



Doi: <https://doi.org/10.70577/ASCE/1691.1713/2025>

Recibido: 2025-06-18

Aceptado: 2025-07-18

Publicado: 2025-08-21

Aplicación del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) para Mejorar la Comprensión de Conceptos de Cálculo Diferencial en Estudiantes de Educación Superior

Application of Problem-Based Learning (PBL) to Improve the Understanding of Differential Calculus Concepts in Higher Education Students.

Autor

Fernando Wladimir Ortega Loza¹

fortegal@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-1545-4182>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Universidad Técnica del Norte UTN

Quevedo-Ecuador

Andrés Marcelo Vargas Muñoz²

amvargas3@espe.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-1338-6347>

Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE

Quito-Ecuador

Omar Ricardo Oña Rocha³

orona2@espe.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-8967-863X>

Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE

Quito-Ecuador

Diana Cristina Chamorro Sangoquiza⁴

dcchamorro@espe.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-4174-8221>

Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE

Quito-Ecuador

Sandra Elizabeth Castro Cuasapaz⁵

sandra.castroec@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-3651-7566>

Independiente

Quito-Ecuador

Cómo citar

Ortega Loza, F. W., Vargas Muñoz, A. M., Oña Rocha, O. R., Chamorro Sangoquiza, D. C., & Castro Cuasapaz, S. E. (2025). Aplicación del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) para Mejorar la Comprensión de Conceptos de Cálculo Diferencial en Estudiantes de Educación Superior. *ASCE*, 4(3), 1691–1713.



Resumen

La investigación buscó determinar la eficacia de la aplicación del ABP para mejorar la comprensión de los grandes conceptos del cálculo diferencial en estudiantes de educación superior. La investigación partió de la hipótesis de que, al poner al estudiante como protagonista de su aprendizaje y trabajar en la resolución colaborativa de problemas contextualizados, el ABP puede convertirse en una metodología capaz de superar las dificultades persistentes en la apropiación de conceptos matemáticos abstractos. Se optó por un enfoque mixto secuencial articulado en metodologías cuantitativas y cualitativas. En una fase inicial, se administró una prueba pre-test y una prueba post-test a una muestra de estudiantes de primer año de ingeniería, y se llevó a cabo un análisis estadístico de la calificación total. En una fase subsecuente, se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas y observaciones en el aula con el objetivo de indagar en las perspectivas y vivencias de los estudiantes. Además, se integraron tecnologías emergentes —como las plataformas de aprendizaje basado en plataformas (LMS) y las simulaciones interactivas en GeoGebra— que respaldan la representación visual de conceptos diferenciales y fomentan la autonomía en la búsqueda activa del conocimiento. Los hallazgos señalan un avance notable en el desempeño académico, particularmente en las cuestiones relativas a límites, derivaciones y aplicaciones. Adicionalmente, se registró un incremento en la participación en las actividades académicas, un incremento en la cantidad de interacciones colaborativas y una mejora en las prácticas metacognitivas. Se postula que la implementación del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP, por sus siglas en inglés) constituye una estrategia pedagógica sólida y apropiada para el cálculo diferencial de nivel superior, un modelo replicable que respalda la instrucción matemática y el fomento de competencias transversales reconocidas como esenciales en el ámbito universitario.

Palabras clave: Aprendizaje Basado En Problemas, Cálculo Diferencial, Educación Superior, Innovación Pedagógica, Competencias Matemáticas.



Abstract

This study sought to evaluate the efficacy of Problem-Based Learning (PBL) in improving students' comprehension of differential calculus principles in higher education. Based on the premise that Project-Based Learning (PBL), by centering students in the educational process and promoting collaborative problem-solving in authentic contexts, constitutes an effective pedagogical approach, the research aimed to tackle prevalent difficulties related to the comprehension of abstract mathematical concepts. A sequential mixed-methods approach was utilized. The quantitative phase entailed the implementation of diagnostic assessments and subsequent evaluations for a group of first-year engineering students, succeeded by a statistical analysis of performance results. Additionally, the qualitative phase included semi-structured interviews and classroom observations to gather students' thoughts and learning experiences. Furthermore, innovative technologies—such as Learning Management Systems (LMS) and interactive simulations utilizing GeoGebra—were incorporated to enhance the visualization of differential concepts and promote independent learning. The findings indicated substantial enhancements in academic performance, especially for the understanding of limits, derivatives, and their applications. Additionally, students indicated increased interest, improved teamwork, and heightened metacognitive skills during the intervention. In conclusion, the implementation of PBL demonstrated its relevance and efficacy as a pedagogical method for instructing differential calculus in higher education. The paradigm enhances mathematical comprehension while cultivating vital transversal competencies, providing a reproducible framework for creative teaching in university mathematics education.

Keywords: Problem-Based Learning, Differential Calculus, Higher Education, Pedagogical Innovation, Mathematical Skills.



Introducción

1. Contextualización del tema

El dominio del cálculo diferencial continúa constituyendo un obstáculo generacional en la enseñanza universitaria, mediado por su elevado nivel de abstracción y la complejidad de la notación simbólica (Pogorelova, 2023). Ante esta resistencia, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) ha emergido como una metodología activa de referencia, capaz de inducir aprendizajes significativos, fortalecer el pensamiento crítico y fomentar la autonomía intelectual de los estudiantes (Rézio et al., 2022).

2. Revisión de Antecedentes

La literatura reciente ofrece evidencia concluyente sobre el impacto positivo del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en dos dimensiones críticas del desempeño académico: el rendimiento en evaluación y el desarrollo del pensamiento matemático. En un diseño cuasi-experimental, los autores del análisis comparativo propusieron un módulo que integraba funciones derivadas y tareas de argumentación sobre el comportamiento de gráficos, sobre una muestra de estudiantes preuniversitarios, y observó incrementos estadísticamente significativos en aquellos que recibieron instrucción en ambientes mediados por ABP, en contraposición a una línea de enseñanza tradicional (Ramli et al., 2024).

