

El colegio como espacio STEM: una aproximación a la integración del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) para fortalecer el desarrollo del pensamiento crítico

Este proyecto aporta al desarrollo de habilidades de análisis y reflexión en contextos reales, promoviendo una participación activa en los estudiantes, es innovador porque integra el enfoque STEM con el ABP en la secundaria, fomentando un aprendizaje significativo y contextualizado

Angie Daniela Estupiñan Garzon

Deisy Katherine Bolívar Carrero

Danna Camila Rangel Pico

Bibiana Andrea Viasus Romero

Director del Proyecto

Heidy Esperanza Gordillo Bogota

Codirector:

Ana Milena Riaño Salgado

Facultad de Educación, Universidad Santo Tomás

Maestría en Educación STEM para el Desarrollo Social

Bogotá, D.C., Colombia

2026

angie.garzonest@usantotomas.edu.co ,

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002208398,

viviana.romerovia@usantotomas.edu.co, <https://orcid.org/0009-0009-1919-9471>,

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002386439,

danna.picoran@usantotomas.edu.co, <https://orcid.org/0009-0003-5237-7598>,

deisy.carrerobol@usantotomas.edu.co, <https://orcid.org/0009-0004-5560-8547>,

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000202278.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo implementar una secuencia didáctica que integra el enfoque STEM y el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) para analizar la evolución y fortalecimiento del pensamiento crítico en estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Técnica Pablo Valette (San Pablo de Borbur, Boyacá). El problema identificado radicó en la persistencia de modelos pedagógicos tradicionales que limitaban el desarrollo de competencias de análisis y razonamiento lógico. Metodológicamente, el estudio se enmarcó en la investigación-acción con un enfoque mixto, estructurado en fases de diagnóstico, acción-observación y evaluación. Se diseñó e implementó la secuencia didáctica Sinergia STEM, la cual vinculó retos situados en el contexto minero-ambiental local con estrategias de mediación tecnológica.

Como instrumentos de recolección de información se emplearon un pretest, un posttest y diarios de campo. Los resultados demostraron una evolución significativa en las habilidades de autorregulación, inferencia y análisis, evidenciada tanto en el incremento de los niveles de desempeño cuantitativo como en el análisis cualitativo de los procesos de autonomía e indagación registrados durante la resolución de problemas técnicos. En conclusión, la integración de problemáticas reales y el enfoque interdisciplinar fomentaron la territorialización del currículo, permitiendo que los estudiantes transitaran de un saber empírico hacia un conocimiento científico con rigor. Esta propuesta ratifica que el aula, convertida en espacio STEM, potencia la capacidad de los sujetos para actuar de manera crítica y responsable en sus entornos socio-mineros.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Problemas, enfoque STEM, Pensamiento Crítico, Secuencia Didáctica.

Abstract

This research aimed to implement a didactic sequence integrating the STEM approach and Problem-Based Learning (PBL) to analyze the evolution and strengthening of critical thinking in ninth-grade students at the Institución Educativa Técnica Pablo Valette (San Pablo de Borbur, Boyacá). The identified problem was rooted in the persistence of traditional, rote-based pedagogical models that limited the development of analysis and logical reasoning competencies. Methodologically, the study was framed within an action-research design using a mixed-methods approach, structured into diagnostic, action-observation, and



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

evaluation phases. The didactic sequence, titled Sinergia STEM, was designed and implemented, linking challenges situated in the local mining-environmental context with technological mediation strategies.

Pre-tests, post-tests, and field diaries were employed as data collection instruments. The results demonstrated a significant evolution in self-regulation, inference, and analysis skills, evidenced by both an increase in quantitative performance levels and a qualitative analysis of the autonomy and inquiry processes recorded during technical problem-solving. In conclusion, the integration of real-world problems and an interdisciplinary approach fostered the territorialization of the curriculum, allowing students to transition from empirical knowledge to rigorous scientific understanding. This proposal confirms that transforming the classroom into a STEM space enhances the capacity of individuals to act critically and responsibly within their socio-mining environments.

Keywords: Problem-Based Learning (PBL), STEM approach, critical thinking, didactic sequence.

El colegio como espacio STEM: una aproximación a la integración del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) para fortalecer el desarrollo del pensamiento crítico



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Introducción

En la actualidad, la sociedad atraviesa una transformación sin precedentes impulsada por la convergencia tecnológica y la globalización de la información. Este panorama, definido como la Cuarta Revolución Industrial (Schwab, 2016), exige que los sistemas educativos trasciendan la enseñanza tradicional basada en la transmisión pasiva de conocimientos. Por tanto, se requieren experiencias de aprendizaje que desarrollen habilidades para procesar, cuestionar y transformar la información.

En este orden de ideas, la educación contemporánea demanda el fomento de habilidades de orden superior. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) ha insistido en que las competencias de pensamiento crítico y resolución de problemas son los pilares de la empleabilidad y la participación democrática. Sin embargo, existe una brecha persistente entre estas expectativas globales y las realidades de las aulas, especialmente en contextos donde la enseñanza sigue anclada en modelos del siglo pasado.

En el contexto colombiano, el panorama presenta retos significativos. El Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (Icfes, 2025) ha reportado de manera recurrente que la calidad educativa en el país enfrenta desafíos estructurales en el desarrollo de competencias básicas. Las pruebas nacionales de 2024 revelaron una brecha crítica en las competencias evaluadas; en la prueba de Lectura Crítica, solo un porcentaje cercano al 12 % de los estudiantes alcanzó los niveles más altos de desempeño. Esta estadística evidencia una carencia en la capacidad de los jóvenes para analizar, interpretar y aplicar textos complejos en su vida cotidiana, lo que configura un problema de fragmentación cognitiva donde el estudiante no

logra transformar la información técnica en herramientas para la toma de decisiones informadas en su entorno.

Ante este escenario, surge la necesidad imperativa de fortalecer la educación bajo el enfoque STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, por sus siglas en inglés). No obstante, como señala Bybee (2013), este no debe ser visto únicamente como una formación técnica, sino como un paradigma pedagógico que potencia las capacidades de análisis y razonamiento. El enfoque STEM, integrado con metodologías activas, se convierte en un vehículo para la autonomía intelectual, lo cual permite que el estudiante evalúe sus propias habilidades cognitivas y procedimentales mientras resuelve problemas auténticos de su entorno.

El desarrollo del pensamiento crítico es el eje vertebral de esta investigación. Este se define como un juicio reflexivo y autorregulado que incluye habilidades de nivel superior como el análisis, la inferencia, la explicación y la evaluación, orientado a determinar las creencias y la manera en la que se actúa a partir de las diferentes realidades (Facione, 1990). Del mismo modo, Ennis (1991) complementa esta visión al definirlo como un pensamiento razonado que se enfoca en la toma de decisiones informadas frente a las realidades que el sujeto afronta.

Para la Institución Educativa Técnica Pablo Valette (IET Pablo Valette), ubicada en el municipio de San Pablo de Borbur, en el Occidente de Boyacá, el fortalecimiento de estas dimensiones representa una urgencia pedagógica y social. Este territorio, inmerso en un entorno socioeconómico marcado por la minería y la agricultura, presenta un desafío educativo particular: la desconexión entre el currículo escolar y las expectativas laborales y culturales de la región. Los resultados de las pruebas Icfes Saber 11 de 2024, analizados por Milton Ochoa, muestran un



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

puntaje en lectura crítica de 47,92, cifra que sitúa a los estudiantes de la IET Pablo Valette por debajo de la media nacional. Esta brecha refleja una dificultad profunda en la comprensión de la realidad, lo que limita la capacidad del estudiantado para participar activamente en la toma de decisiones en su propia comunidad.

Frente a la pasividad del modelo tradicional, esta investigación propone el aprendizaje basado en problemas (ABP) como agente de transformación. De acuerdo con los principios de Barrows (1996), el proceso educativo debe originarse en la indagación de fenómenos auténticos, complejos y vinculados al contexto inmediato del alumno. La articulación entre el ABP y el enfoque STEM permite que el aula se convierta en un escenario de transferencia de conocimiento, donde la resolución de problemas técnicos del entorno sirve como mediador para el ejercicio constante de las habilidades de pensamiento crítico.

En este proyecto, el análisis de los desafíos socioambientales de la minería en el Occidente de Boyacá actúa como el problema no estructurado que desafía la lógica de los estudiantes. El diseño de una secuencia didáctica bajo esta premisa permite que las áreas de matemáticas, ciencias, tecnología y lenguaje operen de manera interdisciplinar. Para abordar esta realidad, se adoptó un enfoque de investigación mixto de tipo investigación-acción, estructurado en un proceso que inicia con una fase diagnóstica para identificar el nivel inicial de habilidades mediante un pretest, seguida de una fase de acción-observación donde se implementa la secuencia didáctica Sinergia STEM (documentada mediante diarios de campo), y finaliza con una evaluación que contrasta los resultados para validar el impacto de la propuesta.

Un elemento diferenciador es la incorporación de la inteligencia artificial (IA) y la gamificación a través de la plataforma Genially. La creación del avatar Esteban, mediado por modelos de lenguaje como Gemini, permite personalizar la guía de aprendizaje. Esto favorece la gestión del componente afectivo al reducir los niveles de ansiedad frente al error y promover un entorno de interacción seguro y motivador. A través de esta intervención, se espera evidenciar una evolución en las estructuras de pensamiento de los participantes, con el fin de transitar de juicios empíricos hacia la consolidación de habilidades críticas superiores, especialmente en la dimensión de autorregulación.

En conclusión, esta investigación demuestra que la transición desde una pedagogía estandarizada hacia un modelo centrado en el contexto real (mediado por el enfoque STEM y el ABP) constituye una estrategia eficaz para el fortalecimiento del pensamiento crítico. La implementación de la secuencia didáctica Sinergia STEM permitió que los estudiantes de grado noveno trascendieran el razonamiento intuitivo y la opinión subjetiva, lo que consolidó habilidades operativas de inferencia y autorregulación aplicadas a las tensiones éticas y ecológicas de su territorio. Este proceso no solo redujo la brecha entre la teoría académica y la realidad socioeconómica del Occidente de Boyacá, sino que redefinió los roles en el aula, al posicionar al estudiante como un agente autónomo y responsable de su propio aprendizaje. En última instancia, el proyecto trasciende el ámbito escolar para proyectarse como una herramienta de transformación social, donde el pensamiento crítico deja de ser un ideal formativo y se convierte en una competencia vital para que los jóvenes de San Pablo de Borbur ejerzan una ciudadanía informada, reflexiva y capaz de incidir en su entorno profesional y comunitario.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Justificación

La presente investigación responde a la necesidad de transformar los modelos de enseñanza en la IET Pablo Valette, donde la persistencia de enfoques tradicionales ha limitado el desarrollo de habilidades cognitivas superiores. Ante el panorama de desempeño en competencias de lectura crítica y razonamiento lógico expuesto anteriormente, se hace imperativo implementar estrategias que capaciten al estudiante para procesar, cuestionar y aplicar el conocimiento en situaciones de incertidumbre, con el fin de mitigar su desventaja competitiva y académica.

En este escenario, el estudio se justifica en la urgencia de superar dicha problemática mediante la convergencia estratégica del enfoque STEM y el aprendizaje basado en problemas (ABP). Esta sinergia metodológica facilita una transición hacia una educación activa, fundamentada en la indagación como eje transversal del proceso cognitivo. El propósito se orienta a potenciar las dimensiones del pensamiento crítico (análisis, inferencia, evaluación, explicación y autorregulación), de manera que el estudiante deje de ser un receptor de información para convertirse en un investigador proactivo capaz de modelar soluciones técnicas.

La relevancia del proyecto se manifiesta al territorializar el currículo en función de la realidad socioeconómica de San Pablo de Borbur. Al diseñar problemáticas vinculadas a los sectores agrícola y minero, se establece un vínculo directo entre los contenidos académicos y las actividades económicas propias de la región. Esto permite que los estudiantes reconozcan la utilidad directa de las áreas STEM en su vida cotidiana, lo que fomenta un sentido de pertenencia



y forma ciudadanos capaces de liderar la transición hacia el desarrollo sostenible y la innovación local en el marco de la Cuarta Revolución Industrial.

Por otra parte, esta investigación se vincula directamente a la línea de investigación en Pensamiento STEM, al proponer una estructura curricular que integra la ciencia, la tecnología y las matemáticas para la resolución de problemas en la comunidad. El producto esperado es una secuencia didáctica titulada Sinergia STEM, la cual se constituye como el instrumento pedagógico para el fortalecimiento del pensamiento crítico. A través de retos situados en la problemática minero-ambiental de San Pablo de Borbur, los estudiantes activan habilidades de análisis, inferencia y evaluación para proponer soluciones. Este recurso demuestra la manera en que el pensamiento STEM funciona como el marco integrador que orienta la formación de habilidades, lo cual permite que los jóvenes desarrollen un juicio autorregulado.

Finalmente, la investigación constituye un aporte al campo de la equidad educativa. Al documentar sistemáticamente el impacto de la mediación STEM-ABP, se valida el desarrollo del pensamiento autónomo como un componente esencial de la formación ciudadana. En un entorno caracterizado por la saturación informativa y los cambios tecnológicos acelerados, el proyecto provee herramientas de empoderamiento social que fortalecen el potencial de los estudiantes frente a los desafíos globales del contexto contemporáneo.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Preliminares: Delimitación del marco de trabajo para el abordaje de la realidad

Diagnóstico de la realidad

Identificación. En la actualidad, el sistema educativo enfrenta el desafío de consolidar procesos formativos que trasciendan la instrucción tradicional. En el contexto observado, persiste una prevalencia de prácticas de enseñanza centradas en la transmisión memorística de contenidos, lo cual limita la capacidad de los estudiantes para comprender, analizar y transferir saberes hacia la resolución de conflictos en su entorno cotidiano. Esta dinámica genera desmotivación y dificultades en el abordaje de problemas complejos, lo que incide negativamente en la formación integral de los adolescentes.

La persistencia de modelos pedagógicos descontextualizados se traduce en una limitada capacidad del estudiantado para vincular los conceptos curriculares con la realidad, lo que repercute tanto en su desempeño académico actual como en su futura proyección profesional. Ante este panorama, se identifica la necesidad de implementar una estrategia pedagógica que fortalezca las habilidades de pensamiento crítico, con el fin de que los educandos integren los contenidos a situaciones reales y logren un desarrollo competencial acorde a las exigencias de la sociedad contemporánea.

Descripción. Los resultados de la IET Pablo Valette en las pruebas de Estado (Icfes) 2023, según el informe de Milton Ochoa (2024), revelan un puntaje promedio global de 241, cifra que se sitúa por debajo de la media nacional de 259. Este bajo rendimiento es particularmente notable en las áreas de Matemáticas, Ciencias Naturales y Lectura Crítica. En los estudiantes de



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

grado noveno, se evidencia una dificultad significativa para aplicar los fundamentos teóricos en la resolución de problemas técnicos y académicos. A partir de este escenario, surge la pertinencia de una propuesta orientada al fortalecimiento del pensamiento crítico como eje articulador del proceso de enseñanza-aprendizaje.

La IET Pablo Valette se ubica en el municipio de San Pablo de Borbur, Boyacá. El entorno socioeconómico de la institución está influenciado por la minería de esmeraldas y la agricultura, actividades que configuran las perspectivas laborales de la región y permean los saberes previos de los jóvenes. Es necesario, por tanto, que la mediación pedagógica integre actividades conectadas con esta realidad, para fomentar un pensamiento autónomo y reflexivo que permita a los estudiantes interactuar de manera informada con su entorno regional.

