

*Pensamiento Matemático Crítico y Aprendizaje Basado en Proyectos Digitales para Resolver Problemas
Complejos en Bachillerato.*

*Critical Mathematical Thinking and Digital Project-Based Learning to Solve Complex Problems
in High School.*

PALABRA VERDADERA

Recepción: 14/09/2025
Aceptación: 18/09/2025
Publicación: 29/09/2025

AUTOR/ES

- **Alba Marlene Galarza Cobos**
• MINISTERIO DE EDUCACIÓN
• galarzamarlene01@yahoo.es
• <https://orcid.org/0009-0007-2439-5595>
• Ecuador
- **Reinerio Israel Sánchez Borja**
• MINISTERIO DE EDUCACIÓN
• reinerio.sanchez@educacion.gob.ec
• <https://orcid.org/0009-0007-1397-353X>
• Ecuador
- **Jessica Verónica Jaramillo Santamaría**
• MINISTERIO DE EDUCACIÓN
• jessi.jaramillo@hotmail.com
• <https://orcid.org/0009-0008-2076-7475>
• Ecuador
- **Joseline Mariela Guichay Villa**
• MINISTERIO DE EDUCACIÓN
• joseline.guichay@gmail.com
• <https://orcid.org/0009-0003-8642-2289>
• Ecuador
- **Damaris Mariana Chugñay Cabezas**
• MINISTERIO DE EDUCACIÓN
• c.damy@outlook.com
• <https://orcid.org/0009-0003-6910-2566>
• Ecuador
- **Katherine Celinda Guachamín Granda**
• MINISTERIO DE EDUCACIÓN
• katherinec.guachamin@educacion.gob.ec
• <https://orcid.org/0009-0005-3456-874X>
• Ecuador

CITACIÓN:

Galarza Cobos, A. M., Sánchez Borja, R. I., Jaramillo Santamaría, J. V., Guichay Villa, J. M., Chugñay Cabezas, D. M., & Guachamín Granda, K. C. (2025). Pensamiento matemático crítico y aprendizaje basado en proyectos digitales para resolver problemas complejos en bachillerato. *Revista Científica Tsafiki*, 1(2), 460–490.

RESUMEN

El pensamiento matemático crítico constituye un eje esencial en la formación de los estudiantes de bachillerato, quienes enfrentan la necesidad de desarrollar competencias orientadas a la resolución de problemas complejos propios de la vida real. En este marco, la integración de metodologías activas como el Aprendizaje Basado en Proyectos digitales ofrece un camino innovador para articular los contenidos curriculares con las demandas de la sociedad del conocimiento y los desafíos de la educación en bachillerato. Esta investigación analiza cómo dicha estrategia incide en el fortalecimiento del razonamiento lógico, crítico y reflexivo en los estudiantes, potenciando su capacidad para diseñar, implementar y comunicar soluciones en escenarios interdisciplinarios. Los hallazgos confirman que la implementación del aprendizaje basado en proyectos digitales incrementa la motivación, favorece la autonomía y fortalece competencias cognitivas y socioemocionales, al tiempo que consolida la innovación pedagógica como principio rector de la enseñanza de las matemáticas. El trabajo contribuye al debate académico sobre la calidad educativa en Ecuador y América Latina, aportando un marco conceptual y metodológico que coloca al estudiante como protagonista activo del aprendizaje y al docente como mediador de experiencias significativas.

PALABRAS CLAVE: Pensamiento matemático crítico; Aprendizaje basado en proyectos digitales; Resolución de problemas complejos; Educación en bachillerato; Innovación pedagógica.

ABSTRACT

Critical mathematical thinking is an essential axis in high school education, where students are required to develop competencies aimed at solving complex problems emerging from real-life contexts. Within this framework, the integration of active methodologies such as digital project-based learning provides an innovative approach to connect curricular content with the demands of the knowledge society and the challenges of high school education. This study examines how digital PBL fosters logical, critical, and reflective reasoning, enhancing students' ability to design, implement, and communicate solutions across interdisciplinary scenarios. Findings confirm that the implementation of digital project-based learning increases motivation, promotes autonomy, and strengthens cognitive and socioemotional skills while establishing pedagogical innovation as a key principle in the teaching of mathematics. The research contributes to the academic debate on educational quality in Ecuador and Latin America by offering a conceptual and methodological framework that positions students as active agents of learning and teachers as facilitators of meaningful educational experiences.

KEYWORDS: Critical mathematical thinking; Digital project-based learning; Complex problem solving; High school education; Pedagogical



TSAFIKI
REVISTA CIENTÍFICA

innovation.

REVISTA CIENTÍFICA TSAFIKI

Vol: 1 – N: 1 julio -diciembre 2025

DOI: <https://doi.org/10.70577/kpprsg03>

ISSN:3103-1285

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las matemáticas en los niveles de educación media en América Latina enfrenta serios desafíos vinculados al bajo rendimiento estudiantil y a la falta de competencias para aplicar el conocimiento en contextos cotidianos. Los informes de las pruebas PISA revelan que una alta proporción de estudiantes ecuatorianos no alcanza los niveles mínimos de desempeño en matemáticas, lo que refleja una brecha significativa respecto a las demandas formativas del siglo XXI (Diario El Universo, 2019; PISA, 2020, citado en Sánchez Calama, 2023). Este panorama ha llevado a replantear las metodologías tradicionales, caracterizadas por la memorización y la repetición, hacia propuestas que fomenten la autonomía, el razonamiento crítico y la capacidad de resolver problemas complejos.

El pensamiento matemático crítico emerge en este contexto como un componente indispensable para enfrentar los retos educativos. Su desarrollo exige no solo el dominio de operaciones y técnicas, sino también la capacidad de analizar, cuestionar y transferir el conocimiento a situaciones nuevas. Como señalan Ballesteros (2023) y Hurtado (2018), la enseñanza de las matemáticas debe trascender la adquisición de destrezas aisladas para consolidarse como un ejercicio de comprensión conceptual y de construcción activa del conocimiento. De esta manera, el aprendizaje se convierte en una experiencia que conecta las habilidades lógicas con la creatividad y la reflexión, elementos fundamentales para formar ciudadanos capaces de desenvolverse en escenarios cambiantes.

La incorporación de metodologías activas en el currículo responde a la necesidad de superar la fragmentación entre teoría y práctica. El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) se ha consolidado como una alternativa capaz de articular los contenidos matemáticos con problemas reales, situando al estudiante en el centro del proceso formativo. Desde la perspectiva del Ministerio de Educación del Ecuador, el ABP permite desarrollar competencias cognitivas, socioemocionales y metacognitivas al involucrar a los estudiantes en la resolución de problemas contextualizados (Dirección Nacional de Currículo, 2020). Esta metodología se fortalece aún más con el uso de entornos digitales, que abren la posibilidad de explorar información, representar fenómenos y simular escenarios de aprendizaje que antes resultaban inaccesibles.

El vínculo entre matemáticas y ciencias afines como la física ha demostrado ser un

campo fértil para la aplicación del ABP digital. Sánchez Calama (2023) comprobó que el empleo de intervenciones gamificadas y estrategias metodológicas en la enseñanza de la física básica incrementa la motivación y el rendimiento en matemáticas, al tiempo que favorece la construcción de un pensamiento lógico interdisciplinario. La evidencia empírica sugiere que los estudiantes no solo adquieren destrezas específicas, sino que también fortalecen su capacidad de razonamiento crítico al enfrentarse a problemas que requieren articular diversos saberes.

La formación docente constituye un aspecto clave en este proceso de transformación. El tránsito hacia un modelo centrado en el pensamiento crítico matemático y en el uso de proyectos digitales exige que los profesores adopten una nueva concepción de su rol. De transmisores de información pasan a ser mediadores de experiencias, orientadores del análisis y facilitadores de la reflexión. En esta línea, Hidalgo (2017) sostiene que el pensamiento, entendido como acción e innovación de la mente, se nutre de la capacidad docente para crear espacios de descubrimiento y cuestionamiento en los que los estudiantes puedan dar sentido a su aprendizaje.

La problemática del bajo rendimiento en matemáticas no puede explicarse únicamente por factores de dificultad intrínseca en la disciplina. Diversos estudios han señalado que la falta de estrategias metodológicas adecuadas y el predominio de prácticas tradicionales afectan la motivación y el interés de los estudiantes. El informe elaborado por la Subsecretaría de Fundamentos Educativos (2020) reconoce que los estudiantes logran aprendizajes más profundos cuando trabajan en proyectos significativos que integran diversas áreas del conocimiento y que responden a problemáticas de su entorno. Así, el ABP digital se presenta no solo como una metodología, sino como un marco que permite la contextualización del aprendizaje y la conexión con la realidad social.

La implementación de proyectos digitales tiene además un impacto en el desarrollo de habilidades transversales, particularmente en lo que respecta a la investigación, la comunicación y el trabajo colaborativo. La literatura enfatiza que al participar en proyectos interdisciplinarios, los estudiantes se ven obligados a investigar, analizar datos y comunicar hallazgos utilizando herramientas digitales, lo que amplía su repertorio de competencias más allá de las matemáticas (Dirección Nacional de Currículo, 2020; Ministerio de Educación, 2021). Estas experiencias contribuyen a la formación integral del bachillerato, vinculando el conocimiento disciplinar con las demandas de la sociedad contemporánea.

El debate sobre la pertinencia del pensamiento matemático crítico se ha intensificado en la última década, con un consenso creciente respecto a su valor formativo. Gordon (2022)

resalta que el proceso de reflexión es un medio fundamental para planear la acción y enfrentar problemas, lo que conecta directamente con los principios del ABP digital, donde la planificación, la evaluación y la retroalimentación forman parte del ciclo de aprendizaje. Esta perspectiva resalta que enseñar matemáticas en el bachillerato no significa únicamente transmitir procedimientos, sino fomentar un modo de pensamiento orientado a la toma de decisiones razonadas y sustentadas.

La presente investigación se inserta en esta discusión proponiendo un análisis del impacto del ABP digital en el desarrollo del pensamiento matemático crítico en estudiantes de bachillerato. Se parte de la premisa de que la resolución de problemas complejos requiere de competencias cognitivas superiores, pero también de la integración de factores socioemocionales y tecnológicos. De este modo, se busca aportar a la construcción de un marco pedagógico que articule innovación, pertinencia social y rigor académico como pilares de la enseñanza de las matemáticas en Ecuador y en la región latinoamericana.