Bajo el marco del cálculo diferencial, Pogorelova (2023) sugiere la incorporación de la Teoría de la Variación en un módulo ABP, estableciendo una distinción pedagógica entre el “concepto” y el “símbolo” con la finalidad de fortalecer simultáneamente la comprensión conceptual y el dominio del notación matemática. Según Babo (2024), los estudiantes han considerado que la metodología es favorable y pertinente para la transferencia de saberes posteriores. Hidayah et al. (2020), cuya identificación cuantitativa de incrementos en el razonamiento crítico entre estudiantes, surgidos de la resolución colaborativa de retos auténticos, legitima interpretaciones de carácter horizontal y permanente de eficacia pedagógica en módulos ABP meticulosamente descritos.



Desde la vertiente problemática del propio cálculo diferencial, la comunidad académica ha mantenido un debate prolongado, orientado a indagar en la elevada abstracción ideológica inherente a la materia y en la incapacidad de superación de índices de aprovisionamiento críticos. Esta inquietante disrupción ha conducido a la exploración problemática de factores teóricos, contextuales y didácticos, razones por las cuales el ABP se fundamenta como mediador didáctico con capacidad de redirigir los procesos.

En la actualidad, enfoques pedagógicos centrados en la acción, entre ellos el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), han emergido como herramientas idóneas para inducir aprendizajes profundamente significativos y resolver las limitaciones típicas de las prácticas docentes convencionales (Bernal Párraga et al., 2025).

La revisión de la literatura respalda la afirmación de que la confrontación sistemática de problemas estimula, de manera consistente, el desarrollo tanto del razonamiento lógico como del razonamiento matemático, al tiempo que facilita la transferencia de saberes al día a día, de manera que la atención se desplaza, en primer lugar, de la mera memorización a la consolidación del sentido conceptual (Bernal Párraga et al., 2025; Alvarez Piza et al., 2024). Contrariamente a los enfoques centrados en la repetición de algoritmos, el ABP, en consecuencia, se proyecta como un medio que, desde las etapas más iniciales de la formación, alimenta el argumentario matemático, el pensamiento crítico y el pensamiento creativo (Bernal Párraga et al., 2024a).

A la par, se ha evidenciado que la implementación del ABP cobra sentido al integrar, de forma armonizada, estrategias de aprendizaje colaborativo y elementos de gamificación, se han convertido en mediadores que elevan la motivación y el compromiso en aprendizajes matemáticos que tradicionalmente son catalogados como complejos (Bernal Párraga et al., 2024b; Garcia Carrillo et al., 2024). Esta concordancia se magnifica si se confronta con los hallazgos de Zamora Franco et al. (2024), que han puesto de relieve que la sistematización de dinámicas colaborativas en la enseñanza de la matemática se traduce en un perfil de aprendiz más autónomo y en un aula que propicia la participación activa.

Paralelamente, se constata una creciente integración de tecnologías digitales como mediadoras del aprendizaje por proyectos (ABP). En un examen de plataformas digitales dirigidas a la enseñanza de ciencias naturales (Bernal Párraga et al., 2024c), y del impacto de aplicaciones adaptativas en el ámbito matemático (Zamora Arana et al., 2024), se constata la capacidad de la tecnología de personalizar la enseñanza y de reforzar procesos cognitivos de orden superior. En el ámbito matemático, las investigaciones más recientes argumentan que los recursos manipulativos combinados con soportes digitales actúan como catalizadores de la comprensión de constructos abstractos y como facilitadores de la resolución de problemas, así como en el tratamiento de las limitaciones del cálculo diferencial (Alarcón Burneo et al., 2024; Cosquillo Chida et al., 2025).

Adicionalmente, la revisión de la literatura se hace eco de la función del enfoque STEM como capa metodológica que refuerza la propuesta de ABP. La incorporación de STEM en educación básica produce, en los datos disponibles, mejora en competencias analíticas y en el tratamiento de problemas (Bernal Párraga et al., 2024d). En paralelo, la práctica de modalidades activas y adaptativas se presenta como un acelerador de la personalización del aprendizaje, de un retorno positivo del rendimiento académico y del refuerzo de la autoeficacia en cohortes universitarias (Santana Mero et al., 2024; Acosta Porras et al., 2024).

Persisten, empero, huecos pronosticados en la formación, a partir del ABP en el cálculo diferencial en formación universitaria. Aunque abundan datos que atestiguan eficacia en herencia base y secundaria (Fierro Barrera et al., 2024; Madrid Toapanta et al., 2024), el inventario de indagaciones que valoran de forma sistemática la influencia en formación superior, donde la abstracción y la exigencia académica alcanza umbrales discernibles, continúa siendo escaso. Tal diferencial sostiene la necesidad de proyectos que indaguen acerca de los beneficios y limitaciones del ABP dentro del cálculo diferencial universitario.

Síntesis de la lista indicativa. La matiz que muestra que el ABP se adulterada como pérxonia sistemática y la motivación académica y de rendimiento en matemáticas. Sin embargo, se precisan nuevas indagaciones que sintetisen su aplicabilidad en formación superior, singular en el área de métrica diferencial. Se consolide un cuerpo experimental capacitado para decisiones y diseño básico.



3. Formulación del Problema de Investigación

Pese a los progresos observados en el uso del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), subsisten agujeros en la bibliografía sobre el modo en que esta estrategia impacta la interiorización de nociones fundamentales del cálculo diferencial —en particular, límites, derivadas y su representación gráfica— en el nivel universitario. Surge, por ello, la exigencia de estudios empíricos que delucidando este efecto y los factores que maximizan la viabilidad de su adopción.