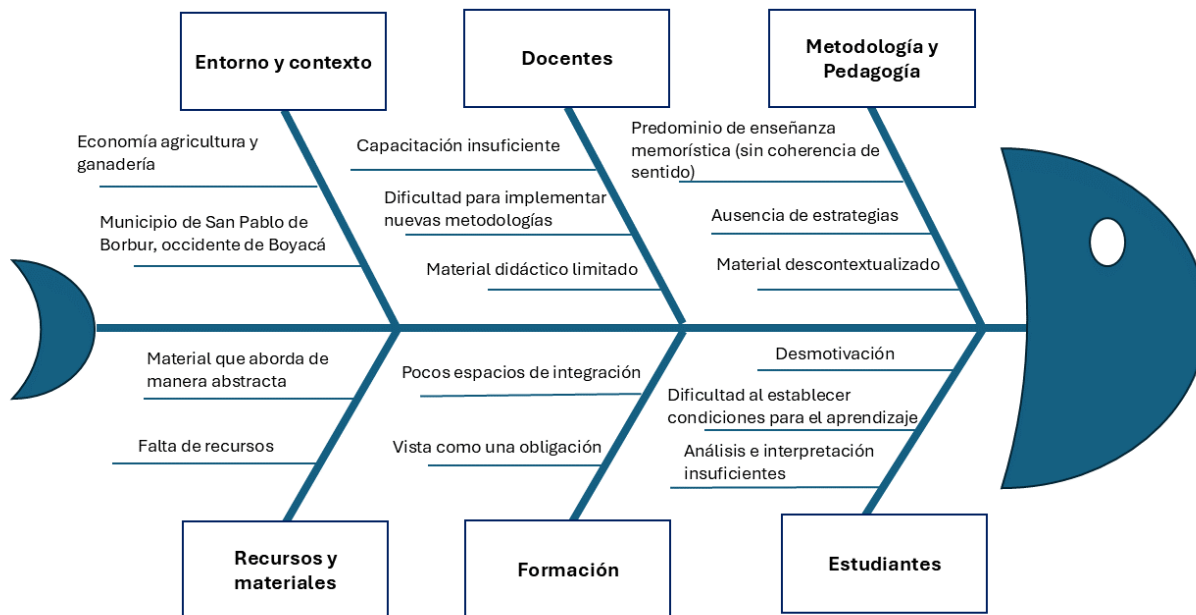
Para analizar las causas y efectos asociados a esta problemática, se presenta a continuación el diagrama de espina de pescado (véase la Figura 1).

Figura 1. *Esquema de espina de pescado, causas y efectos.*



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA



Nota. El diagrama evidencia las causas y efectos relevantes al problema investigado.

Elaboración propia.

Tras el análisis del esquema, se establece que la limitada comprensión lectora en los estudiantes de grado noveno representa una barrera crítica en su desarrollo académico. Esta situación se origina, en parte, por la reducida implementación de estrategias pedagógicas innovadoras orientadas al análisis crítico. Como consecuencia, se identifican falencias en los procesos de análisis, inferencia, explicación, evaluación y autorregulación. Tales debilidades incrementan la vulnerabilidad de los estudiantes al momento de tomar decisiones y limitan su participación activa y autónoma en la sociedad.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Formulación. ¿Cuál es el efecto de la implementación de una secuencia didáctica basada en el enfoque STEM y el aprendizaje basado en problemas (ABP) para el fortalecimiento del pensamiento crítico en estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Técnica Pablo Valette en San Pablo de Borbur?

Propósito y objetivos

Propósito. Analizar la contribución del aprendizaje basado en problemas (ABP) con enfoque STEM al fortalecimiento del pensamiento crítico en estudiantes de grado noveno, a través del diseño e implementación de una secuencia didáctica. Mediante esta propuesta, se busca que los educandos exploren, indaguen y argumenten, con el fin de construir nuevas interpretaciones de la realidad desde una perspectiva comprensiva y crítica.

Objetivo general. Implementar una secuencia didáctica que integre el enfoque STEM y el aprendizaje basado en problemas, para generar un análisis de la evolución y el fortalecimiento del pensamiento crítico en los estudiantes de grado noveno de la IET Pablo Valette de San Pablo de Borbur.

Objetivos específicos:

- Identificar las habilidades de pensamiento crítico de los estudiantes de grado noveno, con el propósito de establecer un diagnóstico inicial.
- Diseñar una secuencia didáctica que integre el enfoque STEM a través del ABP, orientada a la estimulación de dimensiones cognitivas específicas del pensamiento crítico.



- Analizar los efectos de la implementación de la secuencia didáctica en el desarrollo de las competencias de pensamiento crítico en los estudiantes de grado noveno de la IET Pablo Valette.

Tabla 1

Matriz de medición de impacto educativo y social.

Objetivos específicos	Contexto de impacto	Indicadores de cumplimiento e impacto	Medios de verificación
Identificar las habilidades de pensamiento crítico que manifiestan los estudiantes de grado noveno, con el propósito de establecer un diagnóstico inicial a la intervención pedagógica con enfoque STEM.	Definición de una estrategia pedagógica de intervención ajustada a las necesidades y brechas identificadas en el pensamiento crítico de los estudiantes.	Número de estudiantes caracterizados mediante el pretest. Promedio de desempeño inicial por cada subcategoría de Facione.	Resultados del pretest. Diario de campo diagnóstico.
Diseñar una secuencia didáctica fundamentada en el enfoque STEM y la metodología de ABP, orientada a la estimulación de dimensiones cognitivas específicas del pensamiento crítico.	Integración de conocimientos interdisciplinarios (ciencia, tecnología y matemáticas) con problemáticas del entorno, lo cual estimula procesos investigativos y reflexivos.	Cantidad de guías de aprendizaje diseñadas bajo criterios STEM y ABP. Validación del documento mediante juicio de expertos o asesoría temática. Nivel de pertinencia curricular de la secuencia diseñada.	Documento de la secuencia didáctica. Matriz de validación por expertos. Guías de actividades.



Analizar los efectos de la implementación de la secuencia didáctica en el desarrollo de las competencias de pensamiento crítico en los estudiantes de grado noveno de la IET Pablo Valette.	Transformación de la praxis educativa mediante el tránsito de la teoría a la solución de problemas técnicos vinculados al contexto minero y social de la región.	Porcentaje de sesiones ejecutadas conforme al cronograma. Tasa de mejora en los niveles de desempeño entre el pretest y el postest. Diferencia porcentual de crecimiento en las habilidades críticas evaluadas.	Diarios de campo de la ejecución. Resultados comparativos del postest. .
---	--	---	---

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de la prueba diagnóstica y el análisis cualitativo de los diarios de campo desarrollados durante la intervención pedagógica.

Marco de referencia

Este apartado se compone de los marcos que se describen a continuación:

Marco contextual

La presente investigación se lleva a cabo en la IET Pablo Valette, de carácter público, ubicada en el municipio de San Pablo de Borbur, en el Occidente de Boyacá. En esta zona, reconocida por su actividad agrícola y minera, la población escolar está integrada por jóvenes que pertenecen a familias de estratos socioeconómicos 1, 2 y 3. A esta realidad social se suma la limitada disponibilidad de recursos tecnológicos en la institución, lo cual constituye una barrera que restringe la adquisición de las competencias digitales y cognitivas demandadas por la sociedad del siglo XXI.

Esta situación genera una tensión en las prácticas de educación convencional, lo que impulsa una transición hacia estrategias educativas innovadoras en articulación con la Secretaría de Educación de Boyacá y diversas iniciativas locales. Esta propuesta se vincula con los lineamientos del Plan Territorial de Formación Docente de Boyacá (Secretaría de Educación de Boyacá, 2023), al integrar pedagogías activas en el aula. En este sentido, la implementación del ABP con enfoque STEM surge como la estrategia clave para fomentar un aprendizaje pertinente y autónomo, con el fin de responder de manera efectiva a las demandas actuales del sistema educativo (Ministerio de Educación Nacional [MEN], 2022).

Revisión de estado del arte

En la última década, el fortalecimiento del pensamiento crítico bajo el enfoque STEM ha cobrado protagonismo en la educación básica y media. Distintas investigaciones han examinado cómo este marco fomenta un aprendizaje activo y transdisciplinar, lo cual permite que el estudiante construya conocimiento mediante la interacción con entornos que responden a demandas globales y locales. Dentro de este contexto, el aprendizaje basado en problemas (ABP) surge como una estrategia que potencia las habilidades cognitivas superiores y las competencias científicas, al situar al estudiante frente a desafíos reales y contextualizados que impulsan su autonomía. Por consiguiente, los estudios que se relacionan a continuación ofrecen una perspectiva global sobre los alcances, beneficios y desafíos de estas prácticas pedagógicas, lo que consolida las bases teóricas y empíricas de la presente investigación.

Antecedentes internacionales



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Flores Zaragoza et al. (2024) desarrollaron una revisión sistemática cuyo objetivo se centró en identificar y analizar la manera en que el enfoque STEM se ha puesto en práctica junto con metodologías activas, como el aprendizaje basado en problemas, en la educación básica. Tras filtrar 499 artículos mediante el protocolo PRISMA 2020 y seleccionar 13 estudios relevantes, se determinó que los estudiantes sienten mayor motivación e interés por las áreas relacionadas con STEM. Del mismo modo, se evidenció un incremento en habilidades cognitivas como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la creatividad, lo que promueve el trabajo colaborativo y el aprendizaje autónomo. A la luz de los datos, la revisión resaltó que la integración de la robótica educativa y la programación fueron las estrategias con mayor tasa de éxito en el desarrollo de la alfabetización digital. En relación con ello, el estudio ofrece aportes significativos al evidenciar el rol docente como un componente central en la implementación de metodologías activas, así como la importancia de la formación continua para garantizar el éxito de los procesos de aprendizaje. También muestra que una de las metodologías más utilizadas es el ABP, mediante el cual los estudiantes se sienten más involucrados, pues este se convierte en un camino para el desarrollo de competencias propias del siglo XXI. No obstante, entre sus limitaciones se encuentra la poca cobertura del análisis realizado, así como los retos asociados con la preparación docente que demanda este tipo de enfoques activos.

En el contexto sudamericano, Espinosa (2025) analiza, a partir de una revisión sistemática realizada en Ecuador con estudios publicados entre 2020 y 2024, información proveniente de bases de datos como Scopus, Web of Science y Google Scholar. Su propósito es examinar el



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

impacto del enfoque STEAM en la educación básica, especialmente en el desarrollo del pensamiento crítico y la creatividad. Los resultados muestran que el 80 % de los estudiantes presentaron mejoras significativas en análisis, síntesis y evaluación, mientras que la creatividad aumentó en un 75 % mediante producciones originales e innovadoras. De este modo, la investigación evidencia que el enfoque STEAM potencia habilidades cognitivas, motivacionales y de rendimiento académico. Asimismo, Espinosa resalta el papel activo e interdisciplinar de la educación, además de la necesidad de formación docente y de recursos adecuados, aunque reconoce desafíos en la formulación de políticas que respalden su implementación.

Por su parte, en el continente asiático, específicamente en Indonesia, la investigación realizada por Awaludin et al. (2025) ofrece, mediante un análisis cuasiexperimental con diseño de grupos no equivalentes, una visión sobre el modelo PBL-STEM aplicado a estudiantes de décimo grado en Física. El propósito fue examinar dicho modelo y contrastar el desempeño del grupo experimental frente a un grupo control, con el fin de identificar diferencias significativas en el desarrollo del pensamiento crítico. La muestra estuvo conformada por 35 estudiantes en cada grupo y se aplicó una prueba de habilidades de pensamiento crítico compuesta por 10 preguntas abiertas validadas. Los resultados mostraron mejoras significativas en el grupo PBL-STEM, especialmente en clarificación elemental e inferencia, lo que fortaleció la comprensión conceptual y la capacidad de concluir lógicamente. Los investigadores utilizaron la ganancia normalizada (N-Gain) para cuantificar la magnitud de la mejora, la cual es una herramienta útil para el seguimiento en contextos escolares.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Al analizar el panorama global actual, se observa que desde el enfoque STEM se pretende fomentar no solo el pensamiento crítico, sino también la innovación en los entornos educativos. En este sentido, Mayorga-Aguirre et al. (2025) tuvieron como propósito evaluar el impacto del STEM en el desempeño académico, la resolución de problemas y las habilidades relacionadas con la creatividad y el trabajo colaborativo, lo que contribuyó, además, a resolver necesidades del entorno y a preparar estudiantes competentes. El estudio se desarrolló mediante un enfoque mixto que incluyó pruebas estandarizadas, evaluaciones de pensamiento crítico y herramientas cualitativas. El análisis cuantitativo mostró que los estudiantes expuestos al enfoque STEM mejoraron un 10 % más que el grupo control, mientras que el pensamiento crítico se incrementó en un 15 % en habilidades como formular hipótesis, evaluar evidencias y llegar a conclusiones. Mediante el análisis cualitativo, las entrevistas y observaciones indicaron que el 85 % de los participantes percibió una mejora en su capacidad de liderazgo y una mayor disposición para enfrentar problemas reales de su comunidad mediante soluciones tecnológicas. No obstante, entre las limitaciones se identificaron la falta de recursos, la insuficiente formación docente y la baja participación femenina.

Por otra parte, y reiterando la trascendencia de las metodologías activas dentro de los estudios realizados en Ecuador, Chugchilán et al. (2024) señalan que el ABP es una herramienta eficaz para fomentar el pensamiento crítico en estudiantes del área de Lengua y Literatura. El propósito central del estudio fue analizar cómo el ABP contribuye al pensamiento crítico y al razonamiento crítico-literario. Se trató de una investigación teórico-analítica con enfoque



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

cualitativo y comparativo, basada en la revisión de literatura y casos de aplicación. La investigación evidenció que el ABP fortalece habilidades como el análisis, la inferencia y la evaluación. Particularmente, el análisis comparativo estableció que el uso de dilemas éticos y problemas sociales dentro de la narrativa literaria aumentó en un 60 % la capacidad de los estudiantes para emitir juicios de valor argumentados, superando el aprendizaje memorístico tradicional. Los estudiantes mostraron mejoras en su desempeño al comprender y transferir el conocimiento de manera profunda. Sin embargo, los autores reconocen limitaciones relacionadas con la resistencia docente y la falta de instrumentos adecuados para evaluar estas competencias.

Finalmente, investigaciones realizadas en Nigeria, como la adelantada por Yaki (2025), examinan la efectividad del enfoque STEM integrado en la enseñanza de la Genética, con el fin de mejorar las habilidades de pensamiento crítico en estudiantes de secundaria. El estudio busca determinar si dicho enfoque supera los métodos tradicionales en habilidades como la inferencia, el reconocimiento de supuestos, la deducción, la interpretación y la evaluación de argumentos. Para su desarrollo, se empleó una metodología cuasiexperimental con pretest y posttest aplicada a 112 estudiantes. Los resultados del pretest indicaron equivalencia entre los grupos, mientras que el posttest evidenció mejoras significativas en el grupo experimental, especialmente en inferencia e interpretación. En otras palabras, la investigación aporta evidencia sobre la eficacia del STEM integrado para potenciar el pensamiento crítico en ciencias y ofrece un modelo replicable para la enseñanza de la Biología. Aunque su contribución es significativa, el estudio presenta limitaciones como el corto periodo de intervención y la necesidad de infraestructura adecuada.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

A manera de síntesis, las investigaciones internacionales coinciden en que los enfoques STEM y STEAM, junto con metodologías activas como el ABP, favorecen el desarrollo del pensamiento crítico, la creatividad, el trabajo autónomo y la resolución de problemas. Sin embargo, se destacan algunos limitantes recurrentes, como la escasa formación docente y la necesidad de recursos. Aunque persisten estos desafíos, los resultados muestran que la implementación de estas propuestas mejora no solo el rendimiento académico, sino que potencia habilidades cognitivas superiores, las cuales son vitales para los desafíos del siglo XXI. De este modo, los antecedentes internacionales trazan un camino sólido que justifica y orienta la presente investigación.

Antecedentes nacionales

Durante las últimas décadas en Colombia, el sistema educativo ha experimentado un proceso de transformación dirigido a modelos que priorizan la participación, la investigación y la colaboración activa de los estudiantes en su desarrollo académico. Como parte de este cambio, se destaca la estrategia de integración de los enfoques STEM y el aprendizaje basado en problemas (ABP), metodologías que resultan eficaces para enfrentar los desafíos educativos contemporáneos. Sin embargo, su implementación requiere un sustento que ratifique su impacto; por lo tanto, es indispensable analizar los documentos que conforman el estado del arte actual, lo cual permite identificar tanto los logros alcanzados como los vacíos curriculares que aún persisten en la formación del pensamiento crítico del estudiantado.