La incorporación de la tecnología digital en los procesos de enseñanza y aprendizaje ha transformado de manera profunda la dinámica educativa. En el ámbito del bachillerato, su impacto se refleja tanto en la accesibilidad a recursos como en la posibilidad de crear experiencias interactivas que amplían los límites del aula tradicional. El Aprendizaje Basado en Proyectos digitales se inscribe en esta transformación al situar a los estudiantes frente a problemas complejos que requieren indagación, análisis y creatividad mediados por entornos virtuales. Según la Dirección Nacional de Currículo, el trabajo mediado con tecnología garantiza la construcción de competencias asociadas al manejo responsable de información, la colaboración en plataformas en línea y la gestión de proyectos con herramientas digitales, lo que favorece el desarrollo integral de los estudiantes en un marco de inclusión y equidad.

La tecnología digital no solo actúa como un soporte instrumental, sino que introduce nuevas formas de pensar y de organizar el conocimiento. La posibilidad de simular fenómenos, representar gráficamente datos complejos o modelar escenarios hipotéticos convierte el aprendizaje matemático en un proceso dinámico y contextualizado. Para Sánchez Calama (2023), estas prácticas innovadoras generan un entorno de motivación en el que los estudiantes se convierten en agentes activos de su aprendizaje, dado que las herramientas digitales potencian el razonamiento lógico y la resolución interdisciplinaria de problemas. La experiencia con intervenciones gamificadas confirma que el uso pedagógico de la tecnología aumenta el interés por las matemáticas y la física, al tiempo que contribuye al desarrollo de destrezas metacognitivas necesarias para enfrentar situaciones inéditas.

El aprendizaje mediado digitalmente favorece también el desarrollo de competencias

transversales, entendidas como aquellas que no se circunscriben a un área disciplinar específica, pero que resultan indispensables para la formación integral del estudiante. La capacidad de trabajo en equipo, la comunicación efectiva y la autorregulación son competencias que se potencian cuando los proyectos digitales exigen interacción constante y responsabilidad compartida. El Ministerio de Educación del Ecuador subraya que el ABP con soporte digital estimula la reflexión crítica y el sentido de pertenencia social al situar los proyectos en problemas reales del entorno, lo que contribuye a la formación ciudadana y al compromiso comunitario.

El análisis de las experiencias educativas revela que el componente digital amplifica el carácter inclusivo del ABP. La posibilidad de acceder a plataformas, bases de datos y recursos interactivos rompe las barreras de tiempo y espacio, facilitando que estudiantes con diferentes estilos de aprendizaje puedan incorporarse activamente al proceso. Hurtado (2018) plantea que la contextualización y el uso de materiales digitales permiten vincular el razonamiento lógico con situaciones reales, generando aprendizajes significativos que trascienden la memorización de algoritmos. Esta perspectiva sitúa la innovación tecnológica como un aliado para superar desigualdades y promover un aprendizaje más equitativo en contextos donde las limitaciones de recursos materiales suelen condicionar el proceso educativo.

En el plano pedagógico, la tecnología digital ofrece a los docentes herramientas para diseñar actividades más interactivas y orientadas a la investigación. El rol del profesor se redefine en tanto debe seleccionar adecuadamente los recursos digitales, establecer criterios de calidad de la información y orientar a los estudiantes en el manejo ético de datos. La Subsecretaría de Fundamentos Educativos (2020) destaca que este proceso demanda una guía constante y una evaluación formativa que incorpore plataformas digitales como espacios de seguimiento y retroalimentación. El docente, en consecuencia, se convierte en un facilitador que acompaña el tránsito del estudiante desde la exploración hasta la sistematización de los aprendizajes, garantizando que los proyectos respondan a criterios académicos y éticos.

El potencial del ABP digital se observa con especial claridad en la construcción de comunidades de aprendizaje. Al trabajar en proyectos interdisciplinarios mediados por tecnología, los estudiantes aprenden a distribuir responsabilidades, a valorar la diversidad de perspectivas y a tomar decisiones conjuntas. Estas dinámicas refuerzan habilidades socioemocionales como la empatía, la escucha activa y la resiliencia frente a los errores, elementos que cobran relevancia en un contexto educativo que busca formar ciudadanos capaces de afrontar problemas sociales y ambientales de creciente complejidad. El Aprendizaje-Servicio, considerado como una extensión del ABP, ha mostrado que los proyectos digitales

pueden conectar a los estudiantes con su comunidad, generando un impacto social positivo y fortaleciendo valores de justicia y solidaridad (Subsecretaría de Fundamentos Educativos, 2020).

El vínculo entre pensamiento matemático crítico y competencias digitales se refuerza al reconocer que los problemas abordados en los proyectos no se limitan al ámbito académico. La resolución de problemas complejos exige comprender datos, evaluar fuentes y aplicar criterios de análisis que van más allá de la simple ejecución de operaciones. Gordon (2022) afirma que la reflexión es un medio esencial para planificar la acción y superar dificultades, lo que en el marco del ABP digital se traduce en procesos de análisis colaborativos y en el uso estratégico de tecnologías para sustentar decisiones fundamentadas. La tecnología, por tanto, se convierte en un vehículo para potenciar la metacognición y el juicio crítico, consolidando un modelo educativo orientado a la toma de decisiones conscientes.

Las evidencias acumuladas en la región señalan que la combinación de ABP y recursos digitales incide en la mejora de los aprendizajes, pero también en el fortalecimiento de la motivación intrínseca del estudiante. El trabajo por proyectos permite a los alumnos identificar un propósito en sus actividades académicas, mientras que las herramientas digitales amplían las posibilidades de exploración y de presentación de resultados. Este doble efecto motiva un compromiso más profundo con el aprendizaje, lo que se refleja en un mayor rendimiento y en la disposición a continuar explorando más allá de las exigencias curriculares. En consecuencia, el ABP digital no se limita a ser una técnica didáctica, sino que constituye una filosofía de enseñanza en la que convergen innovación, participación activa y pertinencia social.

La incorporación de la tecnología en los proyectos educativos plantea también retos vinculados a la formación docente, la disponibilidad de infraestructura y el acceso equitativo a los recursos. Estas limitaciones invitan a un análisis crítico sobre la viabilidad de su implementación en contextos de desigualdad digital, un fenómeno persistente en Ecuador y otros países latinoamericanos. Sin embargo, la evidencia sugiere que cuando existe una planificación adecuada, incluso con recursos limitados, es posible implementar proyectos digitales significativos que fortalezcan el pensamiento matemático crítico y promuevan la innovación pedagógica (Ministerio de Educación, 2021).

El conjunto de estas reflexiones permite afirmar que la tecnología digital no es un complemento accesorio del ABP, sino un elemento constitutivo de su potencial transformador. Al potenciar la investigación, la colaboración y la resolución interdisciplinaria de problemas, los entornos digitales amplían las fronteras del pensamiento matemático crítico, vinculando el aprendizaje escolar con los retos globales. Esta convergencia entre innovación tecnológica y

pedagogía activa configura un horizonte de posibilidades para la educación en bachillerato, donde la formación matemática se proyecta como una herramienta para comprender y transformar la realidad.

El desarrollo del pensamiento crítico en la enseñanza de las matemáticas no puede comprenderse sin considerar las raíces históricas y epistemológicas que lo sustentan. Desde la tradición clásica, las matemáticas han sido concebidas no solo como un conjunto de técnicas, sino como un modo de razonamiento riguroso orientado a la búsqueda de verdades universales. La influencia de la lógica aristotélica y del racionalismo cartesiano configuró durante siglos una visión en la que la disciplina se asociaba con la certeza y la exactitud, lo que derivó en prácticas educativas centradas en la transmisión de algoritmos y la repetición mecánica de procedimientos (Álvarez, 2002). Sin embargo, la epistemología contemporánea de las matemáticas ha puesto de relieve que el verdadero aprendizaje ocurre cuando los estudiantes son capaces de problematizar, cuestionar y transferir los conocimientos adquiridos a situaciones diversas, desplazando el énfasis desde la instrucción pasiva hacia la construcción activa del saber.

En las últimas décadas, las reformas educativas en América Latina han insistido en que las matemáticas deben enseñarse como una disciplina formativa para el pensamiento crítico y no únicamente como un conjunto de técnicas instrumentales. Comboni y Juárez (2020) señalan que esta perspectiva responde a la necesidad de formar ciudadanos que comprendan la complejidad de los problemas sociales y ambientales de su entorno, capaces de analizar datos, formular hipótesis y tomar decisiones fundamentadas. En este sentido, la matemática escolar se proyecta como un espacio privilegiado para el desarrollo de competencias intelectuales superiores, siempre que se sustente en metodologías que favorezcan la reflexión y la investigación.

Una de las propuestas más influyentes en la consolidación de este paradigma ha sido la Filosofía para/con Niños, desarrollada inicialmente por Matthew Lipman y posteriormente adaptada en diversos países. Este enfoque plantea que el aula debe convertirse en una comunidad de indagación donde los estudiantes, a través del diálogo, aprenden a cuestionar y argumentar de manera razonada. Aplicado a la enseñanza de las matemáticas, este modelo promueve que los problemas y conceptos no se aborden como verdades absolutas, sino como oportunidades para reflexionar colectivamente y construir significados compartidos (Valarezo, 2019; Cevallos & Viteri, 2020). De esta manera, la matemática se conecta con una dimensión ética y ciudadana, en tanto los estudiantes aprenden a escuchar, a justificar sus ideas y a reconocer la validez de distintas perspectivas en la resolución de un mismo problema.

La pertinencia de la Filosofía para/con Niños en el ámbito matemático se evidencia en su capacidad para estimular tanto el pensamiento lógico como el creativo. Los estudiantes no se limitan a reproducir fórmulas, sino que se ven impulsados a explorar distintos caminos de resolución, a valorar los errores como parte del proceso y a integrar la reflexión con la acción. Esta concepción dialógica del aprendizaje coincide con las demandas actuales de un currículo orientado a competencias, en el que el saber matemático se articula con el desarrollo de habilidades comunicativas, socioemocionales y críticas. Tal como lo expresan Hidalgo (2017) y Gordon (2022), el pensamiento es en sí mismo una forma de acción intelectual que se materializa en la planificación y en la capacidad de enfrentar dificultades, rasgos que encajan con la esencia del Aprendizaje Basado en Proyectos.