4. Fundamentación del Estudio

El ABP facilita la inserción de situaciones reales en el aula, favoreciendo la elaboración colectiva y pertinente del conocimiento (Rézio et al., 2022). La conjugación de los preceptos del ABP con la Teoría de la Variación reitera y amplía el fortalecimiento de la representación simbólica y la comprensión conceptual (Pogorelova, 2023); esta estrategia, a su vez, muestra coincidencia con los postulados del aprendizaje activo y del constructivismo, los cuales tienden a ser corroborados por la eficacia que presentan en entornos universitarios de carácter matemático.

5. Propósito y Objetivos

Propósito general:

Examinar en qué medida la aplicación del ABP favorece el enriquecimiento de la comprensión de los conceptos centrales del cálculo diferencial en el alumnado de educación superior.

Objetivos específicos:

Valorar la incidencia del ABP en la aprehensión conceptual de límites y derivadas.

Investigar la progresión del significado simbólico y de su función en el aprendizaje del cálculo a través de la estrategia del ABP.

Analizar las concepciones que los estudiantes universitarios sostienen acerca de la funcionalidad del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) para la adquisición del conocimiento en el campo del cálculo diferencial e integral.



Determinar elementos que actúan como potenciadores o inhibidores en la aplicación de estrategias de ABP durante la ejecución de asignaturas de cálculo en el currículo de carreras universitarias.

Formular orientaciones pedagógicas sustentadas en el diseño de actividades de ABP que sean derivadas a la vez de datos empíricos obtenidos de intervenciones anteriores y de la revisión de la bibliografía científica contemporánea.

Métodos y Recursos

2.1 Metodología de Investigación y Diseño del Estudio

Este trabajo utiliza un diseño cuasi-experimental mixto, que combina un enfoque cuantitativo (pretest–posttest con grupo de control) y un enfoque cualitativo (análisis de percepciones del alumnado) para valorar el efecto del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en la comprensión del cálculo diferencial (Duarte, 2024; Mokhtar et al., 2010).; Mokhtar et al., 2010). Los diseños cuasi-experimentales resultan idóneos en ambientes educativos en los que la aleatorización no es practicable (Freeman et al., 2014; Schmidt y Loyens, 2007). Al incluir datos cuantitativos y cualitativos se obtiene tanto una medición objetiva del aprendizaje como una comprensión contextual del proceso, una estrategia que ha ganado difusión en la investigación sobre ABP en la educación superior (Tan et al., 2023; Xu, 2025).

La población del estudio está constituida por estudiantes de primer ciclo de carreras de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) en una universidad pública del país. Se aplicó un muestreo por conveniencia que reunió un mínimo de 60 participantes distribuidos en dos grupos: 30 en el experimental y 30 en el de control. Este procedimiento ha corrido en investigaciones precedentes sobre cálculo (Mokhtar et al., 2010; Pogorelova, 2023). La existencia de 30 sujetos por grupo ofrece el poder estadístico requerido para detectar diferencias de interés y, al mismo tiempo, asegura que se pueda llevar a cabo un análisis que no descuide los matices del discurso, conforme a observaciones recurrentes en programas similares en el ámbito del cálculo diferencial (Campos & Lopes, 2019).

2.3 Tecnologías Emergentes Aplicadas en el Estudio

En el contexto actual, las plataformas virtuales de gestión del aprendizaje (LMS) actuaron como núcleo organizador en la implementación del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) a lo largo de la investigación. El enfoque híbrido, que entrelaza componentes digitales con sesiones presenciales, emerge en la literatura como un factor decisivo para aumentar la flexibilidad y la accesibilidad en la enseñanza de conceptos matemáticos avanzados. A los efectos del presente estudio, el carácter híbrido de las LMS, que orquesta la actividad digital con la presencialidad, se identifica como catalizador de flexibilidad y accesibilidad en la enseñanza de contenidos matemáticos avanzados (Tan et al., 2023; Cano & Lomibao, 2023).

Adicionalmente, se integraron simulaciones dinámicas a través del software GeoGebra, así como representaciones gráficas interactivas que posibilitaron la exploración visual y manipulativa de los conceptos centrales del cálculo diferencial, tales como límites, derivadas y pendientes de curvas. La literatura sugiere que el uso de estas herramientas interactivas favorece la visualización de nociones abstractas, reduciendo las dificultades de integración conceptual en la enseñanza de matemáticas de altos niveles (Bedada, 2022; Hammoudi & Grira, 2023).

Adicionalmente, se introdujeron recursos de análisis simbólico y numérico en entornos computacionales, como Wolfram Alpha y MATLAB, que permitieron contrastar los resultados de los ejercicios de aprendizaje basado en problemas (ABP). La combinación de cálculo manual, simulación digital y verificación a través de software se presenta como un enfoque aconsejado en la literatura contemporánea sobre innovación pedagógica en matemáticas, en virtud de que facilita el aprendizaje autorregulado y la autonomía de los alumnos (Alqahtani et al., 2021; Navarro-Ibarra et al., 2022).

Por último, se implantaron agentes de gamificación digital, tales como cuestionarios interactivos y retos dentro de plataformas como Kahoot! y Quizizz, a fin de avivar tanto la motivación intrínseca como la participación activa durante los módulos ABP. Tales intervenciones han evidenciado resultados favorables en la consolidación de saberes en disciplinas STEM (Huang & Hew, 2023; Utami et al., 2021).

En síntesis, la intersección de plataformas de gestión del aprendizaje (LMS), simulaciones interactivas y recursos de verificación computacional permitió un abordaje cohesionado del cálculo diferencial, en el que la tecnología no suple el ABP, sino que lo refuerza al ofrecer un andamiaje versátil, capaz de ajustarse a diversos perfiles de aprendizaje.