Como base normativa se toman los lineamientos del Ministerio de Educación Nacional (MEN) y la Secretaría de Educación de Boyacá, los cuales establecen las directrices para la implementación de metodologías activas con enfoque STEM en la educación media. Estas disposiciones responden a la necesidad de alinear los diseños pedagógicos con los estándares nacionales, orientados a la formación de ciudadanos competentes ante los retos del siglo XXI.

Al respecto, Marín-Ríos et al. (2023) realizaron una revisión sistemática de la producción académica en Colombia, en la cual identificaron que, aunque existe una transición hacia estos modelos, persiste la urgencia de reestructurar los currículos para lograr una verdadera interdisciplinariedad. Dicho estudio consistió en una revisión crítica de trabajos de pregrado en el país, estructurada bajo categorías como finalidades, integración de disciplinas y estrategias de implementación. Los hallazgos revelaron una preferencia por el uso del acrónimo STEM y dificultades estructurales persistentes, especialmente en la metodología para establecer relaciones entre las disciplinas que componen el enfoque.

Esto permitió resaltar que, aunque existe un crecimiento en la aceptación y adopción de estos enfoques en la actualidad, el mero reconocimiento de su valor resulta insuficiente, ya que se evidencia la necesidad imperativa de reestructurar los planes de estudio. De este modo, la evolución del sistema educativo colombiano no solo depende de la intención pedagógica, sino de



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

una implementación que fomente un aprendizaje verdaderamente competitivo, autónomo y contextualizado.

Al analizar los aportes del ABP, se destaca la propuesta de Barrows (1996), quien no solo planteó una estrategia didáctica, sino que impulsó una transformación estructural en la formación estudiantil. Su modelo se fundamenta en el fortalecimiento del razonamiento y la promoción de la autonomía mediante un enfoque cualitativo-experimental. Barrows incorporó el uso de situaciones auténticas y deliberadamente no estructuradas con el objetivo de replicar la complejidad e incertidumbre de la práctica profesional, lo cual reconfigura la dinámica del aula para priorizar la investigación, el contraste de hipótesis y la construcción colaborativa del conocimiento. Sus resultados evidenciaron que el ABP favorece el desarrollo de competencias transversales, como la indagación crítica y la resolución de situaciones problemáticas complejas. En este sentido, el ABP no se limita a enseñar contenidos disciplinares, sino que configura escenarios formativos donde aprender implica cuestionar, analizar y actuar con criterio profesional.

En cuanto al desarrollo de habilidades cognitivas, Chávez y Hernández (2023) aportan herramientas teóricas cruciales para evaluar las disposiciones críticas en jóvenes de bachillerato, al proponer metodologías que fomentan la reflexión sobre el entorno. Por su parte, Suárez-Velasco (2024) vincula las matemáticas y las ciencias para fortalecer el pensamiento lógico a



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

través de la experimentación, lo cual demuestra que la manipulación de variables en entornos controlados es un vehículo eficaz para potenciar la capacidad de análisis. Ambos aportes resultan fundamentales para la presente investigación, ya que permiten concebir el pensamiento crítico y lógico no como procesos aislados, sino como dimensiones interdependientes. La integración de estas perspectivas sustenta la propuesta de que el modelo STEM/STEAM debe trascender la operatividad técnica, para consolidarse como un espacio de convergencia donde la reflexión social y el rigor científico se articulan en pro de fortalecer la capacidad analítica del estudiante frente a problemas complejos.

La implementación de estas estrategias se ve potenciada por el uso de herramientas digitales. Amaya Fernández (2023) analiza recursos como Padlet, los cuales facilitan la recolección de datos y la interacción sincrónica; elementos que este proyecto integra para fortalecer el pensamiento crítico y promover la interpretación hermenéutica de la información.

Finalmente, el aspecto metodológico es sustentado por Pardo y Ortiz (2023), quienes registraron la evolución del pensamiento reflexivo y la autonomía a través de la observación participante. Como cierre de este hilo conductor, Rivas-García (2024) justifica el uso de la pregunta problema como el eje articulador de la secuencia didáctica, al demostrar su impacto en la capacidad de argumentación y síntesis en instituciones públicas colombianas.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

La convergencia de estos estudios proporciona un sustento empírico sólido para esta investigación. Los referentes analizados validan la vinculación entre el razonamiento lógico y la reflexión crítica, mientras que los aportes metodológicos permiten territorializar el modelo STEM en el contexto local. En conjunto, este marco garantiza que la secuencia didáctica propuesta se constituya como un escenario formativo donde la indagación constante y el uso de herramientas digitales fomentan un aprendizaje plenamente autorregulado.

Marco teórico

El presente marco teórico se articula sobre tres ejes categóricos: el enfoque STEM, la estrategia de ABP y las dimensiones procedimentales del pensamiento crítico. Esta relación no se plantea como una suma de conceptos aislados, sino como un sistema pedagógico integrado, donde el enfoque STEM provee el marco interdisciplinar, el ABP funciona como soporte metodológico y el pensamiento crítico entendido, a partir de Facione (1990), como un juicio autorregulado representa la facultad cognitiva que se busca potenciar.

Considerando lo anterior, la investigación propone la secuencia didáctica como el instrumento operativo que materializa dicha integración. Mediante esta, se diseñan actividades intencionadas que permiten a los estudiantes de grado noveno de la IET Pablo Valette proyectar el conocimiento teórico en la resolución de problemas de la vida real. Por lo tanto, a continuación se desarrolla la revisión conceptual que sustenta esta propuesta, la cual inicia con la naturaleza del enfoque STEM como pilar de la transformación educativa.

Enfoque STEM

El enfoque STEM se plantea como una propuesta educativa orientada a integrar saberes para abordar situaciones de la vida cotidiana. Más allá de una agrupación de áreas, se consolida como una filosofía que disuelve las fronteras disciplinares tradicionales. Desde la perspectiva de Bybee (2013), el STEM debe entenderse como un enfoque diseñado para responder a problemáticas complejas, lo que promueve habilidades como la indagación y la toma de decisiones fundamentadas. Bybee introduce el concepto de alfabetización STEM, la cual trasciende la memorización para centrarse en la capacidad del individuo de comprender el conocimiento científico y tecnológico como herramientas indispensables ante los desafíos socioambientales del siglo XXI.

En contraste, Yakman (2008) expande esta visión hacia el STEAM al incorporar las artes, al proponer un marco curricular que conecta contenidos con problemas auténticos mediante el diseño. Ambas posturas coinciden en la importancia de la integración disciplinar para favorecer la participación activa del estudiante. Por su parte, Vásquez (2013) profundiza en los niveles de esta integración y sostiene que la verdadera potencia del STEM reside en la eliminación de los silos del conocimiento, mediante el tránsito desde la multidisciplinariedad hacia la transdisciplinariedad para comprender conexiones transversales.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

No obstante, frente a las posturas centradas estrictamente en la integración disciplinar, Greenberg et al. (2025) introducen un enfoque crítico que problematiza la participación y el reconocimiento de saberes. Esta dimensión resulta esencial para asegurar que la implementación de la investigación en San Pablo de Borbur no sea solo técnica, sino inclusiva y socialmente responsable. Para los autores, la integración disciplinar es insuficiente si no se acompaña de principios de equidad; en concordancia con esto, las pedagogías centradas en la justicia valoran a los estudiantes como personas completas cuyas historias son parte integral del proceso.

Desde esta perspectiva, el aprendizaje que proviene de las experiencias culturales y territoriales de los estudiantes se considera una forma válida de conocimiento en STEM. Bajo esta lógica, Calabrese (2021) argumenta que el ingenio de los estudiantes en su práctica cotidiana puede transformar las relaciones de poder y promover la justicia social. Al incorporar conocimientos comunitarios, los estudiantes pueden ampliar la definición del rol de la ingeniería y de los problemas que vale la pena resolver, lo que genera un empoderamiento que evita que las minorías deban asimilarse a una cultura científica ajena.

En consecuencia, cuando el aprendizaje parte de problemas reales, los estudiantes se posicionan como participantes activos en su comunidad. Esto fortalece el pensamiento crítico al evaluar alternativas que respondan a su entorno. Esta necesidad de una educación que trascienda lo técnico se ve reforzada históricamente por Ramsey (1993), quien, aunque no utiliza el término STEM, defiende que la instrucción sobre temas sociales ayuda a desarrollar un sentido de responsabilidad hacia el mundo natural. La visión de Ramsey se alinea con el enfoque STEM al



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

promover la ciencia como una herramienta para la toma de decisiones éticas en una sociedad globalizada.

Para comprender cómo estas decisiones sociales se traducen en habilidades cognitivas, es indispensable abordar la contribución de Hurd (1998), quien enfatiza que la alfabetización científica implica desarrollar capacidades de análisis, síntesis y evaluación (dimensiones procedimentales del pensamiento crítico). Su propuesta establece que el enfoque STEM debe permitir que los estudiantes transformen la sociedad tecnológica.

Mientras Hurd describe las capacidades cognitivas, Dewey (1938) proporciona el marco pedagógico para desarrollarlas. Dewey propone que la experiencia educativa es un proceso dinámico con el entorno en el cual el aprendizaje se construye a través de la experimentación. En este sentido, la escuela debe organizarse de forma que exija un pensamiento experimental, donde la función docente sea orientar la construcción activa de significados.

De este modo, las ideas de Hurd y Dewey se complementan: mientras Hurd señala las capacidades cognitivas esenciales, Dewey explica cómo desarrollarlas mediante experiencias significativas que involucren investigación y reflexión. Por todo lo expuesto, el enfoque STEM se consolida como una demanda de transformación en la práctica docente, donde el aprendizaje deja de ser una recepción pasiva. Como advierte Dewey (1938), para que la educación sea formativa, debe basarse en la experiencia activa, puesto que solo allí la teoría adquiere un significado vital y verificable. Bajo esta posición, el enfoque STEM requiere de una estructura que operativice dicha experiencia, lo cual se logra en esta investigación mediante la articulación de la estrategia de ABP.

Aprendizaje basado en problemas (ABP)

El ABP se fundamenta en la postura constructivista del aprendizaje. Esta visión, según Raynaudo y Peralta (2017) —quienes se basan en los postulados de Piaget y Vygotsky—, plantea que el conocimiento no es una asimilación estática, sino una estructura dinámica donde el estudiante reconstruye conceptos a partir de su interacción cotidiana. Bajo esta premisa, el ABP se constituye como la herramienta que operativiza dicha interacción al posicionar al estudiante como un agente activo que evoluciona desde sus saberes previos hacia la integración del conocimiento científico, al enfrentar desafíos en su entorno real.

En coherencia con lo anterior, se destaca la influencia de Dewey (1938), cuya pertinencia respecto al ABP se fundamenta en su carácter experimental. Este enfoque permite al estudiante validar el conocimiento a través de la práctica, lo cual convierte al ABP en un escenario donde el aprendizaje significativo emerge cuando los educandos enfrentan problemas auténticos. Así, la escuela deja de ser un espacio donde los estudiantes reciben el conocimiento de forma teórica y se transforma en un centro de investigación activa y reflexión constante sobre el quehacer académico.

Desde un enfoque procedimental, el ABP se transforma en una estrategia integradora que unifica la teoría y la práctica en el aula. Torp y Sage (2002) señalan que esta metodología sitúa al docente como un facilitador del proceso y al estudiante como un investigador responsable de su propia evolución cognitiva. Por consiguiente, el ABP activa un ciclo de indagación en el cual el educando debe contrastar y validar soluciones diversas. Este ejercicio, a su vez, potencia las



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

capacidades de pensamiento crítico al obligarlo a fundamentar sus decisiones frente al problema abordado.

Esta transformación metodológica encuentra respaldo en investigaciones contemporáneas de autores como De Graaff y Kolmos (2020) y Larivee (2018), quienes consolidan el ABP como la estrategia ideal para situar al estudiante en el centro del entorno educativo. Al fomentar la autonomía, se asegura que los estudiantes no solo asimilen contenidos, sino que construyan soluciones con impacto social, lo que vincula de manera efectiva el conocimiento académico con su realidad inmediata.

El proceso técnico del ABP encuentra su sustento en Barrows (1996), quien lo describe como un método donde el problema actúa como el catalizador para la adquisición e integración de nuevos saberes. De manera complementaria, Hmelo-Silver (2004) enfatiza que, al enfrentarse a problemáticas abiertas que carecen de una solución única, los estudiantes se ven impulsados hacia un aprendizaje autodirigido. De este modo, el proceso de indagación, aplicación y reflexión no solo fortalece la colaboración, sino que activa los procesos cognitivos de orden superior necesarios para resolver conflictos que reflejan la complejidad del mundo real; es decir, permite al estudiante ser constructor de su propio conocimiento.

Esta estrategia cobra gran importancia en la educación, en especial en el contexto colombiano, donde el Ministerio de Educación Nacional (2022) ha enfatizado su incorporación en los lineamientos curriculares para fortalecer las habilidades del siglo XXI. Este modelo



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

promueve la interdisciplinariedad y la aplicación práctica del conocimiento, lo cual facilita una formación integral y contextualizada que responde a las exigencias propias del enfoque STEM.

En este sentido, el fortalecimiento del pensamiento crítico obliga al estudiante a aplicar la autorregulación y la evaluación. Al escuchar ideas ajenas, el estudiante debe analizar la validez de sus propios argumentos y aprender a identificar los errores o las falacias en las posturas de los demás. No se trata simplemente de un trabajo en grupo, sino de un ejercicio de corresponsabilidad donde el éxito del equipo depende del razonamiento crítico de cada integrante.

Finalmente, según autores como Gómez-Difilippo (2020), el ABP se consagra como la estrategia propicia para fomentar la autonomía y la capacidad crítica. Este constituye el eje central que permite al estudiante diferenciar entre diversas alternativas de solución. No basta con diseñar respuestas a problemas; es necesario evaluarlas bajo estándares de lógica y evidencia. En este sentido, el pensamiento crítico no solo es un complemento del ABP, sino la finalidad que permite que el conocimiento científico se traduzca en decisiones responsables y fundamentadas.

Subcategorías complementarias

En el marco del ABP, el trabajo colaborativo se consolida como una subcategoría complementaria y fundamental de análisis pedagógico. Bajo los postulados de Cohen y Lotan (2014), esta dimensión se materializa mediante la delegación de autoridad del docente hacia el estudiante, lo que reconfigura el escenario de aprendizaje en una responsabilidad compartida. Desde este punto de vista, el éxito grupal es el resultado intencionado de enfrentar problemas



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

que, por su naturaleza, impiden una resolución individual. Esta interdependencia positiva obliga a los estudiantes a articular sus saberes diversos, lo cual transmuta la heterogeneidad del grupo en un activo intelectual indispensable para la resolución del conflicto cognitivo.

Por otro lado, la indagación se redefine dentro de esta estructura como una estrategia de aprendizaje social y no como un ejercicio de búsqueda de información aislada; de este modo, se convierte en el motor que impulsa la construcción de conocimiento territorializado (National Research Council, 2012). Al ser abordada de forma colaborativa, permite que los investigadores en formación desplieguen múltiples habilidades disciplinares para desentrañar problemas del mundo real. Así, la indagación deja de ser un paso técnico del ABP para consolidarse, en consonancia con lo expuesto por Hodson (2013), como una subcategoría de análisis que permite evaluar cómo los estudiantes gestionan la incertidumbre y validan la información en comunidad.