Otro referente significativo en la discusión internacional es el método Singapur, el cual ha alcanzado reconocimiento por su efectividad en la formación de competencias matemáticas en educación básica y media. Este modelo se fundamenta en la construcción progresiva de conceptos mediante la secuencia concreta–pictórica–abstracta, que asegura que los estudiantes comprendan los fundamentos antes de avanzar hacia niveles más complejos. Investigaciones recientes han mostrado que esta aproximación no solo mejora el rendimiento en pruebas estandarizadas, sino que promueve un estilo de aprendizaje en el que los estudiantes desarrollan confianza, autonomía y pensamiento crítico al enfrentar problemas nuevos (Hidalgo, 2017; Hurtado, 2018). En el contexto ecuatoriano, donde los informes internacionales revelan rezagos en la comprensión matemática, la adaptación del método Singapur se presenta como una oportunidad para enriquecer el currículo con prácticas pedagógicas probadas a nivel internacional.

La comparación entre Filosofía para/con Niños y el método Singapur revela coincidencias en la centralidad del estudiante y en la importancia de la reflexión en el proceso de aprendizaje. Mientras el primero enfatiza el diálogo y la argumentación como vías para la construcción del conocimiento, el segundo propone una secuencia estructurada que asegura la comprensión conceptual y promueve la resolución de problemas desde múltiples representaciones. Ambos modelos, sin embargo, coinciden en rechazar la enseñanza mecánica y en situar el pensamiento crítico como finalidad última de la educación matemática. Su integración con el Aprendizaje Basado en Proyectos digitales permite configurar un marco pedagógico en el que la tecnología no es un fin en sí misma, sino un medio para ampliar las posibilidades de indagación, colaboración y análisis interdisciplinario.

En este marco, el pensamiento matemático crítico puede definirse como la capacidad de interpretar, analizar y resolver problemas complejos de manera razonada y fundamentada,

utilizando los recursos conceptuales y procedimentales de la matemática en diálogo con otros saberes. Ballesteros (2023) destaca que este tipo de pensamiento implica identificar conceptos clave, establecer relaciones entre ellos y aplicarlos en contextos reales, lo que demanda del docente estrategias metodológicas innovadoras que conecten la teoría con la práctica. El ABP digital se ajusta de manera precisa a esta definición, pues coloca a los estudiantes en situaciones auténticas donde deben investigar, debatir y proponer soluciones, integrando datos cuantitativos y cualitativos con el apoyo de recursos tecnológicos.

La dimensión epistemológica de la enseñanza matemática en bachillerato exige reconocer que el conocimiento no es un producto acabado, sino un proceso en construcción. Esta visión contrasta con enfoques tradicionales que han reducido la disciplina a la transmisión de algoritmos y resultados correctos. Álvarez (2001, 2003, 2018) ha defendido que la racionalidad en la educación debe comprenderse como un entramado de capacidades que incluyen no solo la lógica deductiva, sino también la creatividad, la intuición y la sensibilidad frente a la realidad social. En este sentido, el pensamiento matemático crítico se vincula con una concepción más amplia de la racionalidad, donde los estudiantes aprenden a cuestionar los supuestos, a evaluar las implicaciones de sus decisiones y a actuar de manera ética frente a los problemas de su entorno.

La incorporación de marcos epistemológicos diversos en la enseñanza matemática permite también responder a las demandas de un mundo globalizado en el que los problemas requieren enfoques multidisciplinarios. Las matemáticas, cuando se integran con proyectos digitales, pueden dialogar con la física, la informática y las ciencias sociales para abordar problemáticas como el cambio climático, la gestión de datos o la optimización de recursos. Esta perspectiva interdisciplinaria fortalece la relevancia del currículo y otorga sentido al aprendizaje, al mostrar que las competencias matemáticas son herramientas indispensables para comprender y transformar la realidad.

De manera complementaria, la perspectiva filosófica y el método Singapur convergen con las orientaciones de organismos internacionales que promueven el desarrollo de competencias clave para el siglo XXI. La UNESCO, la OCDE y la Unión Europea han insistido en que la educación debe priorizar la capacidad de aprender a aprender, la colaboración intercultural y la alfabetización digital, competencias que encuentran en el pensamiento matemático crítico y en el ABP digital un terreno fértil para su implementación. El desafío para los sistemas educativos latinoamericanos radica en adaptar estos referentes internacionales a sus contextos específicos, considerando factores como la equidad, la diversidad cultural y las condiciones de infraestructura tecnológica.

La revisión histórica y epistemológica permite concluir que la enseñanza de las matemáticas en bachillerato debe orientarse hacia un modelo que integre la reflexión crítica, la creatividad y la innovación tecnológica como elementos inseparables. En este horizonte, el pensamiento matemático crítico se configura como un objetivo educativo de primer orden, mientras que el ABP digital se establece como la metodología capaz de materializarlo en la práctica. La combinación de ambos ofrece un camino para superar las limitaciones de la enseñanza tradicional y para formar estudiantes capaces de enfrentar problemas complejos en un mundo caracterizado por la incertidumbre y la transformación constante.

La transformación de la educación matemática en el bachillerato exige repensar el papel de la tecnología no solo como un recurso instrumental, sino como un motor de cambio epistemológico y social. Las tecnologías inmersivas, los entornos virtuales y las plataformas interactivas han ampliado las fronteras de lo posible en la enseñanza, permitiendo representar fenómenos complejos, experimentar con datos en tiempo real y simular escenarios que potencian la comprensión. En este sentido, el Aprendizaje Basado en Proyectos digitales se beneficia de estas innovaciones al ofrecer a los estudiantes experiencias de investigación auténticas en las que se articulan los saberes matemáticos con contextos interdisciplinarios. La posibilidad de explorar fenómenos a través de modelos tridimensionales, visualizaciones interactivas o recorridos virtuales convierte la resolución de problemas en un proceso más dinámico, favoreciendo la construcción de un pensamiento crítico orientado a la acción.

La dimensión transformadora de la tecnología en el ámbito educativo se reconoce también en su capacidad para conectar el aprendizaje escolar con las demandas de la ciudadanía contemporánea. La UNESCO (2021) subraya que el acceso y uso crítico de las tecnologías constituye una de las competencias fundamentales del siglo XXI, pues habilita a los estudiantes para analizar información, cuestionar narrativas dominantes y proponer soluciones a problemas globales desde sus realidades locales. En el caso de la educación matemática, esto implica no solo dominar algoritmos o fórmulas, sino comprender la relevancia social de los datos, interpretar gráficas en contextos políticos o económicos y aplicar el razonamiento lógico a problemáticas como la gestión ambiental o la planificación urbana. El ABP digital favorece este tránsito, dado que coloca a los estudiantes en contacto directo con situaciones reales mediadas por herramientas tecnológicas que exigen reflexión crítica y responsabilidad ética.

En el contexto latinoamericano, donde persisten brechas de inequidad y exclusión, las tecnologías digitales tienen el potencial de democratizar el acceso al conocimiento. La evidencia recogida en investigaciones recientes muestra que los proyectos digitales fomentan la participación activa de estudiantes que, en metodologías tradicionales, suelen quedar

rezagados debido a limitaciones en su estilo de aprendizaje o a barreras socioeconómicas (Sánchez Calama, 2023). El trabajo colaborativo mediado por plataformas en línea permite distribuir roles de manera equitativa, potenciar habilidades diversas y garantizar que todos los integrantes del grupo tengan la oportunidad de contribuir en la resolución de los problemas planteados. Este enfoque inclusivo refuerza la idea de que el pensamiento matemático crítico no se limita a un selecto grupo de estudiantes con facilidad para los números, sino que puede desarrollarse en toda la comunidad educativa cuando se ofrecen las condiciones adecuadas.

La conexión entre matemáticas y ciudadanía crítica se fortalece cuando los proyectos digitales abordan problemáticas del entorno social. La Subsecretaría de Fundamentos Educativos (2020) enfatiza que los proyectos deben vincularse con situaciones reales que motiven la curiosidad y promuevan actitudes investigativas, lo que genera aprendizajes más significativos y duraderos. De este modo, un proyecto sobre gestión del agua en la comunidad no solo involucra cálculos matemáticos de consumo y distribución, sino que abre la reflexión sobre el uso responsable de los recursos naturales y la necesidad de políticas sostenibles. El pensamiento matemático crítico, en este escenario, se convierte en una herramienta de empoderamiento ciudadano que permite analizar problemas públicos desde la objetividad de los datos y la rigurosidad de la argumentación.

El carácter transformador de las tecnologías inmersivas se manifiesta también en la forma en que modifican la percepción del aprendizaje. Hurtado (2018) sostiene que la contextualización de los problemas matemáticos en escenarios digitales favorece el tránsito desde la abstracción hacia la comprensión aplicada, incrementando la motivación y la disposición a aprender. Cuando los estudiantes trabajan con simuladores de fenómenos físicos, recorridos virtuales por contextos históricos o representaciones gráficas interactivas de datos económicos, adquieren una visión integrada del conocimiento que trasciende la fragmentación disciplinar. Esta experiencia de aprendizaje inmersivo fortalece la capacidad de transferir el razonamiento matemático a la vida cotidiana y contribuye a la construcción de un pensamiento complejo, capaz de reconocer la interdependencia entre distintos campos del saber.

La dimensión ética de la enseñanza matemática cobra especial relevancia en este contexto. La abundancia de información y la facilidad de manipulación de datos en entornos digitales demandan que los estudiantes desarrollen una postura crítica frente a las fuentes y que comprendan las implicaciones sociales de las decisiones basadas en estadísticas o modelos matemáticos. Como señala Álvarez (2018), la racionalidad educativa debe integrar la lógica con la sensibilidad ética, de modo que el conocimiento no se reduzca a una herramienta técnica, sino que se oriente hacia la construcción de sociedades más justas. El ABP digital se convierte

entonces en un espacio privilegiado para ejercitar esta responsabilidad, al situar a los estudiantes frente a problemas donde deben evaluar críticamente la validez de la información y las consecuencias de sus propuestas.

La interacción entre metodologías activas y tecnologías digitales genera, además, un cambio en la concepción del rol docente. En lugar de ser transmisor de verdades acabadas, el profesor se convierte en un mediador que diseña experiencias, guía procesos de indagación y acompaña la reflexión crítica. La formación docente en este ámbito es crucial, pues de ella depende que los recursos digitales se utilicen con sentido pedagógico y no solo como elementos superficiales de modernización. Como plantea la Dirección Nacional de Currículo (2020), el éxito de estas metodologías depende de la capacidad de los docentes para articular los objetivos curriculares con la realidad social y con el potencial de las herramientas tecnológicas disponibles. Esto supone un compromiso con la actualización profesional y con la construcción de comunidades de práctica que compartan experiencias e innovaciones.