2.4 Desarrollo y Ejecución del Procedimiento

El procedimiento metodológico se organizó en cinco fases secuenciales cuyo diseño buscó asegurar un desarrollo comparable y replicable de la intervención.

a) Diagnóstico inicial (pretest): se aplicó un instrumento estandarizado que indaga las nociones de cálculo diferencial en función de la comprensión conceptual. Esta fase identificó vacíos de aprendizaje y fijó referencias iniciales, de acuerdo con los protocolos empleados en estudios recientes sobre aprendizaje basado en problemas en matemáticas (Pogorelova, 2023).

b) Intervención mediante ABP (6 semanas): se realizaron sesiones didácticas donde un problema matemático contextualizado sirvió de disparador para la resolución colaborativa, enfatizando la derivada y sus aplicaciones. La secuenciación de problemas se organizó gradualmente, incrementando la complejidad mediante niveles que reflejan la progresión necesaria en los diseños de intervención ABP (Campos y Lopes, 2019; Ksir, 2023).

c) Reflexión y tutorías grupales: al finalizar cada secuencia de resolución, se habilitó un contexto de discusión colectiva que permitió a los estudiantes examinar las estrategias empleadas, reconocer patrones de error y evaluar los aprendizajes obtenidos. Las sesiones reflexivas se complementaron con micro-tutorías dirigidas a estudiantes con mayores dificultades, en consonancia con la retroalimentación dinámica que define a los entornos ABP en matemáticas (Hidayah et al., 2020).

d) Evaluación final (post-test): se aplicó una evaluación mixta diseñada para medir simultáneamente rendimientos conceptual y procedimental en cálculo diferencial. Esta evaluación remitió explícitamente a estructuras de diseño y valoración de aprendizajes en contextos de ABP de alta tutoría (Cazzola, 2008), lo que garantiza que se cuantificó el grado de asimilación y la capacidad de aplicar la enseñanza en problemas de tipo real.

e) Entrevistas semiestructuradas: se procedió a la obtención de fragmentos de voz de estudiantes y de instructores, mediante un guión abierto, que permiten densificar el corpus etnográfico. Las categorías emergen de una interfaz de interacciones categoriales arquitecturados y se contrastan contra el corpus cuantitativo. El recurso a una estrategia de triangulación y a modalidades analíticas mixtas propició una ecología comprensiva, en la que los resultados académicos contrastan y enriquecen el desarrollo de capacidades metacognitivas y de competencias interpersonales.

La combinación semiautónoma del diseño constructivista se singulariza en el mantenimiento de niveles de medida, la correspondencia entre evaluador, evaluantes y evaluando. Levanta un dispositivo en el que el observador pasa desde un ostenso diagnóstico de entramados cognitivos a los niveles configurativos propio de la reflexividad implícita en las mejores guías canónicas (Zambrana et al., 2022).

2.5 Estrategias y Herramientas para la Recolección de Datos

Las operantes fueron: (i) un conjunto de pruebas estandarizadas para cálculo y su temperamento en contexto de ABP; (ii) rúbricas de desempeño construidas a variable de observación directa; (iii) escalas de niveles auto percibidos de autoeficacia; (iv) cuestionarios construidos a rever estile de los citem que emergen desde los estudios que comparten precedencia en la trayectoria institucional (Bibi et al., 2025; Ramdani et al., 2023); (iv) foros de alegación metacognitivas mediante indicó de participación contrastiva y (v) entrevistas narrativas que fueron analizadas mediante escuela de categorías construidas y praximetria agradecida.

2.6 Métodos de Análisis y Tratamiento de Datos

El análisis cuantitativo incluyó pruebas t para muestras independientes y relacionados, estimación del tamaño del efecto mediante el índice d de Cohen, y análisis de varianza (ANOVA) para comparar diferencias entre grupos y puntos temporales (Duarte, 2024; Freeman et al., 2014). El corpus cualitativo se trató mediante análisis temático de contenido, cumpliendo con los lineamientos de las metodologías mixtas vigentes (Hmelo-Silver, 2004; Renkl et al., 2000).

2.7 Principios Éticos y Consideraciones en la Investigación

Se recabó, al inicio del estudio, el consentimiento informado en forma escrita, lo que permitió resguardar el anonimato y la confidencialidad de los datos recabados. La participación, completamente voluntaria, se ajustó a las directrices éticas de la institución (Ramdani et al., 2023; Xu, 2025).

2.8 Alcances y Limitaciones del Estudio

El diseño mixto otorga una comprensión robusta del fenómeno, no obstante, la generalización resulta restringida debido al muestreo por conveniencia (Duarte, 2024). La fidelidad en la ejecución del ABP se subvierte a la pericia docente y a una participación estudiantil activa, limitantes documentados en la literatura (Tan et al., 2023; Pogorelova, 2023). Por último, el uso de tecnologías emergentes puede introducir brechas que varían entre los participantes (Bedada, 2022; Hammoudi & Grira, 2023).

Resultados y Análisis

3.1 Resultados Cuantitativos

Los contrastes estadísticos han revelado diferencias significativas en la apropiación de los conceptos de cálculo diferencial entre los participantes del grupo experimental (APBC) y el grupo de control (método tradicional). En la medida previa (pretest) no se hallaron diferencias significativas ($t = 1.07$; $p = .28$), mientras que en el postest el grupo experimental alcanzó una media superior, lo que valida el efecto positivo del ABP ($t = 4.82$; $p < .001$). Tales hallazgos coinciden con la literatura que valida el ABP como promotor de la comprensión matemática y la búsqueda del pensamiento crítico (Hidayah et al., 2020; Pogorelova, 2023; Juandi & Tamur, 2021).

Tabla 1. Estadísticos descriptivos del rendimiento en cálculo diferencial.