Finalmente, la integración de estas dos dimensiones colaboración e indagación resulta determinante para el fortalecimiento del pensamiento crítico. Como señalan Garrison et al. (2001), la exposición del estudiante a una diversidad de perspectivas y la necesidad de negociar significados dentro de su grupo cooperativo son las que fomentan un análisis más profundo y reflexivo de la realidad. Por lo tanto, en esta investigación, ambas categorías no se presentan meramente como rasgos descriptivos de la estrategia de ABP, sino como ejes transversales de evaluación. Su estudio sistemático permite comprender de qué manera la interacción social y la búsqueda colectiva de soluciones impactan en la capacidad del estudiante para interpretar y transformar su entorno, lo cual otorga una estructura clara para el análisis de los resultados obtenidos en la implementación de la secuencia.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Pensamiento crítico

El ser humano posee la habilidad de reflexionar sobre su entorno y tomar decisiones conscientes. Pensar críticamente implica no solo el acto de pensar, sino hacerlo de forma reflexiva, clara y lógica. Al respecto, Ennis (1991) define el pensamiento crítico como un “pensamiento reflexivo y razonable centrado en decidir qué creer o hacer” (p. 22). De este modo, se puede afirmar que tiene que ver no solo con las habilidades cognitivas, sino con las decisiones personales. Para ejercer este pensamiento, las disposiciones son cualidades esenciales que se solapan y dependen entre sí (Ennis, 1991), lo que motiva al sujeto a considerar alternativas y permanecer abierto ante las posibilidades de la realidad.

Sin embargo, para operacionalizar este proceso en la resolución de problemas, el pensamiento crítico se comprende como una estructura donde la toma de decisiones se orienta de manera lógica y pragmática. Según Facione (2019), esto “significa un buen juicio, casi lo opuesto a pensamiento ilógico o irracional” (p. 4). Es decir, es un acto consciente producto del pensar desde diferentes perspectivas, cuyo propósito fundamental es el juicio autorregulado. Este último es definido por el consenso de expertos como “el juicio autorregulado y con propósito que da como resultado interpretación, análisis, evaluación e inferencia, como también la explicación de las consideraciones conceptuales, metodológicas, criteriológicas o contextuales en las cuales se basa ese juicio” (Facione, 2007, p. 21).



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Bajo el enfoque STEM, este pensamiento es fundamental para cultivar el “espíritu de pensador crítico” (Facione, 2019, p. 15) e integrar diversas disciplinas ante desafíos complejos. Para operacionalizar esta integración, se recurre a las habilidades cognitivas propuestas por Facione (2011), las cuales permiten transformar la teoría en conocimiento práctico. En este orden de ideas, la habilidad de análisis es entendida como la capacidad de identificar relaciones de inferencia en enunciados, conceptos o descripciones. Esta permite al estudiante interrogar su realidad y captar los matices de juicios ajenos, lo que supera la recepción pasiva de información fragmentada.

Asimismo, la inferencia consiste en identificar elementos para extraer conclusiones razonables, formular hipótesis y deducir consecuencias a partir de datos y evidencias. Esta habilidad fomenta la autonomía, lo cual permite al estudiante anticipar soluciones a problemas reales. A su vez, la evaluación implica juzgar la calidad de los argumentos y la credibilidad de las fuentes; permite cuestionar y sustentar información de manera crítica, promoviendo una postura ética y decisiones fundamentadas ante la resolución de problemas.

Del mismo modo, la explicación se define como la comunicación clara y organizada de los resultados del razonamiento. Facilita que el estudiante adopte posturas coherentes y justifique sus criterios, lo que fortalece el diálogo y el aprendizaje colaborativo. Finalmente, este proceso conduce hacia la autorregulación, la cual se orienta al monitoreo y ajuste consciente de los propios procesos de pensamiento. Esta habilidad



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

fomenta la comprensión metacognitiva y la autonomía, al permitir una revisión continua de los resultados cognitivos obtenidos a través de las destrezas anteriores.

En este sentido, el desarrollo integral descrito permite al estudiante gestionar activamente su propio aprendizaje. Al respecto, Paul y Elder (2003) sostienen que “el pensamiento crítico es ese modo de pensar sobre cualquier tema, contenido o problema en el cual el pensante mejora la calidad de su pensamiento al apoderarse de las estructuras inherentes del acto de pensar y al someterlas a estándares intelectuales” (p. 4). Dichos estándares involucran claridad y precisión, lo que permite que el pensamiento sea autodirigido, “autodisciplinado, autorregulado y autocorregido” (Paul y Elder, 2003, p. 4).

Así, el proceso de aprendizaje se transforma en significativo, pues potencia la capacidad de crear e innovar en nuevos entornos dirigidos a la integración del enfoque STEM. Como afirman Paul y Elder (2005), “el pensamiento crítico es el ‘cómo’ para obtener todo el ‘qué’ educativo” (p. 7). Desarrollar procesos como el análisis y la evaluación a través del ABP implica que el pensador crítico formule problemas con claridad, evalúe información relevante y use ideas abstractas para interpretarla efectivamente (Paul y Elder, 2023).

El ABP es una estrategia pedagógica que orienta el cómo y el para qué del aprendizaje. De tal manera, organiza la experiencia mediante problemas auténticos que demandan análisis, evaluación y argumentación, lo cual le permite al estudiante resolver problemas de contextos reales. Al respecto, se señala que “a través de estos problemas se



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

pueden integrar las habilidades y conocimientos propios de la ciencia, la tecnología, la ingeniería, el arte y las matemáticas, alineándose perfectamente con los objetivos” (Satrústegui y Mateo, 2023, p. 21); de esta forma, los problemas del ABP se articulan con los desafíos reales del enfoque STEM.

El ABP funciona como una guía que operacionaliza el enfoque STEM, al fomentar en los estudiantes la indagación de conocimientos científicos y la interdisciplinariedad, ya que el educando compara perspectivas en la solución de problemas, para luego identificar y justificar sus decisiones. Esta justificación se constituye como la base fundamental que busca integrar el desarrollo de habilidades superiores a partir de diferentes disciplinas, entre ellas, el pensamiento crítico. Con base en lo anterior, Dewey (1998) fundamenta la educación en la experiencia y la reflexión sobre los problemas prácticos, lo cual se articula directamente con la naturaleza del ABP.

Asimismo, el enfoque STEM promueve la integración de las áreas con una perspectiva de pedagogía activa, la cual sitúa al estudiante en el centro del conocimiento científico y tecnológico para resolver situaciones del mundo real (Bybee, 2013). Para que el estudiante pueda formular hipótesis, diseñar estrategias, experimentar y evaluar sus soluciones, resulta fundamental que el ABP se potencie desde una perspectiva integradora. Al fomentar la resolución de problemas, el proceso de aprendizaje se convierte en una herramienta significativa que se aleja de una educación tradicional, tal como afirma Ramírez (como se citó en Prieto-Díaz, 2023): “En su gran mayoría, las instituciones



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

educativas presentan diferentes asignaturas de forma independiente [...] siendo importante encontrar reciprocidad entre asignaturas para motivar a los estudiantes” (p. 45).

En la articulación entre el enfoque STEM y el ABP, el pensamiento crítico se desarrolla como consecuencia de los procesos cognitivos implicados en la resolución de problemas auténticos. Para Facione (1990), la interpretación, el análisis, la evaluación, la inferencia, la explicación y la autorregulación son habilidades que permiten al estudiante interactuar con diferentes áreas del saber a través de los desafíos que afronta en su entorno. Entonces, el pensamiento crítico aparece como resultado del proceso de razonamiento y la toma de decisiones.

Con base en lo anterior, se reconoce que el ABP enfrenta al estudiante a problemas complejos, lo que lo obliga a analizar, argumentar, tomar decisiones y evaluar (Hmelo-Silver, 2004). De este modo, el enfoque STEM aporta a la interdisciplinariedad en el contexto real, lo que exige la aplicación de saberes de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas para comprender y transformar la realidad. Por lo tanto, “la educación en STEM integra diversas metodologías de enseñanza y facilita el manejo eficiente de distintos tipos de pensamiento, conectando diversas disciplinas científicas” (Cabezas y Carrera, 2024, p. 7). En consecuencia, se afirma que la integración del STEM y el ABP crea una experiencia de aprendizaje significativa a través de la resolución de problemas, la cual exige al estudiante desarrollar el pensamiento crítico, unificar saberes y justificar cada decisión con base en evidencias.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Secuencia didáctica

En el marco del proceso de enseñanza-aprendizaje, la secuencia didáctica trasciende la mera organización de contenidos para constituirse como el dispositivo metodológico fundamental que operacionaliza la articulación entre el enfoque STEM, el aprendizaje basado en problemas (ABP) y el fortalecimiento del pensamiento crítico. Coll (1990) la plantea como una herramienta esencial para la construcción del conocimiento y resalta que consiste en un conjunto de actividades planificadas y secuenciales que permiten al estudiante vincular sus conocimientos previos con la nueva información, lo cual impulsa un aprendizaje significativo y experiencial que fortalece la relación entre el docente, el estudiante y el contenido.

Aunque existen múltiples aproximaciones conceptuales, la teoría de las situaciones didácticas diseñada por Brousseau (2007) aporta elementos fundamentales al analizar los interrogantes que el docente propone, el proceso que siguen los estudiantes para llegar a la respuesta, la introducción de nuevos conocimientos, su organización y, por último, la asimilación de la información. Desde esta perspectiva, se reconoce que los estudiantes aprenden de formas distintas; por consiguiente, cada uno busca llegar a la respuesta a través de sus propios procesos.

La secuencia didáctica se define como un conjunto articulado de actividades de aprendizaje y evaluación que, bajo la perspectiva de Zavala (2008), son mediadas por el docente para alcanzar objetivos específicos. En concordancia con esto, Díaz-Barriga (2013) enfatiza que esta organización debe fomentar el aprendizaje al vincular los contenidos con la realidad del estudiante. Este proceso se despliega en tres fases esenciales: la apertura, que recupera saberes

previos; el desarrollo, donde se procesa la nueva información; y el cierre, destinado a la síntesis e integración de saberes. Desde este enfoque, la evaluación deja de ser un evento final para convertirse en un componente continuo y formativo que asegura la reestructuración del pensamiento del estudiante.

En cuanto a la didáctica de las ciencias considerada como una herramienta epistemológica y pedagógica que tiene como propósito favorecer la comprensión y apropiación de conocimientos científicos, Adúriz-Bravo (1999) sostiene que esta es “un campo de conocimiento con identidad propia, su objeto de estudio son los procesos de enseñanza y aprendizaje, así como la transposición de saberes científicos en aprendizajes relevantes y situados” (p. 17).

A partir de lo expuesto, resulta indispensable integrar la secuencia didáctica como dispositivo metodológico en la práctica docente. Su objetivo es garantizar que el estudiante construya su conocimiento a través de una progresión lógica; es decir, mediante actividades organizadas e interrelacionadas que lo preparen para una transición cognitiva fluida que va de lo concreto a lo abstracto.

El proceso de enseñanza debe ser una construcción pedagógica comprensible y pertinente en el contexto escolar. En este sentido, Chevallard (1985) afirma que “el saber enseñado no es una simple reproducción del saber sabio, sino el resultado de un proceso de transposición didáctica que lo adapta a las condiciones y finalidades de la enseñanza” (p. 45); por consiguiente, la secuencia didáctica desempeña un papel fundamental para transformar los contenidos en experiencias pedagógicas significativas. No se trata de ordenar los contenidos, sino de



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

articularlos con las experiencias dentro y fuera del aula, lo que genera procesos de desarrollo del pensamiento crítico que llevan a la construcción de un aprendizaje contextualizado.

Marco conceptual

Para esta investigación, se conceptualizan las categorías fundamentales que orientan la construcción de la propuesta pedagógica destinada a fortalecer el pensamiento crítico en los estudiantes de grado noveno de la IET Pablo Valette. Estos conceptos no solo constituyen un eje referencial, sino que proporcionan el marco para comprender la pertinencia de la investigación en el contexto educativo y social de San Pablo de Borbur.

En este sentido, el enfoque STEM se asume como el marco pedagógico que aporta la articulación disciplinar necesaria para la formación de habilidades para el siglo XXI. Más allá de una agrupación de áreas, se consolida como una filosofía educativa diseñada para disolver las fronteras disciplinares tradicionales, lo cual permite que los estudiantes, según Bybee (2013), comprendan la naturaleza interdisciplinaria de los problemas globales y locales, y promueve una alfabetización integral que trasciende la memorización. Asimismo, Vásquez (como se citó en Frykholm y Glasson, 2022) sostiene que el enfoque STEM elimina las barreras entre disciplinas para integrarlas en experiencias de aprendizaje con sentido. Al respecto, Ramsey (1993) destaca que este enfoque ayuda a los estudiantes a apreciar el potencial científico-tecnológico en la resolución de problemas sociales y desafíos socioambientales de su entorno.

Para operativizar el enfoque STEM, se implementa el ABP como la estrategia didáctica central que organiza la experiencia mediante problemas reales. El ABP se define como un



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

procedimiento organizado que sitúa al estudiante como protagonista de su propio aprendizaje a través de la indagación. Según Torp y Sage (2002), esta estrategia utiliza un problema relevante y contextualizado como punto de partida para que los estudiantes identifiquen necesidades de aprendizaje y desarrollen competencias de investigación. Esta visión se complementa con Barrows (1996), quien resalta que el ABP estimula la reflexión y el razonamiento sobre problemas del mundo real a través de escenarios propicios para promover una educación interdisciplinaria y transversal en entornos auténticos.

Por consiguiente, la ejecución de la estrategia de ABP se articula a través de la secuencia didáctica. De acuerdo con Díaz-Barriga (2013), esta se concibe como una organización coherente y progresiva de actividades de aprendizaje conectadas a situaciones problemáticas, la cual recupera las nociones previas del estudiante para vincularlas a contextos reales. Bajo esta línea de pensamiento, la secuencia exige acciones concretas en lugar de ejercicios rutinarios, lo que permite al docente organizar el proceso de manera continua para garantizar que el aprendizaje sea funcional, aplicable y que el estudiante asuma la responsabilidad de sus propios esquemas mentales.

Finalmente, el fortalecimiento del pensamiento crítico constituye el propósito central de la intervención. Esta habilidad transversal capacita a los estudiantes para cuestionar la información, analizar situaciones de la vida real y proponer soluciones argumentadas. Según Ennis (1991), este proceso implica reflexión y razonabilidad para decidir qué creer o qué hacer, al integrar habilidades cognitivas con disposiciones personales y éticas. Para sistematizar este concepto, se asumen las habilidades propuestas por Facione (1990), desarrolladas de la siguiente manera: el



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

análisis, como la capacidad de identificar relaciones entre ideas e información compleja; la inferencia, que permite interpretar datos y anticipar conclusiones o soluciones razonables; y la evaluación, orientada a valorar la credibilidad y solidez lógica de los argumentos.

A estas habilidades se suma la explicación, que permite justificar y comunicar los razonamientos de manera clara y coherente, lo cual converge finalmente en la autorregulación. Esta última se entiende como una capacidad metacognitiva que permite al estudiante monitorear, evaluar y ajustar de manera consciente su propio proceso de pensamiento. Este desarrollo integral no solo potencia la autonomía del aprendizaje, sino que asegura que el juicio emitido sea producto de una reflexión profunda y deliberada sobre la realidad, lo que permite que el estudiante de la IET Pablo Valette se desenvuelva de manera crítica ante los desafíos complejos de la sociedad actual.

Marco Legal

El sustento normativo representa un pilar fundamental para la validez técnica y ética de este trabajo de grado. Con el objetivo de ofrecer una visión estructurada de los preceptos legales aplicables, se presenta la Tabla 2, en la cual se sintetizan los instrumentos jurídicos que rigen las dimensiones abordadas en el desarrollo de esta investigación.