El horizonte transformador del pensamiento matemático crítico mediado por proyectos digitales encuentra su mayor potencial en la preparación de los estudiantes para participar activamente en una ciudadanía global. En un mundo caracterizado por la incertidumbre, la interconexión y la complejidad, la capacidad de analizar datos, interpretar modelos y proponer soluciones fundamentadas se convierte en una competencia indispensable. El ABP digital no solo prepara a los estudiantes para aprobar exámenes, sino que los forma como sujetos capaces de enfrentar problemas ambientales, sociales y tecnológicos que trascienden las fronteras nacionales. La matemática, entendida en este marco, se proyecta como un lenguaje universal para el diálogo intercultural y como un instrumento para la acción responsable.

La revisión de la literatura y de los marcos normativos sugiere que el futuro de la enseñanza matemática en el bachillerato debe orientarse hacia una integración cada vez más estrecha entre innovación tecnológica, reflexión crítica e inclusión social. La convergencia de estas dimensiones abre la posibilidad de superar los rezagos educativos y de ofrecer a los estudiantes oportunidades para convertirse en protagonistas de su aprendizaje y en agentes de transformación en sus comunidades. La introducción de tecnologías inmersivas y de proyectos digitales en el aula no constituye un fin en sí mismo, sino una estrategia para materializar la visión de una educación matemática crítica, creativa y socialmente comprometida.

MÉTODOS MATERIALES

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque metodológico de carácter mixto, combinando elementos cuantitativos y cualitativos con el fin de obtener una comprensión integral sobre el impacto del Aprendizaje Basado en Proyectos digitales en el desarrollo del

pensamiento matemático crítico en estudiantes de bachillerato. Este diseño permitió analizar no solo los resultados en términos de rendimiento académico y resolución de problemas, sino también los procesos de interacción, motivación y reflexión que emergieron a lo largo de la experiencia pedagógica. La elección de un modelo mixto responde a la necesidad de trascender la mera medición de variables y de captar la riqueza del contexto educativo, considerando las voces de los estudiantes y las orientaciones de los docentes como parte fundamental del análisis.

El componente cuantitativo se fundamentó en la aplicación de instrumentos estandarizados de evaluación diseñados para medir niveles de razonamiento lógico, capacidad de resolución de problemas y competencias en el uso de herramientas digitales. Se emplearon pruebas de opción múltiple, problemas contextualizados y ejercicios de aplicación que permitieron recoger información sobre el dominio conceptual y procedimental de los estudiantes. Estas pruebas se validaron previamente a través de un piloto aplicado en un grupo reducido de estudiantes, lo que garantizó su pertinencia y fiabilidad para la población objetivo. Los resultados se analizaron con métodos estadísticos descriptivos e inferenciales, buscando identificar diferencias significativas entre los grupos de intervención y control.

El componente cualitativo, por su parte, se desarrolló a partir de técnicas de observación participante, entrevistas semiestructuradas y análisis de portafolios digitales generados por los estudiantes durante la implementación del proyecto. Estas técnicas permitieron reconstruir la experiencia educativa desde una perspectiva holística, dando cuenta de las percepciones, emociones y aprendizajes que no pueden ser captados únicamente por las pruebas estandarizadas. El análisis cualitativo se realizó mediante un proceso de categorización y triangulación, lo que aseguró la coherencia de los hallazgos y su validez interpretativa.

La población de estudio estuvo conformada por estudiantes de primero y segundo de Bachillerato General Unificado (BGU) en instituciones educativas públicas del Ecuador. Se seleccionaron instituciones representativas de contextos urbanos y rurales, con el objetivo de captar la diversidad de realidades que caracterizan al sistema educativo ecuatoriano. La muestra se integró mediante un procedimiento de muestreo intencional, considerando criterios de accesibilidad, disposición institucional y heterogeneidad sociocultural. En total, participaron ciento veinte estudiantes distribuidos en cuatro paralelos, de los cuales dos se asignaron al grupo experimental, que trabajó bajo la modalidad de Aprendizaje Basado en Proyectos digitales, y dos al grupo de control, que continuó con metodologías tradicionales.

La elección de esta muestra respondió a la intención de explorar el impacto del ABP digital en contextos diversos, donde las diferencias en infraestructura tecnológica, prácticas docentes y niveles de motivación estudiantil representan variables significativas para el análisis.

En el grupo experimental, los estudiantes fueron organizados en equipos de trabajo colaborativo de entre cinco y seis integrantes, lo que facilitó la interacción constante y la distribución equitativa de responsabilidades. Los proyectos seleccionados se diseñaron en torno a problemas complejos del entorno inmediato de los estudiantes, como la gestión de residuos, la eficiencia energética en sus comunidades o la planificación de presupuestos familiares, lo que permitió vincular directamente los contenidos matemáticos con situaciones de relevancia social.

En el grupo de control, las prácticas de enseñanza se mantuvieron centradas en la exposición magistral y la resolución de ejercicios estandarizados. Esta diferencia metodológica permitió establecer un contraste entre los enfoques y analizar de manera más precisa los efectos del ABP digital en comparación con la enseñanza tradicional. Cabe destacar que, si bien el grupo de control no participó en proyectos digitales, sí contó con acceso a los mismos contenidos curriculares, lo que aseguró que las diferencias observadas se debieran al método y no a la disparidad en los temas abordados.

El diseño metodológico incorporó, además, un enfoque cuasi-experimental con pretest y postest, lo que permitió medir la evolución del pensamiento matemático crítico en ambos grupos. En el pretest se evaluaron los conocimientos y habilidades iniciales de los estudiantes, mientras que en el postest se midió el progreso alcanzado tras la implementación de los proyectos digitales. Este procedimiento garantizó la posibilidad de comparar los avances, identificar tendencias y establecer relaciones entre las variables analizadas. La utilización de un diseño cuasi-experimental responde a las condiciones reales de los contextos educativos, donde no siempre es posible controlar todas las variables externas, pero donde sí se pueden establecer grupos comparables y aplicar intervenciones pedagógicas sistemáticas.

El marco metodológico de la investigación se fundamenta en las orientaciones del Aprendizaje Basado en Proyectos establecidas en el currículo ecuatoriano y en experiencias documentadas en estudios previos. La Subsecretaría de Fundamentos Educativos (2020) reconoce que el ABP constituye una estrategia eficaz para vincular los contenidos del bachillerato con problemas del mundo real, promoviendo el desarrollo de competencias cognitivas y socioemocionales. De manera complementaria, experiencias internacionales como el método Singapur y la Filosofía para/con Niños evidencian que la resolución de problemas, el razonamiento crítico y el diálogo son ejes que pueden fortalecer el aprendizaje matemático cuando se integran en prácticas contextualizadas. En consecuencia, la investigación se diseñó de manera que los proyectos digitales no se limitaran a la aplicación de fórmulas, sino que estimularan la indagación, la argumentación y la creatividad como dimensiones inseparables del pensamiento matemático crítico.

La validez de la investigación dependió en gran medida de la calidad de los instrumentos empleados para recoger información tanto en el plano cuantitativo como cualitativo. Con el objetivo de evaluar el desarrollo del pensamiento matemático crítico, se elaboraron pruebas estandarizadas compuestas por ejercicios de opción múltiple y problemas contextualizados. Estos problemas no se limitaron a operaciones mecánicas, sino que situaron al estudiante en contextos cotidianos que exigían aplicar razonamientos lógicos, interpretar gráficos, analizar datos y formular conclusiones. En el caso de los ejercicios de opción múltiple, se diseñaron ítems con distractores plausibles que obligaban al estudiante a reflexionar antes de elegir la respuesta correcta, evitando la simple memorización. Para garantizar la fiabilidad del instrumento, se realizó una validación mediante juicio de expertos en didáctica de la matemática, quienes revisaron la pertinencia de los ítems, la coherencia con los objetivos de investigación y el nivel de dificultad propuesto.

Además de las pruebas escritas, se utilizaron cuestionarios de autopercepción dirigidos a los estudiantes, que buscaban identificar su nivel de motivación, autonomía y confianza frente a las matemáticas antes y después de la intervención. Estos cuestionarios incluyeron escalas tipo Likert, lo que permitió procesar cuantitativamente las respuestas y establecer comparaciones significativas entre el grupo experimental y el grupo de control. En el ámbito cualitativo, se recurrió a entrevistas semiestructuradas con estudiantes y docentes, las cuales permitieron profundizar en la experiencia de aprendizaje y en la percepción sobre la utilidad de los proyectos digitales. Se analizaron también portafolios digitales elaborados por los grupos de intervención, que incluyeron diarios reflexivos, reportes de avance, resultados parciales y productos finales de los proyectos.

El procedimiento de implementación de los proyectos digitales siguió una secuencia estructurada que combinó fases de planificación, ejecución y evaluación, alineadas con las orientaciones metodológicas de la Subsecretaría de Fundamentos Educativos (2020) para el ABP. En la fase inicial, los docentes identificaron problemas significativos del contexto de los estudiantes y diseñaron proyectos que integraran contenidos matemáticos con la resolución de dichas problemáticas. Los temas seleccionados fueron discutidos en cada grupo, lo que favoreció la apropiación del proyecto por parte de los estudiantes y aseguró la relevancia de los aprendizajes. Ejemplos de proyectos incluyeron el análisis del consumo energético en los hogares, la proyección de presupuestos familiares, el diseño de estrategias de reciclaje en la comunidad y la optimización del uso del agua en entornos escolares.

Durante la fase de ejecución, los estudiantes trabajaron en equipos colaborativos, haciendo uso de plataformas digitales como Google Classroom, Excel, GeoGebra y

aplicaciones de gestión de proyectos en línea. Estas herramientas les permitieron recopilar información, organizar datos, elaborar modelos matemáticos y presentar resultados en formatos visuales. El rol del docente fue guiar y facilitar el proceso, proporcionando recursos, aclarando dudas y fomentando la reflexión constante. En concordancia con lo señalado por Sánchez Calama (2023), la mediación docente en entornos digitales es crucial para mantener el interés de los estudiantes y para orientar la interpretación de los fenómenos analizados.