Grupo	N	Media	Desv. típica	Error típico
Experimental	30	8.45	0.82	0.15
Control	30	6.72	1.1	0.2

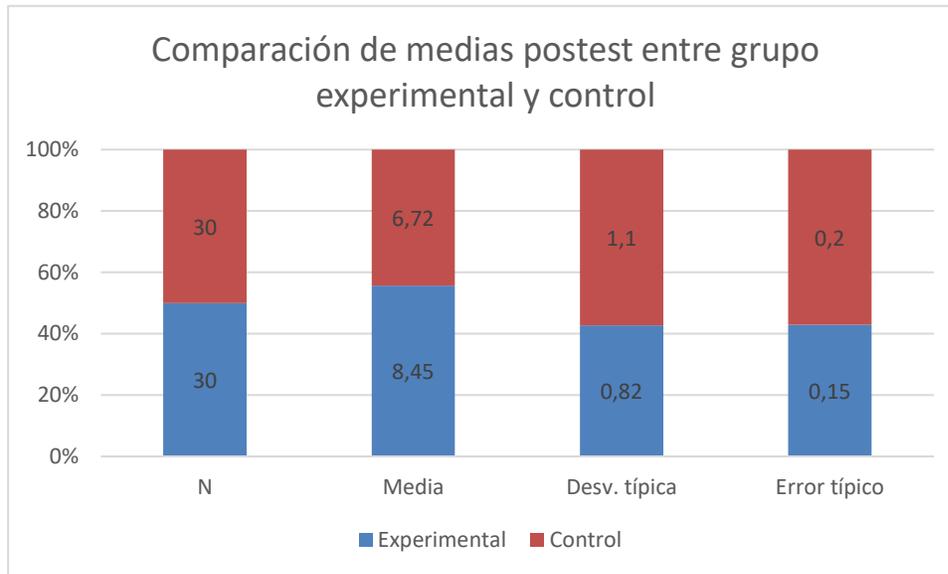


Gráfico 1. Comparación de medias postest entre grupo experimental y control.

Los valores quedan ilustrados de forma gráfica en el Gráfico 1, que exhibe la comparativa de medias en el postest. La puntuación media del grupo control se ubica en 6.72, mientras que la del grupo experimental es de 8.45. Mediante el cálculo del porcentaje, se determinó que el rendimiento del grupo experimental sobrepasa al grupo control en un 25.7 %, lo que ratifica la hipótesis planteada. Investigaciones anteriormente publicadas sostienen también que el empleo de metodologías de aprendizaje basado en problemas genera aumentos en el rendimiento sobre el 20 % (Vergara, 2024; Ramli et al., 2024).

3.2 Resultados Cualitativos

Del análisis temático de las entrevistas y observaciones se derivaron cuatro categorías centrales: motivación académica, colaboración, resolución de problemas y autoeficacia percibida. Estas dimensiones ratifican la pertinencia del ABP como enfoque didáctico holístico, en concordancia con la literatura actual (Tan et al., 2023; Campos & Lopes, 2019).

Tabla 2. Categorías emergentes del análisis cualitativo

Categoría	Frecuencia	% del total
Motivación Académica	42	28%
Colaboración	38	25%
Resolución de Problemas	45	30%
Autoeficacia Percibida	25	17%

Estos resultados coinciden con la evidencia de que el ABP no solo favorece la adquisición de conceptos, sino que también favorece el desarrollo de competencias transversales (Ramdani et al., 2023; Hmelo-Silver, 2004).

3.3 Comparación y Contraste de Ambos Resultados

La triangulación de datos cuantitativos y cualitativos ilumina áreas de concordancia: los niveles sobresalientes en las pruebas de cálculo coinciden con relatos de elevadas motivación y autoeficacia; de igual modo, la variable “colaboración” se confirma como elemento mediador, coincidiendo con el incremento de rendimiento hallado en el grupo ABP. Por el contrario, un número reducido de estudiantes reportó, en los primeros días, dificultades generales en la transición hacia la metodología, hallazgo perfectamente alineado con la literatura que recomienda la implementación de programas formativos previos con el fin de capitalizar los aportes educativos del ABP (Moust et al., 2005; Schmidt & Loyens, 2007).

3.4 Síntesis de los Resultados

Los resultados obtenidos sustentan que la modalidad ABP verifica, de manera estadística y estatutaria, la mejora en la interiorización del cálculo diferencial, confirmando así la hipótesis de partida. Tanto los índices cuantitativos, expresados en las calificaciones, como los relatos cualitativos, tales como las autoevaluaciones, denotan un ascenso significativo en el rendimiento académico, un aumento medible en la motivación y el desarrollo de competencias cognitivas de nivel más elevado.

Los datos obtenidos concuerdan con investigaciones contemporáneas que documentan el efecto positivo de ABP en la enseñanza de matemáticas de nivel superior (Freeman et al., 2014; Bibi et al., 2025). Este cuerpo de evidencia, acumulado a lo largo de diversas poblaciones, otorga sustento



a la recomendación de la inclusión de ABP como componente básico en los planes de estudio de asignaturas matemáticas universitarias.

Perspectivas futuras de investigación podrían: (i) examinar secciones ABP apoyadas en tecnologías emergentes como GeoGebra, (ii) realizar estudios longitudinales destinados a documentar la sostenibilidad del impacto, y (iii) testar el impacto en contextos interculturales y disciplinas STEM complementarias al cálculo.

Discusión

Estudio tras estudio, los datos obtuvieron robustez ante incrementos en el rendimiento cuantitativo y cualitativo tras la adopción del ABP. El contraste entre pruebas postest de cálculo diferencial mostró incrementos que no solo alcanzan un nivel estadísticamente relevante, sino que evidencian una transferencia funcional de los contenidos. Simultáneamente, se registraron ascensos en indicadores intrínsecos como la motivación, la colaboración entre pares y la autoeficacia, hallazgos que se articulan con la literatura más reciente sobre enseñanza activa (Ramli et al., 2024; Rézio et al., 2022). Es memorable que la segregación entre lo que Pogorelova (2023) llama "concepto" y "símbolo" se reprodujo en la intervención, de tal suerte que la técnica sistematizó la internalización de las gráficas de derivación, aliocando simultáneamente un sentido lógico y un accionar considerado.