Tabla 2 *Fundamentación normativa de la investigación*



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Ley o Norma	Año	Descripción	Artículos	Aplicabilidad en el proyecto
Constitución Política de Colombia	1991	Establece la educación como un derecho y un servicio público con función social. Define el papel del Estado en el fomento de la ciencia, la tecnología y las manifestaciones culturales.	Art. 67, Art. 71	Garantiza la formación integral al concebir la educación como un proceso de acceso al conocimiento y a los valores humanos. Fundamenta el uso de metodologías activas (como STEM y ABP) al promover el derecho de los estudiantes a la investigación y al conocimiento científico, vinculando la ciencia con su realidad territorial para transformar su entorno cotidiano.
Ley General de Educación (Ley 115)	1994	Define los fines y principios del sistema educativo colombiano hacia el desarrollo integral y la adquisición de conocimientos científicos y técnicos.	Art. 5	Soporta la implementación del enfoque STEM y el ABP como estrategias para desarrollar el pensamiento crítico y la capacidad de resolver problemas reales del entorno.
Decreto 1860	1994	Reglamenta la Ley 115. Concibe los proyectos pedagógicos como estrategias para relacionar la enseñanza con la realidad social y el espíritu investigativo.	Art. 36	Valida el proyecto como una estrategia curricular transversal que genera ambientes de aprendizaje significativos y contextualizados.



Ley 715	2001	Dicta normas orgánicas sobre recursos y competencias para garantizar la calidad y pertinencia de la educación mediante planes de mejoramiento.	Art. 5 (num. 5.2.3)	Enmarca la propuesta como un plan de mejoramiento pedagógico orientado a la innovación institucional y la superación de esquemas de enseñanza tradicional.
Ley 1581	2012	Establece el régimen general de protección de datos personales en Colombia, garantizando el derecho constitucional de los ciudadanos a conocer, actualizar y rectificar la información recogida en bases de datos.	Art. 5, Art. 7, Art. 12	Regula el tratamiento de los datos recolectados en el pretest y postest del proyecto. Garantiza el manejo ético, el anonimato de los estudiantes participantes y el uso de consentimientos informados para el procesamiento de evidencias fotográficas o académicas.
Documento CONPES (3975)	2019	Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial. Busca potenciar el valor social y económico mediante el uso estratégico de tecnologías digitales.	Sección de competencias para la 4RI (p. 3 y 47)	Actúa como referente para integrar la IA (avatar Esteban) y la gamificación (Genially). Sustenta el desarrollo de competencias para la 4RI, al permitir que el estudiante pase de receptor a investigador proactivo en contextos de minería y agricultura.

Nota. La tabla sintetiza el marco jurídico colombiano que respalda la integración de metodologías STEM, el aprendizaje basado en problemas y la protección de datos en entornos educativos tecnológicos. Elaboración propia.

Marco Metodológico

Categorización de la realidad educativa a abordar la realidad educativa abordada se centra en las dificultades que presentan los estudiantes de grado noveno para aplicar conocimientos



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

escolares en la resolución de problemas contextualizados, lo cual se manifiesta en una limitada capacidad de transferencia de saberes hacia situaciones reales de su entorno. Para abordar este fenómeno de manera rigurosa, las categorías centrales del estudio son: pensamiento crítico, enfoque STEM, aprendizaje basado en problemas (ABP) y secuencia didáctica. Esta delimitación permite que el marco metodológico identifique el problema y proponga una ruta de intervención coherente con las necesidades del aula.

Asimismo, para lograr una medición precisa de los avances, se asumen como subcategorías del pensamiento crítico: el análisis, la inferencia, la evaluación, la explicación y la autorregulación. Adicionalmente, se integran como subcategorías de análisis el trabajo colaborativo y la indagación, dimensiones intrínsecas de la metodología ABP. Estas unidades operativas actúan como los ejes de articulación que guiarán tanto el diagnóstico inicial como la valoración final del impacto de la secuencia didáctica, lo cual asegura que cada fase de la investigación mantenga una alineación estricta con el marco teórico y los instrumentos de recolección de información.

Enfoque de investigación

La presente investigación se vincula al enfoque mixto, definido por Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) como un proceso que integra métodos cuantitativos y cualitativos para obtener un diagnóstico exhaustivo del fenómeno. Bajo esta premisa, el componente cuantitativo se desarrolla mediante la aplicación de pretest y posttest, mientras que el componente cualitativo se aborda mediante diarios de campo derivados de la observación participante durante la implementación de la secuencia didáctica. Esta articulación metodológica permite que el



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

pensamiento crítico sea evaluado tanto en su eficacia estadística como en su relevancia pedagógica.

En coherencia con lo anterior, y siguiendo a Creswell y Plano Clark (2017), el estudio adopta un diseño mixto secuencial con triangulación final, en tanto inicia con un diagnóstico cuantitativo, continúa con observación cualitativa durante la intervención y finaliza con el contraste entre posttest y diarios de campo. Esta estructura se desarrolla en tres fases: la primera, diagnóstica, establece el estado inicial de los estudiantes; la segunda, de acción y observación, ejecuta la estrategia STEM-ABP con su respectivo registro sistemático; y la tercera, de evaluación, realiza la comparación de resultados para determinar el nivel de fortalecimiento de las habilidades alcanzado.

Tipo de investigación

El presente estudio se desarrolla bajo el modelo de investigación-acción, entendido como un proceso reflexivo liderado por el docente, donde las acciones se conciben como hipótesis sujetas a análisis crítico para construir conocimiento a partir de la práctica. La investigación-acción resulta pertinente porque permite intervenir una problemática situada en el aula, observar sus efectos y ajustar la práctica pedagógica durante el proceso, examinando dichos efectos de manera integral (Elliott, 2005).

De este modo, según Elliott (2005), “todas las prácticas... llevaban implícitas teorías y que la elaboración teórica consistía en la organización de esas ‘teorías tácitas’, sometándose a crítica en un discurso profesional libre y abierto” (p. 19). Desde esta perspectiva, la



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

investigación-acción no se limita a producir teoría, sino que busca transformar una situación concreta mediante la reflexión sistemática sobre la práctica docente. En este caso, las docentes investigadoras diseñan, implementan y analizan una secuencia didáctica orientada al fortalecimiento del pensamiento crítico en estudiantes de grado noveno, asumiendo un rol activo que vincula la ejecución pedagógica con el rigor de la indagación científica.

Técnicas e instrumentos de recolección de información

Para el desarrollo de la presente investigación, se han seleccionado técnicas que permiten la triangulación de datos cuantitativos y cualitativos, asegurando la validez de los hallazgos en el contexto de la IET Pablo Vallette.

Técnica: Encuesta

Instrumento: Cuestionario de pensamiento crítico aplicado como pretest y postest.

Se utilizará un cuestionario estructurado diseñado para evaluar las dimensiones del pensamiento crítico según Facione (1990): análisis, inferencia, explicación, evaluación y autorregulación. Asimismo, incorpora dimensiones asociadas al ABP, específicamente trabajo colaborativo e indagación. Este instrumento se aplicará en dos momentos:

- Pretest: Al inicio del proceso, con el propósito de establecer la línea base o diagnóstico del grupo de grado noveno.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

- Posttest: Al finalizar la intervención, utilizando el mismo instrumento para determinar de manera estadística el impacto de la secuencia didáctica STEM-ABP y el grado de fortalecimiento de las habilidades críticas.

Técnica: Observación (Diario de campo)

Como técnica cualitativa principal de la investigación-acción se emplea la observación participante, dado que las docentes investigadoras intervienen directamente en la implementación de la secuencia. El instrumento seleccionado es el diario de campo, en el cual se registran de manera sistemática los eventos ocurridos durante cada sesión. Según Bonilla-Castro y Rodríguez (2005), el diario de campo permite no solo describir los hechos, sino interpretar las interacciones, los obstáculos de aprendizaje y los momentos de aprehensión de los estudiantes en las fases de apertura, desarrollo y cierre.

Técnicas de análisis de la información

La información se analiza en tres momentos: análisis cuantitativo descriptivo, análisis cualitativo de contenido y triangulación de datos. En el primero, se realiza un análisis descriptivo de los resultados del pretest y posttest con el fin de comparar el desempeño inicial y final, bajo los principios de Hernández-Sampieri y Mendoza (2018). La segunda fase consiste en un análisis categorial basado en los criterios de reducción de datos de Miles y Huberman (1994), utilizado para organizar la información de los diarios de campo. Finalmente, se aplica la triangulación de datos definida por Denzin (1970) para interpretar el impacto de la intervención, permitiendo la integración de hallazgos para una comprensión holística del estudio.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Procesamiento de los datos

La codificación de las respuestas del cuestionario se realiza mediante valores binarios (1 para respuestas correctas y 0 para incorrectas). Luego, se calculan las medias aritméticas y la desviación estándar para determinar la variabilidad del desempeño, mediante las siguientes expresiones:

Media aritmética:

$$\underline{x} = \frac{\sum x_i}{n \cdot q}$$

Desviación estándar:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \underline{x})^2}{n}}$$

Donde: $\underline{x}$: Es la media aritmética, $\sum x_i$: es la sumatoria de todas las respuestas, n : es el número total de estudiantes que presentaron el test. q : Es el número de preguntas que componen esa subcategoría específica.

Análisis cualitativo:

El proceso se estructura en tres fases:

Codificación abierta: Identificación de conceptos clave en las narrativas de los diarios de campo.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Categorización: Agrupación de códigos según las categorías centrales (pensamiento crítico, ABP y enfoque STEM).

Interpretación: Vinculación de hallazgos con los postulados teóricos para explicar los procesos de evolución cognitiva.

Procedimiento: Fases para el desarrollo del proyecto

Fase 1. Diagnóstico: Identificación del estado inicial mediante pretest y resultados de la prueba Saber 11.

Fase 2. Acción y observación: Ejecución de la estrategia pedagógica basada en retos, estructurada en los momentos de apertura (conocimientos previos), desarrollo (núcleo del ABP) y cierre (síntesis y evaluación).

Fase 3. Evaluación: Aplicación del postest, análisis comparativo y triangulación de resultados para la reflexión final sobre la práctica.

Producto y resultados esperados

El producto central es la secuencia didáctica *Sinergia STEM*, validada y orientada al fortalecimiento del pensamiento crítico. Los resultados esperados incluyen un incremento en la capacidad argumentativa y de resolución de problemas, una optimización del trabajo colaborativo y la validación estadística del impacto de la mediación pedagógica en la IET Pablo Valette.

Población y muestra

Población: La población objeto de estudio está constituida por la totalidad de los estudiantes de educación secundaria de la IET Pablo Valette, ubicada en el municipio de San Pablo de Borbur, Boyacá. Este grupo se selecciona por su pertinencia para el análisis contextualizado de las condiciones socioculturales y educativas de la región.

Muestra: Se seleccionó una muestra no probabilística por conveniencia, conformada por ocho estudiantes de grado noveno, con edades comprendidas entre los 14 y 16 años. Este tamaño de muestra responde a las condiciones de alta movilidad estudiantil y a los índices de deserción escolar que enfrenta la institución en el nivel de educación básica secundaria. El grupo se caracteriza por pertenecer a los estratos socioeconómicos 1 y 2; asimismo, la mayoría de los estudiantes reside en zonas rurales, factor que influye en sus dinámicas de aprendizaje y en el acceso a recursos educativos.

.Tabla 3 *Matriz de interesados y beneficiarios.*

Grupo de interesados y beneficiarios	Intereses	Expectativas	Problemas previstos	Predisposición	Estrategia
<i>Estudiantes de grado noveno (IET Pablo Valette)</i>	Uso de herramientas tecnológicas. Participación en actividades dinámicas. Resolución de problemas del entorno.	Fortalecer habilidades de pensamiento crítico y comprensión lectora. Mejorar el desempeño académico mediante contextos reales.	Baja motivación inicial hacia la lectura. Riesgo de deserción por intereses económicos externos. s.	Solidaria (requiere motivación para transitar de la ambivalencia)	Diseñar actividades contextualizadas en minería y agricultura, empleando recursos tecnológicos.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

<i>Equipo investigador (maestranter)</i>	Fortalecimiento de la práctica docente. Implementación de metodologías STEM y ABP.	Ejecutar la secuencia didáctica efectivamente. Aportar innovación educativa al contexto institucional.	Limitaciones en el cronograma. Disponibilidad restringida de recursos tecnológicos.	Comprometido	Ejecutar una planificación rigurosa, promoviendo el trabajo colaborativo y ajustes mediante la reflexión permanente.
<i>Expertos validadores</i>	Garantía de coherencia y calidad metodológica. n.	Rigor académico del proyecto. Evaluar la pertinencia de los instrumentos. Validar la propuesta desde la experiencia pedagógica.	Discrepancias de criterio respecto a los enfoques o estrategias planteadas.	Solidario	Ajustar la propuesta según las recomendaciones académicas manteniendo una comunicación técnica, constante y respetuosa.

Nota. Matriz diseñada para identificar los actores clave y las estrategias de intervención en el marco del proyecto pedagógico. Elaboración propia.

Recursos previstos para la investigación

Para el desarrollo de la investigación, se ha estructurado una gestión de recursos categorizada en tres ejes fundamentales:

- Talento humano: compuesto por un equipo interdisciplinar en matemáticas, estadística, idiomas y tecnología que lidera la implementación y el registro sistemático de datos, respaldado por la validación de dos expertos externos que aseguran el rigor científico.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

- Recursos tecnológicos y económicos: incluye el uso de Microsoft Forms para la aplicación del pretest y posttest, la plataforma Genially para la mediación pedagógica y la inversión en suscripciones digitales y conectividad.
- Recursos materiales e infraestructura: consiste en equipos tecnológicos institucionales, diarios de campo físicos y el uso de espacios como el aula de clase y la sala audiovisual para facilitar la construcción de prototipos y las dinámicas de gamificación propias del enfoque STEM-ABP.

Análisis de resultados

Fase 1. Diagnóstico

Durante esta fase se desarrolló el pretest de pensamiento crítico (Anexo P-T), instrumento compuesto por 17 preguntas de selección múltiple con lecturas contextualizadas en la problemática minero-ambiental. El diseño evaluó las habilidades propuestas por Facione (1990): análisis, inferencia, evaluación, explicación y autorregulación, integrando además dimensiones del ABP como indagación y trabajo colaborativo.

Adicionalmente, se utilizó un diario de campo (Anexo DC-PT) para sistematizar la observación participante durante la aplicación del instrumento. El registro evidenció que, aunque los estudiantes mostraron disposición, factores exógenos como la brecha en acceso a conectividad y la interrupción del horario institucional afectaron la ejecución. Según Kahneman (2012), estas distracciones externas fragmentaron la continuidad del pensamiento reflexivo, forzando al estudiantado a operar desde el Sistema 1 (procesamiento intuitivo) en lugar de activar el Sistema

2, el cual demanda atención sostenida y esfuerzo cognitivo. Esto impactó directamente en habilidades como la autorregulación y el análisis crítico, las cuales requieren de un entorno propicio para su despliegue óptimo.

La Tabla 4 resume el estado inicial del grupo:

Tabla 4

Estadísticas descriptivas pretest.

Subcategorías	Media	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo	Varianza
Análisis (AN)	0,67	0,21	0,33	1,00	0,04
Inferencia (INF)	0,75	0,3	0,33	1,00	0,09
Explicación (EX)	0,50	0,17	0,33	0,67	0,03
Evaluación (EV)	0,92	0,12	0,67	1,00	0,01
Autorregulación (AU)	0,46	0,25	0,00	0,67	0,06
Trabajo Colaborativo (TC)	0,13	0,35	0,00	1,00	0,12
Indagación (IND)	0,37	0,52	0,00	1,00	0,27

Nota. Resultados obtenidos en la fase diagnóstica. Elaboración propia.

El análisis de los datos (Tabla 4) evidencia un desempeño intermedio en análisis (0,67). En contraste, las dimensiones de autorregulación (0,46) e indagación (0,37) presentan debilidades significativas, lo que ratifica la carencia de procesos autónomos de búsqueda y control del propio aprendizaje. Particularmente, el bajo resultado en trabajo colaborativo (0,13), respaldado por la observación en el diario de campo, indica una estructura de aprendizaje individualista. Si bien los estudiantes colaboran ante situaciones de emergencia (como la falla de conectividad), no perciben la colaboración como una competencia académica formal. Conforme a Wenger (2001), esta transición de la práctica natural hacia la competencia reconocida requiere una negociación de significados que, en esta etapa, aún no se encuentra consolidada.