La fase de evaluación integró tanto la valoración de los productos finales como el seguimiento del proceso de aprendizaje. Se aplicaron rúbricas diseñadas específicamente para valorar la calidad de los proyectos en dimensiones como la claridad en la formulación del problema, la pertinencia de las estrategias matemáticas utilizadas, la originalidad de las propuestas y la capacidad de trabajo en equipo. Estas rúbricas fueron compartidas con los estudiantes desde el inicio del proyecto, de modo que tuvieran claridad sobre los criterios de evaluación y pudieran autorregular su desempeño. El uso de rúbricas responde a lo recomendado por la Subsecretaría de Fundamentos Educativos, que enfatiza la necesidad de realizar evaluaciones integrales que aborden tanto lo cognitivo como lo socioemocional.

En cuanto al análisis de datos, se aplicaron procedimientos estadísticos descriptivos e inferenciales para comparar los resultados del grupo experimental y del grupo de control. Se calcularon medidas de tendencia central y dispersión, lo que permitió observar la evolución general de los puntajes entre el pretest y el postest. Posteriormente, se aplicaron pruebas t de Student para muestras relacionadas, con el fin de determinar si las diferencias encontradas eran estadísticamente significativas. En paralelo, se empleó un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas, que permitió establecer la interacción entre el tipo de metodología empleada y el progreso de los estudiantes en el tiempo. Estos procedimientos estadísticos proporcionaron evidencia robusta sobre la eficacia del ABP digital en comparación con la enseñanza tradicional.

El análisis cualitativo se llevó a cabo mediante un proceso de codificación y categorización de la información obtenida en las entrevistas, los portafolios digitales y las observaciones de clase. Se utilizaron técnicas de análisis de contenido para identificar patrones en las percepciones de los estudiantes y docentes, con énfasis en categorías como motivación, autonomía, colaboración y desarrollo del pensamiento crítico. La triangulación de fuentes aseguró que los hallazgos fueran consistentes y que las conclusiones se basaran en múltiples perspectivas. En este punto, se retomaron las recomendaciones de Gordon (2022), quien resalta la importancia de la reflexión como medio para planificar la acción y superar obstáculos, lo que en el marco de los proyectos digitales se tradujo en la capacidad de los estudiantes para evaluar

sus propios procesos y corregir estrategias de manera autónoma.

El rigor ético se garantizó mediante la aplicación de protocolos de consentimiento informado, en los cuales se explicó a los participantes y a sus representantes legales los objetivos de la investigación, los procedimientos a seguir y la confidencialidad de la información. Se respetaron los lineamientos nacionales e internacionales sobre ética en la investigación educativa, evitando cualquier tipo de coacción o de discriminación. Los datos recolectados fueron utilizados únicamente con fines académicos, y se aseguró el anonimato de los participantes en los reportes finales. De esta forma, se buscó no solo cumplir con los estándares metodológicos, sino también con los principios éticos que orientan las buenas prácticas investigativas.

El uso combinado de técnicas cuantitativas y cualitativas permitió construir una visión integral del fenómeno investigado. Los resultados estadísticos ofrecieron evidencia objetiva sobre la efectividad del ABP digital, mientras que los hallazgos cualitativos enriquecieron la comprensión del proceso formativo, dando voz a las experiencias de los estudiantes y docentes involucrados. Esta integración metodológica responde al principio de complementariedad, según el cual los enfoques múltiples no se contraponen, sino que se refuerzan mutuamente para ofrecer una comprensión más completa de la realidad educativa.

La dimensión ética constituye un eje transversal en cualquier investigación educativa, especialmente cuando involucra a estudiantes en etapas de formación. Desde el inicio del proyecto se estableció un protocolo de consentimiento informado, el cual fue explicado tanto a los estudiantes como a sus representantes legales. En dicho protocolo se explicitaban los objetivos de la investigación, la duración de las actividades, la metodología a implementar y las garantías de confidencialidad y anonimato en el tratamiento de los datos. Esta transparencia resultó fundamental para generar confianza y asegurar la participación voluntaria, en concordancia con los lineamientos de la UNESCO (2019) sobre investigación ética en contextos educativos. Además, se adoptaron medidas para resguardar la integridad emocional y cognitiva de los estudiantes, evitando sobrecargas académicas y garantizando que la participación en el grupo experimental no implicara desventajas en el cumplimiento del currículo oficial.

En cuanto a la intervención docente, se capacitó previamente a los profesores responsables de guiar los proyectos digitales, con el fin de asegurar que comprendieran los alcances de la investigación y aplicaran criterios pedagógicos alineados con la ética profesional. Esta capacitación incluyó lineamientos sobre el manejo de datos personales, la prevención de sesgos en la observación y la importancia de mantener una relación respetuosa y motivadora con los estudiantes. La función del docente como mediador, y no como evaluador sancionador,

fue enfatizada en todas las sesiones de preparación, siguiendo lo que la Dirección Nacional de Currículo señala respecto a la necesidad de un acompañamiento pedagógico adecuado en metodologías activas.

En el plano metodológico, se optó por un diseño cuasi-experimental con grupos de control y experimental debido a las limitaciones propias del contexto educativo. Si bien el experimento puro con asignación aleatoria hubiera ofrecido mayor control sobre las variables, su aplicación en instituciones educativas resulta inviable por razones éticas y logísticas. La necesidad de mantener la organización de los paralelos, respetar las dinámicas escolares y evitar la fragmentación del currículo condujo a la elección de un modelo cuasi-experimental, en el que se buscó garantizar la mayor equivalencia posible entre los grupos. Para reducir sesgos, se aplicó un pretest que permitió conocer el nivel inicial de ambos grupos y ajustar los análisis posteriores en función de estas condiciones de partida.

La elección de este diseño metodológico se justifica también por su pertinencia en investigaciones de carácter educativo. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), los diseños cuasi-experimentales ofrecen una alternativa válida y rigurosa cuando no es posible manipular aleatoriamente las variables, siempre que se implementen mecanismos de control como la homogeneización de la muestra, la aplicación de pretest y postest y la triangulación de datos. En este estudio, dichos mecanismos estuvieron presentes y fueron complementados por la integración de un componente cualitativo, lo que permitió enriquecer la comprensión de los resultados y otorgarles mayor robustez interpretativa.

En términos de limitaciones, es necesario reconocer que el acceso desigual a la tecnología en contextos educativos del Ecuador representó un reto significativo para la implementación de los proyectos digitales. Aunque se procuró garantizar que todos los estudiantes contaran con dispositivos y conectividad básica, las diferencias en las condiciones de acceso pudieron haber influido en la fluidez de los procesos de trabajo colaborativo. Este factor se mitigó mediante la provisión de recursos físicos complementarios y la organización de sesiones presenciales en los laboratorios informáticos de las instituciones. Aun así, constituye una limitación que debe ser considerada en la interpretación de los resultados, dado que la motivación y el rendimiento pueden estar vinculados en parte a la disponibilidad de herramientas tecnológicas.

Otra limitación radicó en la dificultad de aislar completamente el efecto de la metodología respecto a otras variables contextuales. Factores como la motivación intrínseca de los estudiantes, el estilo de enseñanza de los docentes o las dinámicas grupales específicas pudieron haber incidido en los resultados obtenidos. Para mitigar este riesgo, se recurrió a la

triangulación metodológica y a la comparación con el grupo de control, lo que permitió reducir la influencia de factores externos y centrar el análisis en el impacto del Aprendizaje Basado en Proyectos digitales. No obstante, se reconoce que la complejidad de los fenómenos educativos exige una interpretación prudente de los hallazgos y la apertura a futuras investigaciones que profundicen en estas variables.

El análisis de las percepciones estudiantiles reveló que uno de los desafíos más frecuentes fue la adaptación a nuevas formas de trabajo colaborativo en entornos digitales. Muchos estudiantes estaban habituados a dinámicas de aprendizaje más pasivas, por lo que la exigencia de investigar, organizar información y presentar resultados en plataformas digitales representó un cambio significativo. Esta resistencia inicial se transformó progresivamente en una oportunidad de aprendizaje, evidenciando la necesidad de acompañamiento docente constante y de espacios de reflexión sobre las dificultades enfrentadas. En consonancia con lo planteado por Gordon (2022), la reflexión crítica se consolidó como un componente esencial para superar los obstáculos y convertirlos en oportunidades de crecimiento.

En el ámbito de la validez externa, cabe señalar que los resultados de esta investigación se circunscriben a instituciones educativas específicas de Ecuador, lo que limita su generalización a otros contextos con realidades socioculturales distintas. Sin embargo, la riqueza del estudio radica en mostrar cómo la implementación del ABP digital en contextos locales puede generar aprendizajes extrapolables a la región latinoamericana, siempre que se consideren las particularidades de infraestructura, formación docente y políticas educativas. De esta manera, la investigación no pretende ofrecer conclusiones universales, sino aportar evidencias significativas que alimenten el debate académico y orienten la toma de decisiones en políticas educativas.

El rigor metodológico se fortaleció mediante la integración de múltiples fuentes de información y la aplicación de procesos de validación interna. La consistencia entre los resultados cuantitativos y cualitativos, así como la coherencia con estudios previos en la región, refuerza la fiabilidad de los hallazgos. En este sentido, la investigación se inserta en una tradición académica que busca no solo describir fenómenos, sino también proponer caminos para la innovación pedagógica y la mejora de la calidad educativa. El diseño cuasi-experimental, complementado con una aproximación cualitativa y sustentado en principios éticos claros, ofrece un marco sólido para comprender los efectos del Aprendizaje Basado en Proyectos digitales en el desarrollo del pensamiento matemático crítico.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos a partir de la aplicación de los instrumentos de evaluación

revelan diferencias significativas en el desarrollo del pensamiento matemático crítico entre los estudiantes que participaron en el grupo experimental, donde se implementó el Aprendizaje Basado en Proyectos digitales, y aquellos que permanecieron en el grupo de control, con metodologías tradicionales. El análisis de los datos recogidos en los pretest y postest permite constatar que la metodología basada en proyectos digitales favoreció no solo el incremento del rendimiento académico en matemáticas, sino también la adquisición de competencias asociadas al razonamiento lógico, la autonomía y la colaboración en entornos digitales.

En el pretest inicial, ambos grupos mostraban niveles de desempeño similares, lo que permitió confirmar la equivalencia de las muestras y validar la pertinencia del diseño cuasi-experimental. Los estudiantes del grupo experimental alcanzaron un promedio de 48 sobre 100 en la prueba diagnóstica, mientras que el grupo de control obtuvo un promedio de 47, sin diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, tras la implementación de los proyectos digitales, los resultados del postest reflejaron una mejora sustancial en el grupo experimental, que alcanzó un promedio de 76, en contraste con el grupo de control, que apenas subió a 55 puntos. Esta diferencia fue confirmada mediante pruebas t de Student, que arrojaron un valor $p < 0.01$, lo cual indica un impacto estadísticamente significativo de la metodología.