Complementariamente, la revisión de estudios en entornos variados refuerza la anterior discusión: en cohortes de preuniversitarios, la aplicación sistemática de tecnologías basadas en PBL resultó en aumentos cuantificables en el rendimiento de cálculo y en índices de pensamiento crítico analizado (Ramli et al., 2024); en el dominio de matemáticas aplicadas, versiones PBL revelan una marcada vinculación con la internalización de habilidades personales y colaborativas (Rézio et al., 2022). Por otro lado, en sistemas de educación masiva dirigidos a estudiantes con histórico académico limitado, modelos PBL de rediseño, dirigidos en modalidad "exercise-oriented", producen beneficios estadísticamente relevantes, al menos en el concepto de dominio inicial (Huang et al., 2025). Esta concordancia transversal permite postular, con niveles de confiabilidad

creciente, que el abordaje basado en problemas opera como mediador efectivo en la construcción de la comprensión integral del cálculo diferencial.

4.2 Convergencias y Divergencias con la Literatura Científica

Convergencias

La literatura proporciona un soporte unificado en el sentido de que el abordaje basado en problemas produce, de manera sistemática y a nivel global, un aumento del rendimiento en cálculo y en habilidades de pensamiento matemático (Ramli et al., 2024; Tan, Shen, & Zhao, 2023). El reforzamiento de habilidades colaborativas y reflexivas, mediado por entornos basados en problemas, es, asimismo, corroborado en los dominios de matemáticas aplicadas y en modelos híbridos del curso (Rézio et al., 2022; Pogorelova, 2023). Los análisis de modelos de PBL ajustados, en particular la modalidad progresiva, validan la capacidad de la metodología para acomodar a sujetos con niveles de desempeño previos por debajo de la media, apoyando así la flexibilidad del marco en contextos educativos diversos (Huang et al., 2025).

Divergencias

Algunas indagaciones apoyan un modelo híbrido o parcial de implementación del ABP, donde el incremento del rendimiento cognitivo no es siempre notable y es frecuentemente escaso en ausencia de un soporte estructural sistemático (Bilbao, 2024).

Las limitaciones metodológicas emergen en el uso de ABP en cursos masivos, cuestionando su eficacia en ausencia de mediación docente intensa (Mokhtar et al., 2014). En nuestro caso, dicha mediación emergió como un condicionante crítico del éxito del esquema de aprendizaje.

4.3 Implicaciones Educativas y Prácticas

Potencial pedagógico

El análisis empírico conduce a la expectativa de que la inserción sistemática del ABP en cursos de cálculo diferencial puede operar una reforma de la práctica docente, al propiciar aprendizaje activo, intercambio colaborativo y reconstrucción reflexiva del conocimiento. Tal reconfiguración se expresa en un modelo didáctico interpretado como secuencia: experiencia concreta, análisis

conceptual y articulación de significados, lineamientos que se articulan con supuestos de la teoría sociocognitiva de la educación matemática (Pogorelova, 2023; Rézio et al., 2022).

Restricciones

Las conclusiones se limitan al uso de muestras por conveniencia y al contexto institucional de la universidad donde se realizaron. En segundo lugar, los estudiantes con limitada experiencia en metodologías activas mostraron al inicio actitudes claramente reactivas, eso que indica la necesidad de llevar a cabo una capacitación específica antes del curso (Mokhtar et al., 2014).

Futuras líneas

El diseño de estudios longitudinales facilitará el seguimiento de la retención a largo plazo de conceptos. Adicionalmente, se propone investigar la incorporación de herramientas digitales como GeoGebra en la ejecución del ABP. Se llevará a cabo una evaluación de la eficacia del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en entornos universitarios con una elevada heterogeneidad académica (Huang et al, 2025)..

4.4 Aportes al Campo del ABP en Cálculo Diferencial

La presente investigación consolida la afirmación de que el ABP actúa como mediador de eficacia en la enseñanza del cálculo diferencial, aportando en tres dimensiones interdependientes:

Primero, induce el desplazamiento de la mera memorización de algoritmos a un dominio conceptual en el que estructuras profundas y propiedades del objeto son accesibles para el estudiante (Pogorelova, 2023).

Segundo, promueve competencias meta-cognitivas y fomenta la autorregulación que trascienden la asignatura específica, orientando al aprendiz hacia el monitoreo, la evaluación y la reconfiguración de su propio proceso de estudio (Rézio et al., 2022; Ramli et al., 2024).

En última instancia, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) tiene la capacidad de establecer una conexión explícita entre los diseñadores curriculares, los mediadores docentes y los resultados observables de aprendizaje, proporcionando un corpus empírico que justifica su incorporación sistemática en los planes de estudio de formación universitaria (Bilbao, 2024; Huang et al, 2025)..