Por otro lado, se identificó una fortaleza notable en la subcategoría de evaluación (0,92), lo que demuestra capacidades iniciales para emitir juicios de valor y validar argumentos (Ennis, 2011). No obstante, existe una brecha en explicación (0,50); los estudiantes identifican respuestas correctas, pero presentan dificultades al justificar los procesos lógicos subyacentes, lo cual revela un nivel incipiente de metacognición (Facione, 1990).

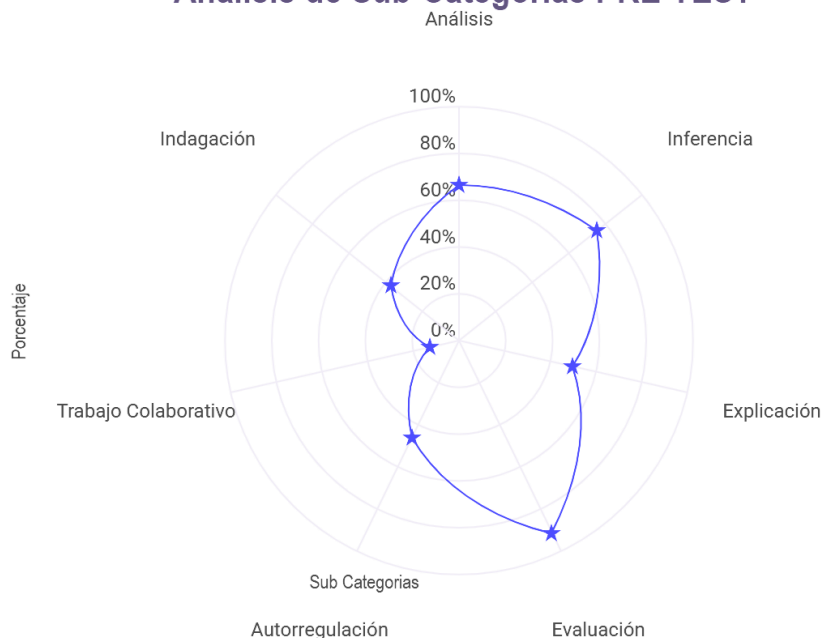
Figura 2

Estadísticas descriptivas correspondientes a dichas subcategorías de análisis.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Análisis de Sub-Categorías PRE-TEST



Nota. La figura evidencia que, en el pretest, la subcategoría con mayor desempeño fue evaluación, seguida de inferencia y análisis. En contraste, explicación, autorregulación y, especialmente, trabajo colaborativo presentan los niveles más bajos, lo cual evidencia dificultades en la argumentación, el diálogo y la construcción conjunta del aprendizaje, aspectos clave para el fortalecimiento del pensamiento crítico. Elaboración propia.

Estos resultados fundamentan la necesidad de reorientar el proceso de enseñanza hacia una metodología activa como el ABP. El diagnóstico permite concluir que el desempeño del grupo disminuye ante tareas que demandan autonomía y construcción conjunta. Por lo tanto, se requiere profundizar en estrategias que activen la curiosidad y permitan al estudiante corregir su proceso cognitivo, pasando de una recepción pasiva a un razonamiento fundamentado donde la información

analizada y las inferencias formuladas establezcan las bases para un pensamiento crítico más elaborado.

Fase 2. Acción y observación

Esta fase comprende la implementación de la secuencia didáctica *Sinergia STEM: Mentes críticas ante el desafío minero-ambiental* (véase Anexo SD), estructurada para atender las brechas identificadas en el diagnóstico. La estrategia se fundamentó en la integración de ABP y STEM, utilizando un prototipo interactivo en Genially y un agente pedagógico (avatar "Esteban"), optimizado mediante modelos de lenguaje como Gemini (véase Figura 3). Esta mediación multimodal, coherente con los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), garantizó una participación inclusiva.

Figura 3

Interfaz gamificada con mediación de avatar generado por IA.





UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Nota. Interfaz desarrollada en Genially que integra un agente pedagógico (avatar "Esteban") y recursos multimediales generados con IA (Gemini). Elaboración propia.

La implementación siguió los momentos de Díaz-Barriga (2013): apertura, desarrollo y cierre. A continuación, se detalla el propósito de las cuatro secuencias:

Sesión 1: Impacto de la minería (véase Anexo S1). Enfocada en análisis e inferencia, esta secuencia posicionó al estudiante como investigador activo. La apertura utilizó al avatar Esteban para vincular la minería con el contexto territorial. El desarrollo empleó la indagación guiada para transformar evidencias en preguntas investigables, mientras que el cierre permitió socializar hipótesis, facilitando al docente el registro de la capacidad de descomposición de problemas complejos.

Sesión 2: Función lineal en el origen (véase Anexo S2). Núcleo práctico de la propuesta, orientada al modelamiento técnico. La apertura introdujo variables matemáticas a partir de insumos mineros; el desarrollo permitió la aplicación del pensamiento sistémico mediante la iteración de prototipos bajo restricciones presupuestarias; y el cierre se centró en la validación y autorregulación, donde el estudiante comparó sus modelos matemáticos con la funcionalidad operativa de su diseño.

Sesión 3: Impacto de la minería en el Occidente de Boyacá (véase Anexo S3). Centrada en indagación y argumentación. Tras la exploración de presaberes en Padlet, los estudiantes categorizaron información en dimensiones ambientales, económicas, políticas y



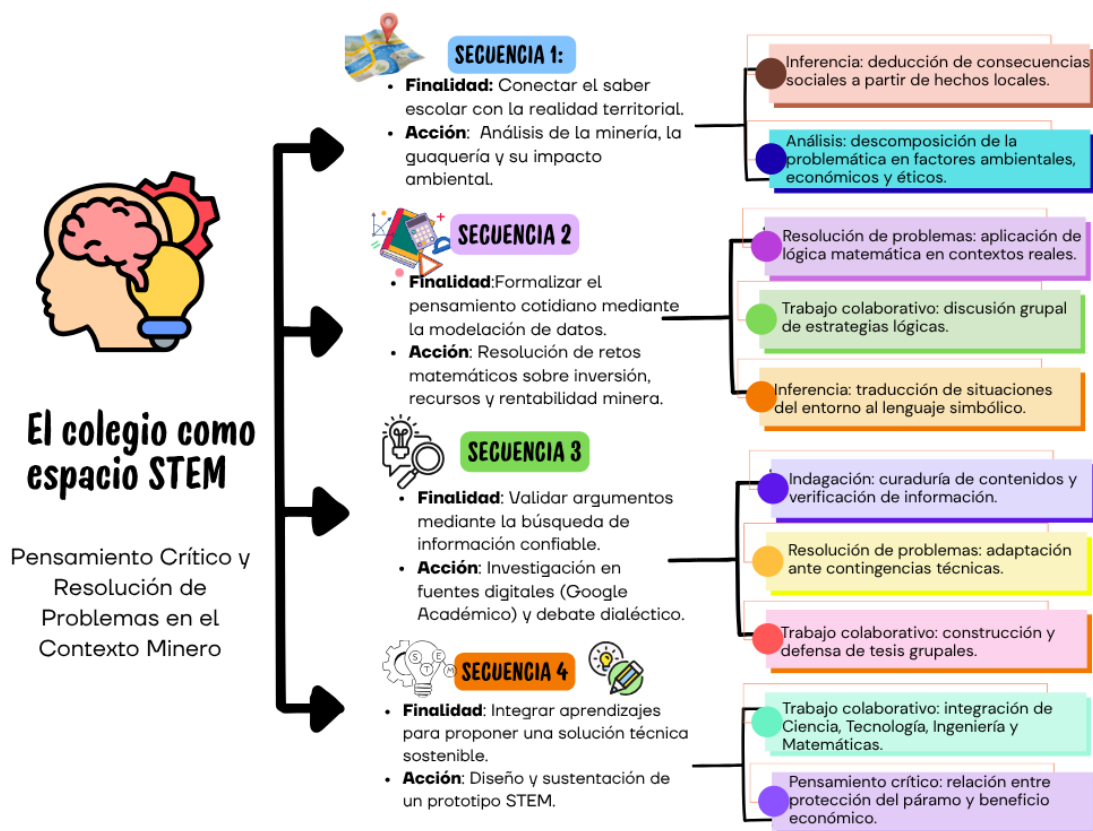
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

sociodemográficas. Esta base teórica fue puesta a prueba en un debate académico final que exigió la sustentación con evidencia sólida.

Sesión 4: La propuesta de solución. Fase de síntesis orientada a la producción técnica bajo la pregunta orientadora: ¿Cómo obtener beneficios económicos sin destruir el páramo? Se implementó una estructura de roles especializados (científico, ingeniero, analista, vocero) para promover la interdependencia positiva y mitigar las deficiencias en el trabajo colaborativo. El proceso culminó con una sustentación formativa que evaluó la capacidad de síntesis y la convergencia de las áreas STEM como herramientas de transformación social.

Figura 4

Mapa conceptual de la secuencia didáctica: Sinergia STEM: Mentes críticas ante el desafío minero-ambiental



Nota. La figura sintetiza la progresión pedagógica de la intervención, vinculando cada sesión con las habilidades de pensamiento crítico y competencias STEM que se pretenden fortalecer. Elaboración propia.

Análisis de la observación participante por sesiones

La observación sistemática permitió contrastar el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico con la eficacia de la mediación tecnológica. A continuación, se sintetizan los hallazgos derivados de los diarios de campo:



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

- **Sesión 1** (Impacto de la minería): La mediación tecnológica, mediante el avatar Esteban, actuó como un detonante motivacional (véase Anexo S1). Si bien persistieron dificultades iniciales en el análisis de variables mineras, se observó la emergencia de liderazgos positivos, mayoritariamente femeninos, que facilitaron la síntesis de información. El grupo logró vincular la actividad extractiva con las tensiones socioecológicas de su territorio, superando la recepción pasiva de contenidos.
- **Sesión 2** (Función lineal en el origen): Se evidenció un tránsito cualitativo hacia la inferencia matemática. Los estudiantes evolucionaron del cálculo mental básico a la identificación de variables en contextos cotidianos (véase Anexo S2). Destaca el ejercicio de autorregulación ante errores de interpretación numérica, donde la verificación manual y el uso de herramientas metacognitivas como el "semáforo" permitieron ajustar el modelado gráfico de forma autónoma.
- **Sesión 3** (Impacto de la minería en el Occidente de Boyacá): Enfocada en indagación y argumentación, esta sesión demostró la resiliencia del grupo ante fallas tecnológicas; ante la pérdida de conectividad, recurrieron a registros manuales que validaron la internalización previa de conceptos (véase Anexo S3). En el debate final, se registró una mejora en el dominio textual, donde los estudiantes lograron fundamentar sus posturas en dimensiones multidimensionales, a pesar de los desafíos persistentes en la contraargumentación técnica.
- **Sesión 4** (Diseño de propuestas de solución): Se consolidó la interdependencia positiva mediante la asignación de roles especializados (científico, ingeniero, analista, vocero), los cuales mitigaron la fragmentación del trabajo (véase Anexo S4). Un momento de crisis



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

externa fue superado mediante la mediación docente, transformando la frustración inicial en indagación activa. El desarrollo de prototipos finales validó que el pensamiento crítico se fortalece al aplicar conocimiento científico-tecnológico en la resolución de conflictos auténticos del territorio.

Fase 3. Evaluación

Esta fase constituye el eje central de la investigación, pues valida el impacto del enfoque STEM y el ABP en el fortalecimiento del pensamiento crítico mediante la triangulación entre datos cuantitativos (postest) y cualitativos (diarios de campo). A través de la triangulación, se contrastan las evidencias obtenidas en el diagnóstico con los desempeños finales, lo que permite una interpretación integral de los cambios presentes en las habilidades cognitivas de la población muestra frente a la problemática minera.

Aplicación del postest

La aplicación digital del postest mostró una notable optimización en la fluidez procedimental: los estudiantes redujeron en 15 minutos el tiempo de ejecución respecto al diagnóstico, evidenciando mayor autonomía y competencia digital. No obstante, se registraron factores actitudinales como la fatiga por la repetición del instrumento, la cual se mitigó mediante la asociación de los ítems con los contenidos trabajados durante la secuencia.

Tabla 5



Estadísticos descriptivos de las subcategorías del posttest.

<i>Subcategoría</i>	<i>Media</i>	<i>Desv. Estándar</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Varianza</i>
<i>Análisis (AN)</i>	0,67	0,31	0,33	1,00	0,10
<i>Inferencia (INF)</i>	0,84	0,18	0,67	1,00	0,03
<i>Explicación (EX)</i>	0,63	0,22	0,33	1,00	0,05
<i>Evaluación (EV)</i>	0,71	0,33	0,00	1,00	0,11
<i>Autorregulación (AU)</i>	0,75	0,24	0,33	1,00	0,04
<i>Trabajo Colaborativo (TC)</i>	0,25	0,46	0,00	1,00	0,21
<i>Indagación (IND)</i>	0,53	0,53	0,00	1,00	0,29
<i>Puntuación Total</i>	11,37	2,67	8,00	16,00	7,14

Nota. Los valores reflejan la evolución global tras la implementación de la secuencia didáctica comparada con el diagnóstico inicial. Elaboración propia.

Interpretación de resultados del postest

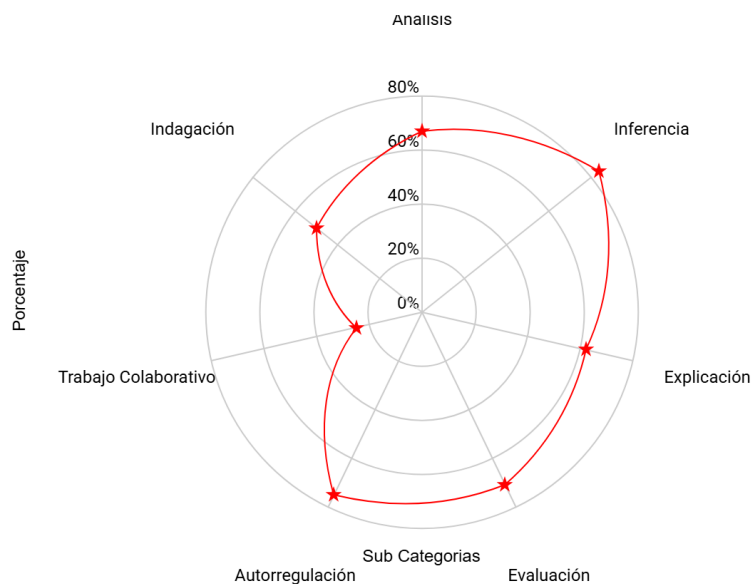
Tras la intervención, los mayores desempeños promedio se concentraron en las subcategorías de inferencia (0,84) y autorregulación (0,75). La baja dispersión en inferencia (DE: 0,18) indica una homogeneidad significativa en la capacidad del grupo para extraer conclusiones lógicas. Asimismo, el desempeño en autorregulación ratifica que los estudiantes desarrollaron una habilidad evidente para realizar un seguimiento crítico de su propio proceso cognitivo.

Por el contrario, el trabajo colaborativo (TC) y la indagación (IND) presentaron los niveles más bajos y una variabilidad significativa. En el caso de TC (media 0,25, DE: 0,46), se evidencia una marcada heterogeneidad, donde coexisten desempeños máximos con resultados mínimos. En indagación (media 0,53), el rango total de desempeño (0 a 1) refleja una apropiación desigual de las herramientas de investigación. Finalmente, en la evaluación (0,71), la desviación estándar de 0,33 confirma una dispersión provocada por la coexistencia de desempeños destacados con niveles iniciales aún no superados.

En conjunto, el promedio de 11,37 sobre 16 en la puntuación total evidencia un nivel de logro satisfactorio. Pese a las disparidades detectadas en TC e IND, el desempeño global del grupo se consolida por encima de la media diagnóstica. En conclusión, el postest refleja avances significativos en procesos cognitivos individuales (inferencia, análisis y autorregulación), mientras que la dimensión social y las estrategias de búsqueda de información se mantienen como áreas críticas que requieren procesos de mediación continua.