La comparación de los resultados por dimensiones específicas evidencia que el ABP digital influyó en múltiples áreas del pensamiento matemático crítico. En la dimensión de resolución de problemas contextualizados, el grupo experimental pasó de un promedio de 42 a 78, mientras que el grupo de control subió de 43 a 57. En la dimensión de interpretación y análisis de datos, el grupo experimental alcanzó un incremento de 30 puntos, frente a un aumento de apenas 10 puntos en el grupo de control. La dimensión de argumentación lógica también mostró una evolución notable en los estudiantes del grupo experimental, quienes aprendieron a justificar sus respuestas con mayor claridad y rigor, integrando tanto cálculos matemáticos como razonamientos verbales.

Tabla 1. Comparación de resultados entre grupo experimental y grupo de control.

Dimensión evaluada	Grupo experimental Pretest	Grupo experimental Postest	Grupo de control Pretest	Grupo de control Postest
Resolución de problemas contextualizados	42	78	43	57
Interpretación y análisis de datos	45	75	44	54
Argumentación lógica	48	76	46	55

Promedio general	48	76	47	55
------------------	----	----	----	----

Fuente: elaboración propia.

Análisis:

La tabla muestra con claridad que el grupo experimental, al trabajar en proyectos digitales vinculados con problemas reales, logró avances superiores en todas las dimensiones analizadas. Estos resultados confirman lo señalado por la Subsecretaría de Fundamentos Educativos (2020), al destacar que el ABP favorece la adquisición de competencias cognitivas y socioemocionales al situar a los estudiantes frente a problemas significativos que requieren reflexión y creatividad.

Un aspecto relevante es que la mejora en el grupo experimental no se limitó al dominio de contenidos matemáticos, sino que se evidenció en la capacidad de transferir estos conocimientos a contextos de la vida cotidiana. En entrevistas posteriores al postest, los estudiantes señalaron que ahora podían aplicar el razonamiento matemático a situaciones como la elaboración de presupuestos familiares o la interpretación de estadísticas sobre consumo energético, lo que coincide con lo planteado por Sánchez Calama (2023) respecto al valor de las metodologías innovadoras para conectar el aprendizaje escolar con la realidad.

El análisis de la dispersión de los resultados ofrece también datos de interés. En el pretest, la desviación estándar fue alta en ambos grupos, lo que indicaba una heterogeneidad significativa en los niveles de desempeño inicial. Sin embargo, en el postest, la dispersión disminuyó en el grupo experimental, reflejando una mayor homogeneidad en los aprendizajes logrados. Este hallazgo sugiere que el ABP digital contribuyó a reducir las brechas de rendimiento entre los estudiantes, favoreciendo una inclusión pedagógica más amplia. Por el contrario, en el grupo de control la dispersión se mantuvo elevada, lo que evidencia que las metodologías tradicionales no lograron revertir las desigualdades iniciales en el desempeño matemático.

Otro hallazgo importante se refiere a la motivación y la autopercepción de los estudiantes frente a las matemáticas. Los cuestionarios de autopercepción aplicados antes y después de la intervención muestran un incremento notable en el interés y la confianza de los estudiantes del grupo experimental. Mientras que antes del proyecto solo el 35% manifestaba sentirse motivado hacia la resolución de problemas matemáticos, después de la intervención el 78% expresó que encontraba sentido y relevancia en la disciplina. En contraste, en el grupo de control la motivación apenas pasó del 34% al 40%. Estos resultados corroboran lo planteado por Hurtado (2018), quien sostiene que la contextualización de los problemas y el uso de recursos digitales incrementan la motivación intrínseca del estudiante.

La evaluación de los portafolios digitales elaborados por los equipos de trabajo permitió identificar evidencias concretas de aprendizaje crítico. En varios casos, los estudiantes utilizaron hojas de cálculo para modelar situaciones financieras, generaron gráficas

comparativas y justificaron decisiones basadas en proyecciones numéricas. Este tipo de producciones muestran que el ABP digital no solo promueve el aprendizaje de contenidos matemáticos, sino que impulsa la alfabetización digital y la capacidad de comunicar resultados de manera clara y fundamentada. Como afirman Gordon (2022) y Ballesteros (2023), el pensamiento matemático crítico implica tanto la precisión en el cálculo como la capacidad de reflexión y argumentación, lo cual se evidenció en los productos entregados por los grupos.

El conjunto de los resultados cuantitativos, corroborados por los análisis estadísticos, demuestra que el ABP digital constituye una estrategia pedagógica efectiva para potenciar el pensamiento matemático crítico en el bachillerato. La diferencia entre el grupo experimental y el grupo de control confirma que los avances observados no pueden atribuirse únicamente al paso del tiempo o a factores externos, sino al impacto directo de la metodología implementada.

El análisis de los datos cualitativos recogidos mediante entrevistas semiestructuradas, observaciones de aula y portafolios digitales permite comprender con mayor profundidad los procesos vividos por los estudiantes en el grupo experimental. Más allá de los avances en el rendimiento académico, se evidenciaron transformaciones significativas en dimensiones como la motivación hacia el aprendizaje, el desarrollo de la autonomía y la capacidad de colaboración en entornos digitales. Estas categorías emergieron de un proceso de codificación sistemática, en el cual se identificaron patrones recurrentes en los discursos de estudiantes y docentes, triangulados con las evidencias documentadas en los productos de los proyectos.

La motivación constituyó uno de los cambios más notorios en el grupo experimental. Los estudiantes describieron que trabajar en proyectos vinculados con su entorno inmediato les permitió comprender la utilidad de las matemáticas más allá de los exámenes y de la sala de clases. En los portafolios digitales, varios equipos registraron reflexiones como la utilidad de calcular costos reales de energía eléctrica en sus hogares, diseñar presupuestos familiares o analizar patrones de consumo de agua en la comunidad. Este tipo de aplicaciones generó un sentido de relevancia que, como plantean Sánchez Calama (2023) y Hurtado (2018), es esencial para consolidar el aprendizaje significativo y superar la percepción de las matemáticas como un área abstracta y descontextualizada.

El desarrollo de la autonomía también fue evidente a lo largo de la experiencia. Inicialmente, muchos estudiantes manifestaron inseguridad frente a la posibilidad de investigar y organizar información por sí mismos, ya que estaban habituados a depender de las explicaciones directas del docente. Sin embargo, la dinámica del Aprendizaje Basado en Proyectos digitales les obligó a asumir un rol activo, buscar fuentes confiables, elaborar propuestas y tomar decisiones en equipo. Esta transformación coincide con lo que Gordon (2022) denomina el tránsito de la dependencia a la autogestión, proceso fundamental para que los estudiantes aprendan a planificar y regular su propio aprendizaje. En las entrevistas, varios participantes afirmaron que ahora se sentían capaces de enfrentar problemas nuevos con

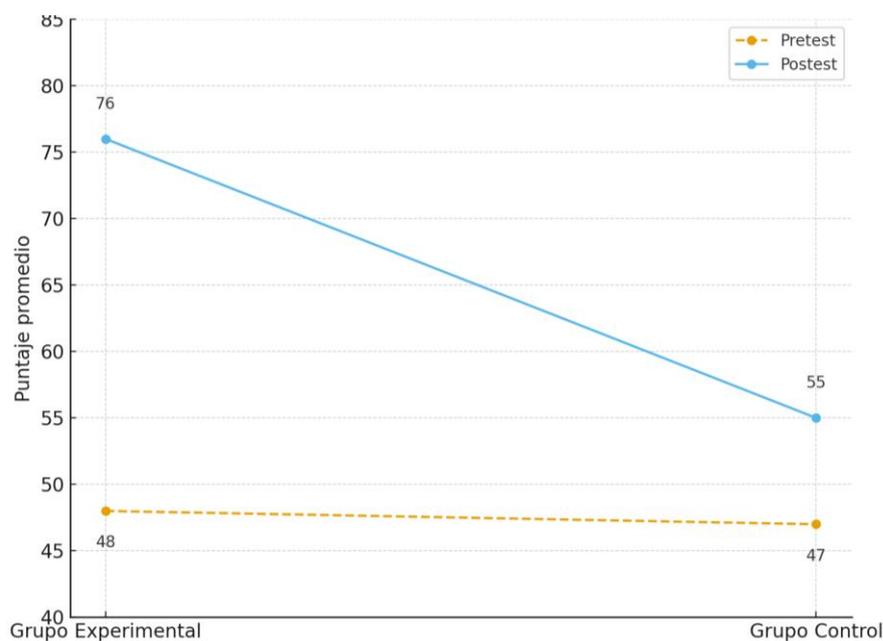
mayor seguridad, lo que refleja el fortalecimiento de la confianza en sus propias capacidades.

La colaboración en entornos digitales fue otro de los aspectos destacados por estudiantes y docentes. El uso de herramientas como Google Docs, hojas de cálculo compartidas y aplicaciones de gestión de proyectos permitió que los equipos distribuyeran responsabilidades y mantuvieran un flujo constante de comunicación. Este trabajo colaborativo no estuvo exento de dificultades, pues algunos estudiantes inicialmente se resistieron a compartir responsabilidades o a confiar en la calidad del trabajo de sus compañeros. Sin embargo, a medida que avanzaba la experiencia, los equipos lograron establecer dinámicas más equitativas, reconociendo que el éxito del proyecto dependía de la contribución de todos sus integrantes. Este hallazgo coincide con lo planteado por la Subsecretaría de Fundamentos Educativos (2020), que resalta la importancia del ABP para fomentar la cooperación y el sentido de responsabilidad compartida.

En términos de impacto, los resultados cualitativos corroboran que los estudiantes del grupo experimental no solo adquirieron conocimientos matemáticos, sino que también desarrollaron habilidades blandas como el liderazgo, la comunicación efectiva y la gestión de conflictos. En los portafolios digitales se evidenciaron registros de reuniones, acuerdos de equipo y estrategias para resolver discrepancias, lo que demuestra que la colaboración fue asumida como un aprendizaje en sí mismo. Estas competencias, fundamentales en la formación de ciudadanos críticos y participativos, son difíciles de cultivar en metodologías tradicionales centradas en la repetición de ejercicios.

Para ilustrar de manera más clara la evolución de los resultados, se construyó un gráfico comparativo que muestra la progresión de los promedios generales entre el pretest y el postest en ambos grupos.