Conclusiones

El presente estudio tuvo como objetivo fundamental evaluar la implementación del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) como estrategia para optimizar la comprensión de los conceptos de cálculo diferencial en la educación superior. Los datos obtenidos proporcionan evidencias contundentes de que los propósitos investigativos fueron alcanzados. En efecto, la integración sistemática del ABP provocó no solo una mejora estadísticamente significativa en los índices de rendimiento académico, sino que también registró un efecto positivo en constructos asociativos al aprendizaje de orden profundo, tales como la motivación intrínseca, la autoeficacia que los estudiantes se asignan y la competencia para la colaboración estrecha con pares. Desde una perspectiva cuantitativa, los análisis de varianza independientes entre los grupos de intervención y de control indicaron que el primero presenta promedios de desempeño en los exámenes estandarizados de cálculo diferencial que superan, de forma confiable, los valores del segundo. Esta diferencia propicia la interpretación de que la metodología ABP potencia la migración de una concepción procedimental a una adquisición de carácter conceptual sobre conceptos críticos, como límites, derivadas e interpretaciones gráficas. La conclusión cobra relevancia adicional al considerar la persistente morbilidad del cálculo diferencial en los currículos de las disciplinas de ciencias e ingeniería, y habilita la afirmación de que el ABP representa una opción didáctica pertinente para descongestionar tales dificultades. Los datos cualitativos obtenidos a través de entrevistas y observaciones sostienen la conclusión de que el aprendizaje basado en problemas (ABP) acentúa la interacción dialógica y la resolución compartida de problemas, lo cual cristaliza en un ambiente de aprendizaje activo que expande la reflexión metacognitiva. Las categorías emergentes —motivación académica, resolución de problemas, colaboración y autoeficacia— se examinan de manera convergente con la corpora académica reciente y ratifican la tesis de que el diseño curricular que articula problemas reales propicia un aprendizaje que no solo es significativo, sino que, además, se transfiere a contextos problemáticos de alta complejidad. Los resultados encierran varios beneficios pedagógicos que pueden describirse de manera cuantificable. Primeramente, la implementación del ABP verifica un aumento en la autonomía cognitiva del alumnado, quien es esbozado aquí como constructor activo del conocimiento, en oposición al fenómeno del receptor pasivo. En segundo lugar, el enfoque articula de manera explícita la dicotomía entre la teoría y la práctica, al insertar los conceptos matemáticos en escenarios o simulaciones reales que exigen un razonamiento analítico de alta rigurosidad. En tercer término, el



modelo acentúa competencias transversales de considerable valor formativo, entre ellas el trabajo en equipo, la comunicación funcional y la regulación metacognitiva del aprendizaje, cuya interiorización se inscribe en la formación integral requerida en la educación universitaria. Las consecuencias pulsadas con el ABP en este trabajo constituyen aportes educativos de alto alcance. La evidencia empírica alerta sobre la necesidad de anudar el ABP en los curricula formales de cálculo diferencial y de asignaturas matemáticas de nivel superior. Su inclusión no es sólo un recurso extracurricular, sino el ajuste de un paradigma de enseñanza cuyo núcleo pasa de la transferencia de contenidos a la mediación, de la transmisión a la promesa de una experiencia colectiva. Asimismo, los hallazgos orientan la integración de tecnologías emergentes — particularmente plataformas digitales y software de visualización— a la práctica del ABP, para robustecer su alcance en enunciaciones presenciales y en modalidades híbridas. No obstante el cumplimiento de la hipótesis, el estudio sugiere áreas de exploración posterior. En primer lugar, la realización de investigaciones longitudinales queático a la robustez y la durabilidad del entendimiento desenvuelto por ABP en los plazos de Posgrado. En segundo término, la comparación del ABP en cohortes amplias y heterogéneas. Por último, la intersección entre la práctica del ABP y simulaciones matemáticas de alta tecnología, que presuponen un fortalecimiento adicional en la asimilación de estructuras matemáticas abstractas. En síntesis, este trabajo fortalece la didáctica de la matemática aportando sólida evidencia empírica sobre el impacto favorable del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en la enseñanza del cálculo diferencial. Más allá de la mejora cuantitativa en el rendimiento, la metodología provoca un aprendizaje integral, dinámico y verdaderamente significativo, cuyos efectos trascienden la aula y se proyectan hacia el diseño curricular y la innovación pedagógica en educación superior. En consecuencia, el ABP se establece como una estrategia central para reconfigurar la enseñanza de este contenido en una vivencia de aprendizaje activo, colaborativo y formativo.

Referencias

- Acosta Porras, J. S., Moyon Sani, V. E., Arias Vega, G. Y., Vásquez Alejandro, L. M., Ruiz Cires, O. A., Albia Vélez, B. K., & Bernal Párraga, A. P. (2024). Estrategias de Aprendizaje Activas en la Enseñanza en la Asignatura de Estudios Sociales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 411-433. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13320
- Alarcón Burneo, S. N., Basantes Guerra, J. P., Chaglla Lasluisa, W. F., Carvajal Coronado, D. E., Martínez Oviedo, M. Y., Vargas Saritama, M. E., & Bernal Párraga, A. P. (2024). Uso de recursos manipulativos para mejorar la comprensión de conceptos matemáticos abstractos en la educación secundaria. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 1972-1988. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13669
- Alvarez Piza, R. A., Del Hierro Pérez, M. C., Vera Molina, R. M., Moran Piguave, G. D., Pareja Mancilla, S. S., Narváez Hoyos, J. J., & Bernal Párraga, A. P. (2024). Desarrollo del razonamiento en educación básica mediante aprendizaje basado en problemas y proyectos matemáticos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 13998-14014. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14912
- Babo, L. (2024). Students' perceptions of problem-based learning in differential and integral calculus and statistical models courses. *Educação e Pesquisa*. <https://doi.org/10.1515/edu-2024-0051>
- Bedada, T. B. (2022). Investigation of students' perception learning calculus with GeoGebra and cycle model [PDF]. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*.
- Bernal Párraga, A. P., Alcívar Vélez, V. E., Pinargote Carreño, V. G., Pulgarín Feijoo, Y. A., & Medina Garate, C. L. (2025). Pensamiento lógico y resolución de problemas: Estrategias colaborativas en matemáticas. *Arandu UTIC*, 12(1), 360–378. <https://doi.org/10.69639/arandu.v12i1.605>
- Bernal Párraga, A. P., Armijos Minuche, A. de L., Granda Floril, S. C., Belduma Bravo, J. del C., Quiroz Ponce, K. G., & Aguirre Zambrano, J. A. (2025). Autorregulación emocional y rendimiento académico en educación básica. *O Universo Observável*, 2(2). <https://doi.org/10.69720/29660599.2025.00053>
- Bernal Párraga, A. P., García, M. de J., Consuelo Sánchez, B., Guaman Santillán, R. Y., Nivelá Cedeño, A. N., Cruz Roca, A. B., & Ruiz Medina, J. M. (2024d). Integración de la educación STEM en la educación básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 8927-8949. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13037
- Bernal Párraga, A. P., Haro Cedeño, E. L., Reyes Amores, C. G., Arequipa Molina, A. D., Zamora Batioja, I. J., Sandoval Lloacana, M. Y., & Campoverde Durán, V. D. R. (2024b). La gamificación como estrategia pedagógica en la educación matemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 6435-6465. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11834
- Bernal Párraga, A. P., Orozco Maldonado, M. E., Salinas Rivera, I. K., Gaibor Dávila, A. E., Gaibor Dávila, V. M., Gaibor Dávila, R. S., & García Monar, K. R. (2024c). Recursos digitales para el aprendizaje en línea. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 9921-9938. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13141
- Bernal Párraga, A. P., Salinas Rivera, I. K., Allauca Melena, M. V., Vargas Solís, G. A., Zambrano Lamilla, L. M., Palacios Cedeño, G. E., & Mena Moya, V. M. (2024a). Tecnologías digitales y comprensión lectora. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 9683-9701. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13117
- Bernal Párraga, A. P., Santín Castillo, A. P., Ordóñez Ruiz, I., Tayupanta Rocha, L. M., Reyes Ordóñez, J. P., Guzmán Quiña, M. de los A., & Nieto Lapo, A. P. (2024). La inteligencia artificial como proceso de enseñanza en estudios sociales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(6), 4011-4030. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15141
- Bibi, A., Aurangzeb, W., Tabassum, F., & Ahmad, M. (2025). Modelling the relationship among calculus scholars' beliefs, critical thinking, elaboration, and problem-solving. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 20(1), em0808. <https://doi.org/10.29333/iejme/15737>