Figura 5

Estadísticas descriptivas correspondientes a dichas subcategorías de análisis.



Nota: Gráfico radial que representa los niveles de desempeño alcanzados en las dimensiones del pensamiento crítico y las categorías del ABP tras la aplicación del postest.

Análisis del cambio: del pretest al postest

Esta fase constituye el núcleo analítico de la investigación mediante la validación cruzada. Siguiendo a Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), se vinculan los resultados del pretest con la evidencia cualitativa (diarios de campo) y el postest, lo que permite una interpretación holística del impacto de la intervención en la IET Pablo Valette. Esta triangulación transforma el análisis en un diálogo constante entre lo cuantitativo y lo cualitativo, fundamento para determinar la eficacia de la propuesta STEM-ABP.

La Tabla 6 muestra el comparativo de medias, revelando una evolución significativa en la estructura del pensamiento de los estudiantes: transitaron de un razonamiento intuitivo hacia una consolidación de habilidades críticas y una comprensión clara de los procesos requeridos.

Tabla 6 *Comparativo de medias entre pretest y posttest*

Subcategorías de PC y ABP	Media pretest	Media posttest	Diferencia
Análisis (AN)	0,67	0,67	0,00
Inferencia (INF)	0,75	0,84	+0,09
Explicación (EX)	0,50	0,63	+0,13
Evaluación (EV)	0,92	0,71	-0,21
Autorregulación (AU)	0,46	0,75	+0,29
Trabajo Colaborativo (TC)	0,13	0,25	+0,12
Indagación (IND)	0,37	0,53	+0,16
Puntuación Total	10,4	11,5	+1,10

Nota. PC: Pensamiento Crítico; ABP: Aprendizaje Basado en Problemas. Elaboración propia.

Interpretación de resultados

El incremento en la puntuación total (10,40 a 11,50) evidencia un progreso integral. La autorregulación (AU) presentó el avance más significativo (+0,29), validado por los diarios de campo, que registran una mayor capacidad del estudiante para controlar y corregir su proceso



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

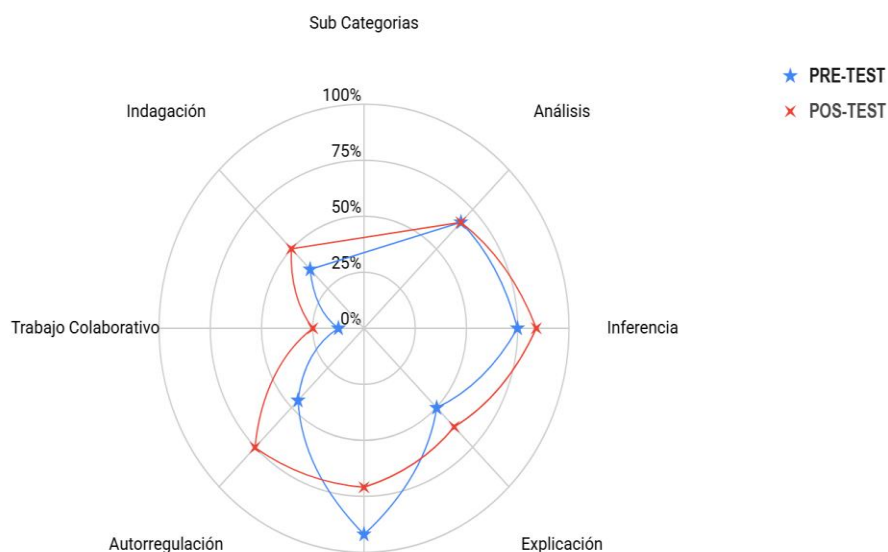
cognitivo. Por su parte, la inferencia (INF) se consolidó como una habilidad robusta (+0,09), mientras que la explicación (EX) aumentó (+0,13), reflejando una mayor coherencia argumentativa.

En cuanto a las medidas de dispersión, la reducción de la desviación estándar total (de 2,10 a 1,65) indica que el grupo alcanzó una mayor homogeneidad, reduciendo la brecha entre los estudiantes con mejor desempeño y los rezagados. La disminución en la subcategoría de evaluación (EV) requiere una interpretación cautelosa: al enfrentarse a una intervención pedagógica de mayor exigencia cognitiva, los estudiantes adoptaron una postura más autocrítica y realista frente a la complejidad de "evaluar", abandonando las puntuaciones intuitivas del pretest por valoraciones fundamentadas.

Dinámicas del ABP

En las dimensiones del ABP, el trabajo colaborativo (TC) mostró una evolución progresiva (+0,12). Aunque el promedio permanece bajo, el aumento de la mediana sugiere que una parte significativa del grupo comenzó a internalizar las dinámicas colaborativas. Respecto a la indagación (IND), la reducción de la dispersión (+0,16) es el hallazgo más relevante: el grupo ha comenzado a estandarizar sus procesos de búsqueda y validación de información, validando que el uso de roles especializados y retos auténticos transforma la apatía inicial en competencias aplicables (véase Figura 6).

Figura 6. *Comparativa de resultados por categoría: Pretest vs. posttest (n=8)*



Nota. Comparativa del desempeño tras la implementación. La línea roja muestra el incremento en habilidades de pensamiento crítico, validando la efectividad de la intervención pedagógica. Elaboración propia.

Análisis de la observación participante por sesiones

El análisis de las sesiones permite triangular el impacto de la secuencia didáctica, observando cómo la mediación tecnológica y el ABP estructuraron la evolución cognitiva del estudiantado:

Sesión 1: Impacto del contexto en la inferencia científica



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

El desempeño cuantitativo en la primera secuencia consolidó a la inferencia (0,84 en el posttest) como la subcategoría más robusta del proyecto. Este dato no es un hecho aislado, sino que se explica por la movilización efectiva de presaberes sobre el entorno minero de San Pablo de Borbur; la capacidad de los estudiantes para deducir riesgos laborales y ambientales demostró que el pensamiento crítico se potencia cuando el estudiante dota de significado a la información desde su realidad socioeconómica, tal como lo propone Jonassen (1997).

En cuanto a la dimensión social de la competencia, los registros del diario de campo (véase Anexo S1) revelaron una auto-organización funcional emergente. Ante la ausencia de roles impuestos, el grupo ejecutó una división de trabajo altamente especializada: mientras un subgrupo se centró en la indagación técnica, otro se dedicó a la lectura crítica y a la coevaluación de las ideas fuerza, garantizando la coherencia argumentativa de los hallazgos. Este proceso de liderazgo distribuido, encabezado por coordinaciones naturales que articularon el flujo de trabajo, superó el aprendizaje individualista observado en el diagnóstico.

El hallazgo principal de esta sesión es que, si bien los estudiantes poseían la competencia social de colaborar de manera intuitiva, fue la mediación de la estructura STEM la que permitió elevar esa práctica natural al estatus de competencia académica formal. Esta articulación fue determinante para que el grupo lograra la transición del juicio empírico, basado en la experiencia cotidiana, hacia la inferencia científica, validando el ABP como una estrategia eficaz para integrar la realidad local con procesos de pensamiento cognitivo superior.

Sesión 2: Autorregulación y cambio conceptual en el modelado matemático



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

La segunda secuencia reportó un desempeño superior en autorregulación (0,75 en el postest), correlacionado directamente con la mediación tecnológica. El uso del avatar "Esteban" en la interfaz de Genially redujo la frustración matemática y fomenta un ambiente de interactividad que sustituyó el bloqueo ante el cálculo por procesos de lluvia de ideas y coevaluación (véase Anexo S2). Este hallazgo confirma que la gamificación actúa como un andamiaje efectivo para la gestión del componente afectivo en el aprendizaje de las ciencias.

Un resultado analítico sobresaliente fue la tensión epistémica entre la experiencia minera cotidiana y el rigor lógico-matemático. Si bien los estudiantes demostraron una base sólida en análisis (0,67), prevalecía una confianza intuitiva en juicios empíricos (ej. "sin necesidad de hacer el cálculo, lo saco por lógica"). La secuencia no buscó la sustitución del saber previo, sino la reorganización de los modelos mentales iniciales, tal como lo plantea Vosniadou (2013). La estructura STEM fue fundamental para este propósito: al exigir validaciones técnicas, desplazó la opinión subjetiva hacia la argumentación basada en evidencia (Kuhn, 2019).

Esta transición se consolidó en el dominio de la evaluación (0,71), logrando que el estudiante adoptará rutinas de pensamiento orientadas a la precisión (Perkins, 2014). El principal impacto pedagógico de esta sesión fue el tránsito del razonamiento basado en la intuición, "yo creo" a la demostración empírica "yo demuestro" lo que elevó la praxis cotidiana del estudiante a la categoría de objeto de estudio científico y validó la eficacia de la secuencia para elevar la rigurosidad lógica en contextos donde el juicio intuitivo suele prevalecer.

Sesión 3: Indagación, resiliencia y barreras argumentativas



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

La indagación (0,53 en el postest) presenta un desempeño intermedio, influenciado por los desafíos contextuales de la sesión. Si bien el promedio cuantitativo refleja limitaciones, el análisis cualitativo revela una capacidad de respuesta altamente adaptativa. Ante la inestabilidad de la conexión, los estudiantes demostraron una actitud proactiva, transitando de la dependencia digital hacia la búsqueda de soluciones autónomas, tales como la gestión de recursos físicos previos y el soporte técnico institucional (véase Anexo S3). Este hallazgo valida que la indagación, cuando se sitúa en problemas reales, no depende exclusivamente de la conectividad, sino de la persistencia estratégica del aprendiz.

No obstante, la frustración derivada del conflicto cognitivo ante la caída del sistema expuso una fragilidad en la autorregulación. Los estudiantes tendieron a emplear herramientas de inteligencia artificial como un "refugio de seguridad" para mitigar la falta de información inmediata. Este fenómeno, analizado bajo la óptica de Lipman (2003), evidencia que, bajo presión, el pensamiento crítico puede verse limitado; en este caso, la búsqueda de alivio ante el estrés técnico sustituyó el juicio reflexivo por recursos automatizados. Esta situación permitió una intervención docente decisiva sobre el uso ético y crítico de las herramientas digitales, transformando la crisis en una oportunidad de aprendizaje sobre la fiabilidad de las fuentes.

En cuanto a la explicación (0,63 en el postest), el debate académico reveló una brecha persistente en la fluidez terminológica. Mientras que el equipo a favor de la minería desarrolló destrezas para la formulación de preguntas estratégicas, el equipo opositor exhibió un lenguaje técnico forzado y confuso. Como señalan Kelly y Licona (2018), la argumentación es una práctica social situada; la observación indica que, en contextos de alta presión, la apropiación del



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

discurso científico tiende a volverse mecánica. Esto confirma que, si bien la secuencia facilitó el aumento del promedio en la dimensión explicativa, la consolidación de una fluidez discursiva auténtica requiere de un proceso de mediación más prolongado, donde la persuasión y la profundidad conceptual prevalezcan sobre la simple memorización de tecnicismos.

Sesión 4: Resolución de problemas e ingeniería situada

La fase final del proyecto permitió constatar la eficacia de la integración interdisciplinar para la resolución de problemas técnicos. El proceso de prototipado refleja una evolución consolidada en inferencia (0,84) y análisis (0,67), logrando que los estudiantes transitaran de la abstracción teórica a una solución de ingeniería aplicada. Un hallazgo notable fue la capacidad de vinculación del prototipo con riesgos reales del entorno (véase diario de campo S4)., como el diseño de dispositivos de seguridad eléctrica basados en incidentes locales, lo cual valida la premisa de Dewey (1989): la situación de perplejidad moviliza al estudiante hacia una investigación activa y situada.

Desde la dimensión matemática, se observó un avance significativo en autorregulación (0,75 en el postest), evidenciado por la capacidad del grupo para integrar variables del entorno socioeconómico en sus modelos. Mientras que al inicio de la secuencia las propuestas económicas eran desproporcionadas, los equipos lograron alinear sus proyecciones con la realidad del mercado local. Este desempeño demuestra un desarrollo en la madurez del pensamiento sistémico (Senge, 2006), donde el estudiante percibe la interrelación de variables en

lugar de analizar componentes aislados, lo que confirma la eficacia del enfoque STEM como marco para la toma de decisiones fundamentadas.

Finalmente, el trabajo colaborativo se vio fortalecido por la asignación de roles especializados (científico, ingeniero, analista, vocero). Este mecanismo permitió que la interdependencia positiva según Johnson y Johnson (1999) actuará como una estrategia de nivelación académica, donde los integrantes con dificultades lograron articular sus argumentos a través del apoyo colectivo. El éxito de los prototipos finales demuestra que el pensamiento crítico se potencia al aplicar el conocimiento científico-tecnológico para resolver conflictos auténticos, logrando una conexión efectiva entre el aula y la realidad socioeconómica de San Pablo de Borbur.

Conclusiones

La investigación permitió validar la eficacia de la integración del enfoque STEM y el aprendizaje basado en problemas (ABP) como estrategia para transformar la práctica educativa en la IET Pablo Valette, desplazando modelos estandarizados hacia un aprendizaje centrado en el contexto real. Los resultados evidencian que el estado inicial de los estudiantes de grado noveno se caracterizó por un predominio de razonamientos intuitivos y debilidades estructurales, particularmente en las dimensiones de autorregulación, indagación y trabajo colaborativo. Este diagnóstico confirmó que las habilidades de pensamiento crítico no se desarrollan de forma espontánea, sino que requieren de una mediación pedagógica intencional para transitar desde la opinión subjetiva hacia la argumentación fundamentada y el juicio reflexivo.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

El diseño de la secuencia didáctica *Sinergia STEM* resultó ser una herramienta metodológica clave al crear ambientes de aprendizaje activos y transversales. Al territorializar el currículo frente a las problemáticas del sector minero en el Occidente de Boyacá, la propuesta permitió que el desarrollo de habilidades superiores prevaleciera sobre la transmisión técnica de conceptos. Dicha mediación, apoyada en el uso de herramientas tecnológicas e inteligencia artificial, operó como un soporte dinámico que movilizó el interés y la curiosidad científica, validando que las áreas STEM adquieren pertinencia cuando se analizan realidades inmediatas.

La implementación de los roles especializados y el modelo de trabajo colaborativo permitió observar el surgimiento de liderazgos distribuidos, donde el estudiante asumió la responsabilidad directa de su aprendizaje. Si bien la apatía inicial, derivada de vacíos en conceptos previos, planteó un desafío, la redefinición de roles transformó la frustración frente al error en una oportunidad para la indagación activa. Esta dinámica demostró que la colaboración, lejos de ser un proceso natural, requiere de una estructura pedagógica que fuerce la interdependencia positiva, facilitando así que los estudiantes con mayores dificultades logaran articular sus argumentos con el apoyo del colectivo.

Finalmente, al analizar la evolución cognitiva de los participantes, se evidencia una mejora sustancial en las habilidades de inferencia y autorregulación, reflejada tanto en el incremento del desempeño cuantitativo como en la complejidad de los prototipos técnicos desarrollados. La capacidad de los estudiantes para deducir riesgos ambientales y proponer soluciones de ingeniería a tensiones éticas reales demuestra que el pensamiento crítico se consolidó como una competencia operativa. En última instancia, el proyecto trasciende el ámbito



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

escolar, convirtiendo el pensamiento crítico en una herramienta de transformación social esencial para que los jóvenes de San Pablo de Borbur ejerzan una ciudadanía informada, autónoma y capaz de incidir en su entorno profesional y comunitario.

Visión prospectiva del proyecto.

Lecciones aprendidas

- El diseño e implementación de la secuencia didáctica Sinergia STEM permitió reconocer que el contexto minero de San Pablo de Borbur constituye un eje articulador fundamental para contextualizar el desarrollo del pensamiento crítico.
- El proceso de aprendizaje adquiere relevancia y significado cuando se articula a las realidades socioeconómicas del entorno, facilitando el tránsito de los presaberes hacia el conocimiento científico.
- La inclusión de dispositivos tecnológicos bajo el enfoque STEM resultó ser un elemento clave para abordar temas complejos de manera accesible.
- La tecnología actúa como una estructura que equilibra el proceso de indagación, permitiendo que el error sea procesado como un dato de investigación y no como una falla académica, lo cual fortalece la persistencia en la resolución de problemas y estrategias como el ABP.