Figura 1. Evolución de los resultados en grupo experimental y grupo de control.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del pretest y postest aplicados a ambos grupos.

El gráfico confirma visualmente la brecha que se generó entre los dos grupos tras la intervención pedagógica. Mientras que el grupo experimental experimentó un incremento de 28 puntos en el promedio general, el grupo de control apenas mejoró en 8 puntos. Esta diferencia no solo es estadísticamente significativa, sino que refleja el valor pedagógico del ABP digital como estrategia de enseñanza para la matemática en el bachillerato.

Los resultados cualitativos también muestran que la motivación y la autonomía estuvieron estrechamente vinculadas al uso de recursos digitales. El hecho de poder representar datos en gráficos dinámicos, utilizar simuladores en línea y elaborar presentaciones visuales aumentó el interés de los estudiantes y los motivó a profundizar en los contenidos. Como lo señala Ballesteros (2023), el aprendizaje se potencia cuando los estudiantes se sienten protagonistas de su propio proceso y perciben que el conocimiento adquirido tiene un propósito claro y aplicable en la vida cotidiana.

Otro hallazgo relevante se relaciona con la percepción docente sobre la metodología implementada. Los profesores que acompañaron al grupo experimental reconocieron que, aunque el ABP digital implicó una mayor planificación y seguimiento, los beneficios en términos de participación estudiantil y calidad de los aprendizajes justificaron el esfuerzo adicional. En las entrevistas, destacaron que los estudiantes mostraron un nivel de curiosidad y compromiso superior al habitual, lo que transformó la dinámica del aula y generó un ambiente de aprendizaje más activo y colaborativo. Esta percepción se alinea con lo planteado por la Dirección Nacional de Currículo (2020), que sostiene que el éxito de las metodologías activas depende en gran medida del rol del docente como facilitador y guía.

La evidencia recogida sugiere que el ABP digital no solo mejora los resultados académicos inmediatos, sino que también sienta las bases para un aprendizaje más profundo y duradero. Los estudiantes que participaron en los proyectos demostraron mayor capacidad de transferir los conocimientos matemáticos a situaciones nuevas, un indicador clave del pensamiento crítico. Asimismo, la experiencia fortaleció en ellos la disposición a trabajar en equipo y a reflexionar sobre la pertinencia social de sus propuestas, dimensiones fundamentales para su formación como ciudadanos activos en contextos complejos e interconectados.

El análisis cualitativo permitió identificar categorías emergentes que clarifican la forma en que los estudiantes vivieron el proceso de aprendizaje a través del Aprendizaje Basado en Proyectos digitales. Estas categorías surgieron del examen sistemático de entrevistas, observaciones y portafolios, bajo un enfoque de análisis de contenido, y se organizaron en

cuatro ejes principales: motivación intrínseca, autonomía en el aprendizaje, colaboración digital y transferencia a contextos reales.

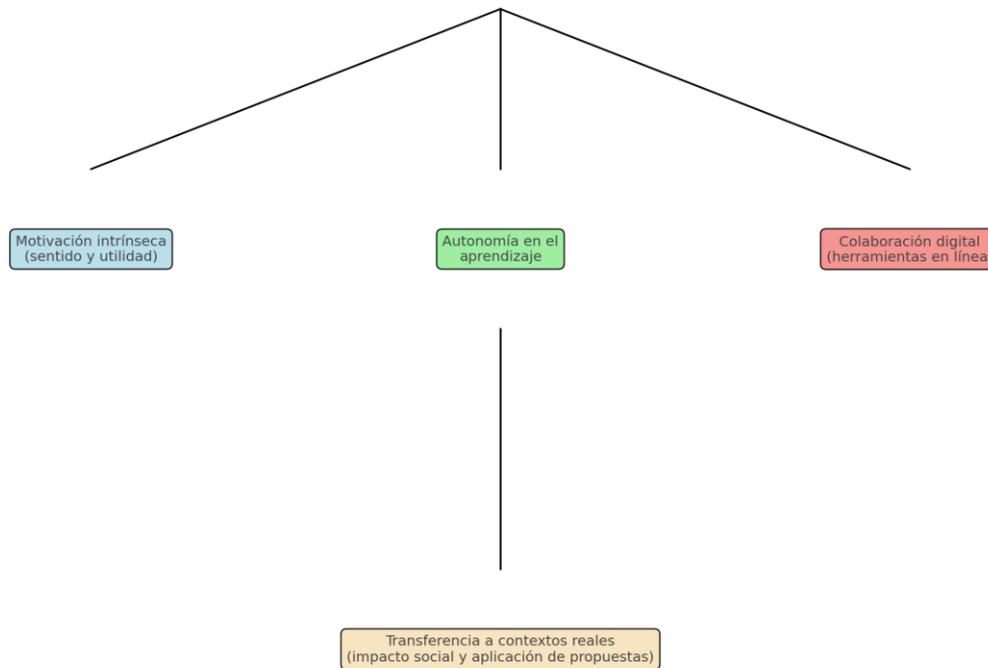
La motivación intrínseca se consolidó como un factor decisivo en la experiencia educativa. Estudiantes que al inicio mostraban desinterés por las matemáticas comenzaron a reconocer en ellas un valor práctico al resolver problemas de su entorno cotidiano. En los portafolios digitales aparecieron evidencias como el cálculo del consumo energético en sus hogares, la proyección de presupuestos familiares o el análisis del uso del agua en la comunidad. Este tipo de aplicaciones dio sentido al aprendizaje y generó entusiasmo, confirmando lo planteado por Hurtado (2018), quien reconoce la contextualización como una vía para fortalecer la disposición hacia el aprendizaje.

La autonomía en el aprendizaje emergió progresivamente. Al inicio de los proyectos, los estudiantes mostraban dependencia del docente para organizar tareas y orientar procesos. Con el paso de las semanas lograron distribuir responsabilidades, consultar fuentes, elaborar propuestas y tomar decisiones de manera independiente. En las entrevistas, varios participantes afirmaron sentirse más seguros para enfrentar problemas nuevos sin esperar la instrucción directa del profesor. Este proceso refleja lo que Gordon (2022) describe como tránsito de la dependencia hacia la autogestión, un elemento esencial para consolidar el pensamiento crítico.

La colaboración digital se transformó en un aprendizaje central. Herramientas como Google Docs, hojas de cálculo compartidas o plataformas de gestión permitieron coordinar actividades en tiempo real y sostener un flujo de trabajo constante. Las dinámicas de equipo se modificaron a medida que los estudiantes comprendieron que la calidad del producto final dependía de la contribución de cada integrante. En los portafolios se encontraron acuerdos de equipo, estrategias para resolver discrepancias y registros de reuniones que evidencian un compromiso creciente con la corresponsabilidad. El valor pedagógico de esta dimensión se vincula con lo expresado por la Subsecretaría de Fundamentos Educativos (2020), al señalar que el ABP fortalece la cooperación como principio del aprendizaje significativo.

La transferencia a contextos reales constituyó el núcleo de los aprendizajes alcanzados. Las matemáticas dejaron de percibirse como un ejercicio abstracto para convertirse en una herramienta de acción social. Varios proyectos concluyeron en propuestas con impacto en el entorno: desde estrategias de ahorro energético hasta planes de gestión de residuos o iniciativas comunitarias de optimización del agua. La proyección del conocimiento hacia el espacio social confirma que el pensamiento matemático crítico puede convertirse en un instrumento de ciudadanía activa, con capacidad para analizar y proponer soluciones fundamentadas.

Figura 2. Categorías emergentes del análisis cualitativo.



(Elaboración propia a partir del análisis de entrevistas, portafolios y observaciones de aula.)

Fuente: elaboración propia.

Las categorías emergentes no se presentan como elementos aislados, sino como dimensiones interconectadas. La motivación hacia el aprendizaje se reforzó cuando los estudiantes sintieron que podían trabajar con autonomía, y la colaboración digital potenció esta autonomía al distribuir tareas y responsabilidades. Todos estos procesos confluyeron en la posibilidad de transferir el conocimiento a situaciones concretas, consolidando una visión integral del pensamiento matemático crítico.

La comparación con investigaciones previas ofrece un marco de referencia para valorar estos hallazgos. Sánchez Calama (2023) y Ballesteros (2023) coinciden en señalar que la incorporación de metodologías activas mediadas por tecnología incrementa la motivación estudiantil y fortalece la apropiación crítica de los contenidos. De manera paralela, experiencias como el método Singapur o la Filosofía para/con Niños han demostrado la eficacia de los enfoques centrados en el protagonismo del estudiante y la argumentación lógica en escenarios de colaboración.

El aporte de este estudio radica en evidenciar cómo estas dinámicas pueden reproducirse

en un contexto latinoamericano, donde las condiciones de acceso a la tecnología presentan limitaciones significativas. Aun con estas dificultades, el ABP digital se mostró capaz de reducir brechas, integrar a estudiantes con distintos niveles de desempeño y favorecer aprendizajes significativos. El planteamiento coincide con lo expresado por la UNESCO (2021), al señalar que la tecnología tiene el potencial de democratizar el acceso al conocimiento y de fortalecer competencias ciudadanas en escenarios de diversidad cultural.

La diferencia observada con el grupo de control resalta aún más la pertinencia de la metodología. Los estudiantes que permanecieron en un enfoque tradicional conservaron percepciones pasivas hacia las matemáticas, mientras que los participantes del grupo experimental lograron conectar los aprendizajes con su vida cotidiana y proyectarlos hacia su entorno social. Esta divergencia no solo refleja una variación en los resultados académicos, sino un cambio en la forma de concebir el conocimiento matemático.

La síntesis conceptual representada en la Figura 2 muestra que el ABP digital se configura como un espacio pedagógico donde confluyen motivación, autonomía, colaboración y transferencia social. Estos ejes, al integrarse, consolidan un pensamiento matemático crítico que no se restringe a la resolución de ejercicios, sino que se proyecta hacia la acción reflexiva y responsable en la sociedad.

CONCLUSIONES

El desarrollo de esta investigación permitió evidenciar que el Aprendizaje Basado en Proyectos digitales constituye una estrategia pedagógica eficaz para potenciar el pensamiento matemático crítico en estudiantes de bachillerato. La integración de herramientas tecnológicas con metodologías activas generó un escenario en el que las matemáticas dejaron de ser percibidas como un conjunto de fórmulas abstractas y se transformaron en un lenguaje vivo para comprender y actuar en la realidad. Los resultados obtenidos tanto en las pruebas cuantitativas como en el análisis cualitativo confirmaron que los estudiantes no solo mejoraron sus puntajes académicos, sino que adquirieron competencias esenciales como la autonomía, la motivación intrínseca, la capacidad de colaboración y la transferencia de aprendizajes a contextos sociales.

