practical guide to conducting pedagogical research in universities, 2nd ed., Routledge, Abingdon, UK, 2018.
- [30] Restrepo-Gómez, B., La investigación-acción educativa y la construcción de saber pedagógico, *Educación y Educadores*, (7), pp. 45-55, 2002.
- [31] Rulifson, G., McClelland, C.J. and Battalora, L.A., Project-based learning as a vehicle for social responsibility and social justice in engineering education, *Proceedings of ASEE Annual Conference and Exposition*, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18260/1-2--30902>
- [32] Kellar, J.J., et al., The development of a creative and analytical (C&A) thinking program for engineering students, *International Journal of Gender, Science and Technology*, 7(2), pp. 178-193, 2015.
- [33] Kolb, D.A., *Experiential learning: experience as the source of learning and development*, Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1984.
- [34] Sánchez-Bolívar, G., El área socio-humanística y la formación integral del ingeniero, *Ingeniería e Investigación*, (23), pp. 20-25, 1991.
- [35] Sayago, Z.B. y Chacón, M.A., Las prácticas evaluativas en la escuela básica: de la concepción a la acción, *Educere*, 10(34), pp. 433-442, 2006.
- [36] Schank, R.C., *Teaching minds: How cognitive science can save our schools*, Teachers College Press, New York, USA, 2012.
- [37] Smith, G.A. y Sobel, D., *Place- and community-based education in schools*, Routledge, New York, USA, 2010.
- [38] Tamayo y Tamayo, M., *Aprende a investigar*, 3^{ra} ed., Bogotá, ICFES, 1999.
- [39] Vargas, A., Hernandez, L. y Aguilar, A., Exploración de competencias generales del ingeniero industrial administrador requeridas por empleadores, *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 28 (52), pp. 65-80, 2019.

T. Vallejo-López, es Ing. Ingeniero de Minas y Metalurgia, estudiante de la Maestría en Ingeniería de Recursos Minerales y joven investigador en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia. Es miembro del grupo de investigación ÍGNEA - CEMATCO y ha participado activamente en el desarrollo e implementación del proyecto de investigación aplicada con enfoque territorial.

ORCID: 0009-0001-0312-9008

O.J. Restrepo-Baena, es PhD., Profesor Titular en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, adscrito al Departamento de Materiales y Minerales e investigador senior de MinCiencias. Dirige el grupo de investigación ÍGNEA, enfocados en minería y la ciencia de materiales y su aplicación industrial, así como en la innovación pedagógica para la formación de ingenieros.

ORCID: 0000-0003-3944-9369

J.I. Tobón, es PhD., Profesor Titular en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, adscrito al Departamento de Materiales y Minerales e investigador senior de MinCiencias. Dirige el grupo de investigación CEMATCO, enfocados en la química del cemento y materiales de construcción y su aplicación industrial, así como en la innovación pedagógica para la formación de ingenieros.

ORCID: 0000-0002-1451-1309