Fortalezas



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

- Los resultados cuantitativos y cualitativos confirman que el enfoque STEM, mediado por la estrategia ABP, optimiza la estructura del pensamiento crítico en los estudiantes de noveno grado.
- La autorregulación se consolidó como una capacidad clave, ya que los estudiantes lograron monitorear y ajustar sus estrategias de búsqueda de información y validación de hipótesis de forma autónoma.
- La organización mediante roles técnicos (ingeniero, analista de datos, vocero) estableció una interdependencia funcional que niveló los desempeños individuales, transformando el aula en un centro de operaciones donde la argumentación lógica sustituyó la memorización.
- Sinergia STEM validó la eficacia del modelo para potenciar competencias que anteriormente presentaban falencias en las evaluaciones estandarizadas.

Oportunidades

- Expandir el modelo a otros niveles de educación secundaria y sedes rurales para validar la generalización de los hallazgos en poblaciones diversas.
- Innovar en contextos de baja conectividad mediante el diseño de versiones híbridas o unplugged de la secuencia didáctica que preserven el rigor investigativo STEM.
- Reestructurar el calendario académico para integrar las metodologías activas como un proceso de exposición continua, favoreciendo la maduración cognitiva.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

- Institucionalizar el seguimiento longitudinal mediante una línea de investigación que rastree el impacto de la autorregulación en la trayectoria poscolar de los egresados.
- Estandarizar las competencias de trabajo colaborativo, cuyas disparidades indican la necesidad de fortalecer la resolución de conflictos internos en los equipos.
- Capacitar al cuerpo docente en metodologías activas para garantizar que la transformación pedagógica sea una práctica cotidiana y no dependa de intervenciones externas.

Recomendaciones

- Reingeniería curricular: Formalizar el aprendizaje basado en problemas (ABP) como metodología transversal en la educación media de la IET Pablo Valette.
- Ejes problemáticos: Transitar de una integración disciplinar esporádica a una estructura de ejes problemáticos articuladores, donde las áreas converjan en proyectos con impacto comunitario.
- Comité de innovación STEM: Implementar una instancia liderada por docentes capacitados, encargada de diseñar protocolos de evaluación que midan habilidades de orden superior.
- Vinculación externa: Fortalecer alianzas con el sector productivo y gubernamental de Boyacá para que los proyectos reciban retroalimentación de expertos y contribuyan a las discusiones sobre el desarrollo sostenible regional.

Nuevos proyectos



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

- Programación y robótica rural: Investigar cómo el uso de lenguajes de programación y robótica educativa de bajo costo potencia la capacidad de abstracción.
- Ingeniería rural sustentable: Crear una línea de investigación donde los estudiantes utilicen materiales del entorno para prototipar soluciones de gestión hídrica o control de erosión.
- Programa de mentores: Fomentar una cultura de investigación en cascada, donde los estudiantes que completaron Sinergia STEM lideren procesos de indagación con grados inferiores.

Consideraciones éticas

La presente investigación garantizó el cumplimiento de la Ley 1581 de 2012 sobre la protección de datos personales, asegurando un manejo íntegro y confidencial de la información. Se implementaron protocolos de anonimización mediante códigos alfanuméricos para salvaguardar la privacidad de los ocho estudiantes participantes. Previo al desarrollo de la fase diagnóstica y la intervención, se obtuvo el consentimiento informado firmado por los padres de familia o acudientes, así como el asentimiento informado de los menores de edad, documentando su participación voluntaria y autorizando el uso de evidencias académicas y fotográficas con fines estrictamente investigativos. El proyecto contó con la validación institucional y el aval del comité de ética correspondiente, asegurando que las actividades de recolección de datos y el uso de herramientas tecnológicas se enmarcaran en un entorno seguro, profesional y orientado a la



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

innovación educativa, sin vulnerar los derechos de los participantes ni alterar negativamente su proceso formativo.

Referencias Bibliográficas

Adúriz-Bravo, A. (1999). *La didáctica de las ciencias como disciplina emergente*. Editorial Gredos.

Amaya Fernández, J. (2023). *Formación docente y efectividad de las tecnologías de interacción en entornos virtuales* [Tesis de maestría, Universidad Pontificia Bolivariana]. Repositorio Institucional UPB.
<http://hdl.handle.net/20.500.11912/10775>

Awaludin, A., Aripin, A., y Makiyah, Y. S. (2025). Análisis del modelo PBL-STEM en física de 10.º grado. *Indonesian Journal of Science and Education*, 9(1), 45-58.

Barell, J. (2007). *Problem-based learning: An inquiry approach* (2.ª ed.). Corwin Press.

Barrows, H. S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New Directions for Teaching and Learning*, 1996(68), 3–12.
<https://doi.org/10.1002/tl.37219966804>

Bonilla-Castro, E., y Rodríguez Sehk, P. (2005). *Más allá del dilema de los métodos: La investigación en ciencias sociales*. Universidad de los Andes; Grupo Editorial Norma.

Brousseau, G. (2007). *Iniciación al estudio de la teoría de las situaciones didácticas*. Libros Zorzal.

Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. National Science Teachers Association Press.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Cabezas, M. L. C., y Carrera, O. C. (2024). Enfoque STEM en la educación y formación docente en el Distrito Noroccidente de la Mancomunidad del Chocó Andino. *Revista Dialnet*, 1(1), 1-15.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9894223>

Calabrese Barton, A. M., Schenkel, K., y Tan, E. (2021). The ingenuity of everyday practice: A framework for justice-centered identity work in engineering in the middle grades. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 11(1), Artículo 6. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1278>

Chávez, A. P., y Hernández, B. J. (2023). *Estrategias pedagógicas para el fomento del pensamiento crítico en estudiantes de bachillerato* [Tesis de maestría, Universidad Pontificia Bolivariana]. Repositorio Institucional UPB.

<http://hdl.handle.net/20.500.11912/10776>

Chevallard, Y. (1985). *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Aique.

Chugchilán Fauta, M., Hurtado Mora, J., Tipán Caiza, R., Barragán Ocampo, J., y Cabezas López, M. (2024). El ABP en el área de lengua y literatura. *Revista Ecuatoriana de Investigación Educativa*, 2(1), 22-35.

Cohen, E. G., y Lotan, R. A. (2014). *Designing groupwork: Strategies for the heterogeneous classroom* (3.^a ed.). Teachers College Press.

Creswell, J. W., y Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and conducting mixed methods research* (3.^a ed.). SAGE Publications.

De Graaff, E., y Kolmos, A. (2020). Characteristics of problem-based learning. *International Journal of Engineering Education*, 36(3), 856-867.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

- Denzin, N. K. (1970). *The research act: A theoretical introduction to sociological methods*. Aldine.
- Dewey, J. (1938). *Experience and education*. Kappa Delta Pi.
- Dewey, J. (1989). *Cómo pensamos: Nueva exposición de la relación entre pensamiento reflexivo y proceso educativo*. Paidós.
- Dewey, J. (1998). *Democracia y educación*. Ediciones Morata.
- Díaz-Barriga, Á. (2013). *Guía para la elaboración de una secuencia didáctica*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ennis, R. H. (1991). Critical thinking: A streamlined conception. *Teaching Philosophy*, 14(1), 5-24.
- Facione, P. A. (1990). *Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction*. Insight Assessment.
- Facione, P. A. (2007). *Pensamiento crítico: ¿Qué es y por qué es importante?* Insight Assessment.
- Facione, P. A. (2011). *Critical thinking: What it is and why it counts*. Insight Assessment.
- Facione, P. A. (2019). *Critical thinking: What it is and why it counts*. Pearson.
- Flores Zaragoza, M., González Martínez, L. B., y Vences Esparza, A. (2024). La educación STEM y las metodologías activas: una revisión sistemática. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 12(Edición Especial).
- Garrison, D. R., Anderson, T., y Archer, W. (2001). Critical thinking, cognitive presence, and computer conferencing in higher education. *American Journal of Distance Education*, 15(1), 7–23. <https://doi.org/10.1080/08923640109527071>



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

- Gómez Difilippo, L. A. (2020). *El potencial del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) como estrategia didáctica en el sistema educativo colombiano: Una revisión documental* [Tesis de maestría, Universidad Pontificia Bolivariana]. Repositorio Institucional UPB. <http://hdl.handle.net/20.500.11912/8157>
- Greenberg, D., Kim, W. J., Brien, S., Barton, A. C., Balzer, M., y Archer, L. (2025). Designing and leading justice-centered informal STEM education: A framework for core equitable practices. *Science Education*, 109, 27–58.
<https://doi.org/10.1002/sce.21903>
- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266.
<https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000043138.97501.fd>
- Hodson, D. (2013). Science education for action: Turning principles into practice. *Journal of Technology and Science Education*, 3(2), 53–74.
<https://doi.org/10.3926/jotse.56>
- Hurd, P. D. (1998). *Scientific literacy: New minds for a changing world*. John Wiley & Sons.
- Johnson, D. W., y Johnson, R. T. (1999). *Learning together and alone: Cooperative, competitive, and individualistic learning* (5.^a ed.). Allyn & Bacon.
- Jonassen, D. H. (1997). Instructional design models for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes. *Educational Technology Research and Development*, 45(1), 65–94.
- Kahneman, D. (2012). *Pensar rápido, pensar despacio*. Debate.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

- Kelly, G. J., y Licona, P. (2018). Epistemic practices and science education. En L. A. Bryan y K. Tobin (Eds.), *13 Questions: Reframing Education's Conversation: Science* (pp. 139-165). Peter Lang.
- Kuhn, D. (2019). *Building our best future: Thinking critically about ourselves and our world*. Wessex Press.
- Lipman, M. (2003). *Thinking in education* (2.^a ed.). Cambridge University Press.
- Marín-Ríos, A. (2023). *Educación STEM/STEAM en Colombia: una revisión sistemática de la producción académica de posgrado* [Tesis de maestría, Universidad Pontificia Bolivariana]. Repositorio Institucional UPB.
<http://hdl.handle.net/20.500.11912/10660>
- Mayorga-Aguirre, A. S., Peñaherrera-Larenas, M. F., Castro-López, G. A., y Touma-Faytong, M. A. (2024). Educación STEM: Fomentando el pensamiento crítico e innovación en las aulas. *Polo del Conocimiento*, 9(10), 1414–1429.
<https://doi.org/10.23857/pc.v9i10.8182>
- Miles, M. B., y Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. Sage.
- Ochoa, M. (2024). *Análisis de resultados agregados por establecimiento educativo: I. E. Técnica Pablo Valette*. Milton Ochoa Consultoría.
- Pardo, N., y Ortiz, N. (2023). Evolución del pensamiento reflexivo y autonomía en entornos digitales. *Revista Colombiana de Educación*, 1(88), 112-135.
- Paul, R., y Elder, L. (2003). *La mini-guía para el pensamiento crítico: Conceptos y herramientas*. Fundación para el Pensamiento Crítico.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

- Paul, R., y Elder, L. (2005). *Estructuras de pensamiento y estándares intelectuales*. Fundación para el Pensamiento Crítico.
- Paul, R., y Elder, L. (2023). *The miniature guide to critical thinking concepts and tools* (9.^a ed.). Rowman & Littlefield.
- Perkins, D. (2014). *Future wise: Educating our children for a changing world*. Jossey-Bass.
- Prieto Díaz, C. E. (2023). *Reciprocidad entre asignaturas y motivación escolar* [Tesis de maestría, Universidad de los Andes]. Repositorio institucional.
- Ramsey, J. (1993). The science education reform movement: Implications for social responsibility. *Science Education*, 77(2), 235-258.
- Raynaudo, G., y Peralta, O. (2017). Cambio conceptual: una mirada desde las teorías de Piaget y Vygotsky. *Liberabit*, 23(1), 137–148.
<https://doi.org/10.24265/liberabit.2017.v23n1.10>
- Rivas-García, A. (2024). La pregunta problema en instituciones públicas: una estrategia para la argumentación. *Revista de Educación y Pedagogía*, 1(12), 45-60.
- Satrústegui Moreno, A., y Mateo González, E. (2023). Mejora del pensamiento crítico en alumnos de ESO a través del aprendizaje basado en problemas en un entorno STEAM. *Revista de Estilos de Aprendizaje*, 16(32), 19–32.
- Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. Debate.
- Secretaría de Educación de Boyacá. (2023). *Plan territorial de formación docente de Boyacá 2023–2027*. Gobernación de Boyacá.
- Senge, P. M. (2006). *La quinta disciplina: El arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje*. Granica.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

- Suárez-Velasco, M. (2024). Fortalecimiento del pensamiento lógico a través de la experimentación en ciencias. *Revista de Ciencias Educativas*, 15(2), 89-105.
- Torp, L., y Sage, S. (2002). *Problems as possibilities: Problem-based learning for K-12 education* (2.^a ed.). Association for Supervision and Curriculum Development.
- Vásquez, J. A. (2013). *STEM Lesson Essentials, Grades 3-8: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Heinemann.
- Vosniadou, S. (Ed.). (2013). *International handbook of research on conceptual change* (2.^a ed.). Routledge.
- Wenger, E. (2001). *Comunidades de práctica: Aprendizaje, significado e identidad*. Paidós.
- Yaki, A. A. (2025). Fostering critical thinking skills using integrated STEM approach among secondary school biology students. *European Journal of STEM Education*, 10(1), 1-12. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/12345>
- Zabala Vidiella, A. (2008). *La práctica educativa: Cómo enseñar*. Editorial Graó.

Anexos

La presente sección de anexos constituye el soporte empírico y metodológico que complementa el desarrollo de esta investigación, proporcionando las herramientas diseñadas para el fortalecimiento del pensamiento crítico en los estudiantes de noveno grado de la IET Pablo Valette. En este apartado se compilan los instrumentos de recolección de datos y evaluación implementados durante las fases de diagnóstico, acción y observación, y evaluación, tales como los cuestionarios de pre-test y post-test, así como los formatos de diarios de campo utilizados para el registro de observación sistemática. Asimismo, se incluye la secuencia didáctica: *Sinergia STEM*, la cual garantiza la trazabilidad del proceso pedagógico, la validez de los resultados obtenidos.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Anexo P-T (Pretest y posttest): Contiene los instrumentos de evaluación diagnóstica y final diseñados para medir de forma comparativa la evolución de las habilidades de pensamiento crítico (análisis, inferencia y evaluación) en los estudiantes antes y después de la intervención.

Anexo DC-PT (Diario de campo - pretest): Registro cualitativo de observación detallada durante la aplicación del diagnóstico inicial. En este documento se describen las primeras reacciones, dificultades y saberes previos manifestados por los estudiantes al enfrentarse a la problemática minera.

Anexo S1 (Diario de campo - Sesión 1): Documento de registro observacional centrado en la primera misión (Impacto de la Minería), donde se evidencia cómo el estudiante identifica la problemática de su entorno y comienza a descomponer problemas complejos.

Anexo S2 (Diario de campo - Sesión 2): Registro sistemático de la segunda sesión, enfocado en el proceso de modelación y los desafíos socioambientales, capturando la transición del saber empírico al saber científico y el trabajo colaborativo.

Anexo S3 (Diario de campo - Sesión 3): Instrumento de observación que documenta el desarrollo de soluciones sostenibles y la construcción de prototipos, registrando la capacidad de integración de conocimientos STEM por parte de los estudiantes.

Anexo S4 (Diario de campo - Sesión 4): Registro final del proceso, que recopila las observaciones durante el Simposio de soluciones, centrado en la capacidad de sustentación, autoevaluación y reflexión crítica sobre los proyectos presentados.

Anexo SD (Secuencia Didáctica): Documento maestro que detalla la planificación pedagógica integral, incluyendo los objetivos, las fases del ABP, el enfoque STEM que orientaron toda la investigación.