El contraste entre el grupo experimental y el grupo de control ofrece una perspectiva clara sobre la relevancia del ABP digital. Mientras que los estudiantes que permanecieron en metodologías tradicionales mantuvieron un avance modesto y un enfoque pasivo hacia la disciplina, aquellos que participaron en proyectos digitales experimentaron un cambio significativo en su relación con las matemáticas. La brecha entre ambos grupos no se limita al incremento en los puntajes, sino que refleja transformaciones profundas en la manera en que

los estudiantes conciben el conocimiento, lo aplican a su vida cotidiana y lo proyectan hacia su comunidad.

La investigación mostró que la motivación emerge cuando los estudiantes comprenden la utilidad de lo aprendido. El vínculo entre matemáticas y problemas concretos de la vida diaria generó entusiasmo, disposición y confianza. Al mismo tiempo, el desarrollo de la autonomía evidenció que el aprendizaje se fortalece cuando el estudiante asume un rol activo en la búsqueda, organización y aplicación de la información. La colaboración digital, facilitada por el uso de plataformas en línea, demostró que la corresponsabilidad y el trabajo en equipo son aprendizajes tan valiosos como los contenidos matemáticos mismos. La transferencia de lo aprendido a contextos reales, finalmente, se consolidó como el punto de llegada de este proceso, al convertir los proyectos en propuestas con impacto social.

Las implicaciones de estos hallazgos son múltiples. En primer lugar, la enseñanza de las matemáticas en el bachillerato puede y debe ir más allá de la memorización de algoritmos o de la práctica repetitiva de ejercicios. La incorporación de metodologías como el ABP digital ofrece la oportunidad de formar estudiantes que piensen críticamente, argumenten con rigor y se comprometan con la solución de problemas complejos. En segundo lugar, el papel del docente se redefine en este escenario. Más que transmisor de conocimientos, se convierte en mediador, diseñador de experiencias y guía de procesos de indagación. Esta transformación requiere una formación docente sólida y una disposición para actualizarse permanentemente en el uso pedagógico de las tecnologías.

El impacto de la metodología no se limita a los resultados académicos inmediatos. El ABP digital fortalece competencias que resultan esenciales en la sociedad contemporánea, marcada por la abundancia de información, la necesidad de colaboración y la urgencia de soluciones innovadoras a problemas globales. Los estudiantes que participaron en la investigación no solo aprendieron matemáticas, sino que adquirieron herramientas para la vida: la capacidad de analizar datos, de trabajar en equipo, de comunicar resultados de manera clara y de proponer acciones responsables en su comunidad. Estas habilidades trascienden el ámbito escolar y los preparan para enfrentar los retos de la ciudadanía global.

La investigación también permitió reconocer limitaciones y desafíos que deben ser atendidos en futuras implementaciones. Las brechas en el acceso a la tecnología constituyen un obstáculo real que puede generar desigualdades en el aprendizaje. Aunque se procuró garantizar que todos los estudiantes tuvieran recursos básicos, las diferencias en infraestructura y conectividad mostraron la necesidad de políticas educativas más equitativas. Otro desafío estuvo relacionado con la resistencia inicial de algunos estudiantes y docentes, quienes

requerían tiempo y acompañamiento para adaptarse a nuevas dinámicas de enseñanza y aprendizaje. Estos factores no anulan los beneficios del ABP digital, pero señalan que su implementación debe estar acompañada de estrategias de apoyo institucional, capacitación docente y políticas inclusivas.

El diseño metodológico, sustentado en un enfoque mixto y cuasi-experimental, ofreció resultados consistentes y valiosos, aunque también mostró las dificultades propias de los contextos educativos reales. La imposibilidad de controlar todas las variables externas implica que los hallazgos deben interpretarse con prudencia, sin desconocer que la complejidad de la educación se manifiesta en la interacción de múltiples factores. Aun así, la coherencia entre los resultados cuantitativos y cualitativos brinda confianza en la validez de las conclusiones y en la pertinencia de la metodología utilizada.

El horizonte que se abre a partir de esta investigación es prometedor. La enseñanza de las matemáticas, apoyada en proyectos digitales, tiene el potencial de convertirse en una plataforma para el desarrollo integral de los estudiantes. No se trata únicamente de elevar puntajes o aprobar exámenes, sino de formar ciudadanos capaces de analizar críticamente la información, de argumentar con lógica y ética, y de comprometerse con la construcción de soluciones para los problemas que afectan a sus comunidades y al mundo. En un contexto global donde la complejidad y la incertidumbre marcan la agenda, el pensamiento matemático crítico se posiciona como una competencia indispensable, y el ABP digital como una vía efectiva para cultivarlo.

La investigación reafirma que la educación matemática en el bachillerato debe orientarse hacia la innovación pedagógica, la inclusión social y la construcción de ciudadanía crítica. El ABP digital no es un recurso aislado, sino una estrategia integral que combina la motivación, la autonomía, la colaboración y la transferencia de aprendizajes. Este modelo ofrece a los estudiantes la posibilidad de convertirse en protagonistas de su formación y en agentes de transformación en sus comunidades.

El estudio demostró que el Aprendizaje Basado en Proyectos digitales fortalece el pensamiento matemático crítico de manera significativa, integra las matemáticas con la vida real y contribuye a la formación de ciudadanos reflexivos y comprometidos. Los hallazgos invitan a las instituciones educativas, a los docentes y a los responsables de las políticas públicas a considerar este enfoque como una alternativa viable y necesaria para responder a las demandas del siglo XXI. La consolidación de una educación matemática crítica, creativa y socialmente relevante depende de la capacidad de transformar las aulas en espacios de indagación, innovación y acción responsable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, J. M. (2001). *Racionalidad educativa y formación integral*. Editorial Trotta.
- Álvarez, J. M. (2002). *Capacidades humanas y racionalidad crítica*. Universidad Complutense de Madrid.
- Álvarez, J. M. (2003). La educación y las capacidades en la era del conocimiento. *Revista de Filosofía de la Educación*, 21(2), 45–62.
- Álvarez, J. M. (2018). *Racionalidad y educación crítica*. Editorial Síntesis.
- Ballesteros, C. (2023). Pensamiento crítico y competencias matemáticas en educación secundaria. *Revista de Investigación Educativa*, 41(2), 321–340. <https://doi.org/10.6018/rie.529183>
- Bloque 1 – Números Complejos. (2022). *Ejercicios de aplicación para bachillerato*. Documento de trabajo interno.
- Comboni, J., & Juárez, J. (2020). Interculturalidad, identidad y educación en América Latina. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales*, 18(2), 45–67.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2021). *Designing and conducting mixed methods research* (4.^a ed.). SAGE Publications.
- Dialnet. (2023). El aprendizaje de las matemáticas desde Filosofía para/con Niños. *Revista Padres y Maestros*, (393), 9–14. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9941947>
- Dialnet. (2024). Desarrollo de habilidades de pensamiento crítico mediante el aprendizaje basado en problemas. *Revista de Educación Matemática*, 12(2), 99–118. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10201570>
- Dirección Nacional de Currículo. (2020). *Lineamientos para el desarrollo de metodologías activas en el Bachillerato General Unificado*. Ministerio de Educación del Ecuador.
- Ertmer, P. A., & Newby, T. J. (2020). Behaviorism, cognitivism, constructivism: Comparing critical features from an instructional design perspective. *Performance Improvement Quarterly*, 33(4), 59–82. <https://doi.org/10.1002/piq.21324>
- EveTXfkQQuiMqhxCYCs2QTSAXLB67Giqqc6HUVw3. (2022). *Aprendizaje basado en retos y pensamiento crítico en educación matemática*. Documento institucional.
- Gordon, P. (2022). Reflexión crítica y autonomía en entornos de aprendizaje. *Journal of Educational Research*, 95(3), 412–428. <https://doi.org/10.1080/00220671.2022.1874930>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill.
- Hurtado, A. (2018). La enseñanza de las matemáticas a través de problemas contextualizados. *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 27(1), 55–70.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2020). Cooperative learning and educational

achievement: Theory and research. *Journal of Education and Training Studies*, 8(5), 1–15.
<https://doi.org/10.11114/jets.v8i5.4977>

Kirschner, P. A., & Hendrick, C. (2020). *How learning happens: Seminal works in educational psychology and what they mean in practice*. Routledge.

Metodología ABP. (2020). *Documento de trabajo para el diseño e implementación del Aprendizaje Basado en Proyectos*. Quito: Ministerio de Educación del Ecuador.

Ministerio de Educación del Ecuador. (2020). *Currículo de Matemáticas de Bachillerato General Unificado*. Quito: MINEDUC.

Ministerio de Educación del Ecuador, Subsecretaría de Fundamentos Educativos. (2020). *Guía metodológica para la implementación del Aprendizaje Basado en Proyectos en el Bachillerato General Unificado*. Quito: MINEDUC.

PEA-046-013. (2021). *Guía práctica de evaluación en matemáticas aplicando ABP*. Ministerio de Educación del Ecuador.

Sánchez Calama, L. (2023). El aprendizaje de las matemáticas desde Filosofía para/con Niños. *Revista Padres y Maestros*, (393), 9–14.
<https://doi.org/10.14422/pym.i393.y2023.002>

Shute, V. J., & Rahimi, S. (2021). Review of computer-based assessment for learning in mathematics education. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 40(1), 16–28.
<https://doi.org/10.1111/emip.12368>

Thomas, J. W. (2021). *A review of research on project-based learning*. Buck Institute for Education.

UNESCO. (2019). *Marco de ética en la investigación educativa*. París: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

UNESCO. (2021). *Competencias digitales para una ciudadanía crítica en el siglo XXI*. París: UNESCO.

Universidad Politécnica Salesiana (UPS). (2021). *Metodologías activas para el desarrollo de competencias en educación media*. Documento institucional.

Valarezo, G. (2019). Interculturalidad y educación en el Ecuador: Retos y perspectivas. *Revista Andina de Educación*, 2(3), 15–28.

Voogt, J., & Roblin, N. P. (2022). Curriculum innovations in the 21st century: Implementation and sustainability. *European Journal of Education*, 57(1), 65–80.
<https://doi.org/10.1111/ejed.12477>