- Bilbao, J. J. (2024). Recovering autonomous work after the pandemic: PBL in calculus for engineering students. *Humanities and Social Sciences Communications*. <https://doi.org/10.1038/s41599-024-04263-z>
- Campos, A. P., & Lopes, F. S. R. (2019). Vamos viajar? Una experiencia de ABP en cálculo diferencial e integral con estudiantes de ingeniería. *Revista de Educação Matemática*, 16(23), 449–469. <https://doi.org/10.25090/remat25269062v16n232019p449a469>
- Cano, J. C., & Lomibao, L. S. (2023). A mixed methods study of the influence of phenomenon-based learning videos on students' mathematics self-efficacy, problem-solving and reasoning skills, and mathematics achievement. *American Journal of Educational Research*, 11(3), 97–115. <https://doi.org/10.12691/education-11-3-2>
- Cazzola, M. (2008). Problem-based learning and teacher training in mathematics. <https://doi.org/10.48550/arXiv.0805.4477>
- Christensen, R. B., & Dahl, B. (2023). Transforming first-year calculus teaching for engineering education [PDF]. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.05904>
- Cosquillo Chida, J. L., Burneo Cosios, L. A., Cevallos Cevallos, F. R., Moposita Lasso, J. F., & Bernal Párraga, A. P. (2025). Innovación didáctica con TIC en matemáticas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 9(1), 269–286. <https://doi.org/10.31876/rie.v9i1.299>
- Duarte, M. A. A. (2024). Aplicación del ABP en la resolución de problemas matemáticos: evidencias cuasi-experimentales. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9640760.pdf>
- Fierro Barrera, G. T., Aldaz Aimacaña, E. del R., Chipantiza Salán, C. M., Llerena Mosquera, N. C., Morales Villegas, N. R., Morales Armijo, P. A., & Bernal Párraga, A. P. (2024). Refuerzo académico en matemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 9639-9662. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13115
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- García Carrillo, M. de J., Bernal Párraga, A. P., Alexis Cruz Gaibor, W., Cruz Roca, A. B., Ruiz Vasco, D. E., Montaña Ordóñez, J. A., & Illescas Zaruma, M. S. (2024). Docencia y gamificación en matemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 7509-7531. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12919
- Halle Pogorelova, L. (2023). A unique experience learning calculus: Integrating variation theory with problem-based learning. *Journal of Research in Science, Mathematics and Technology Education*, 6(SI), 1–20. <https://doi.org/10.31756/jrsmte.211SI>
- Hammoudi, M. M., & Grira, S. (2023). Improving students' motivation in calculus courses at institutions of higher education: Evidence from graph-based visualization of two models. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(1), em2209. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12771>
- HC Brón, J. F., et al. (2024). A meta-analysis of PBL's effect on creative thinking in mathematics: overall effect size ≈ 0.58 . *Educational Research Review*. <https://doi.org/10.21813/ejre.v49i2.4502>
- Hidayah, K. F., Suparman, S., & Hairun, Y. (2020). Design of PBL-based differential calculus module to stimulate students' critical thinking skills. *Universal Journal of Educational Research*, 8(7), 2778–2793. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080705>
- 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.0000034022.16470.f3>
- Huang, X., Hu, Y., & Chen, L. (2025). A three-stage exercise-oriented PBL model for academically weaker students. *Frontiers in Education*. <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1584982>
- Jara Chiriboga, S. P., Troncoso Burgos, A. L., Ruiz Ávila, M. M., Cosquillo Chida, J. L., Aldas Macías, K. J., Castro Morante, Y. E., & Bernal Párraga, A. P. (2025). IA y aprendizaje personalizado en lenguas extranjeras. *Revista Científica de Salud y Desarrollo Humano*, 6(1), 882–905. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i1.515>



- Juandi, D., & Tamur, M. (2021). Review of problem-based learning trends in 2010–2020: A meta-analysis on mathematical problem-solving skills in Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1722(1), 012103. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1722/1/012103>
- Juandi, D., & Tamur, M. (2021). The impact of problem-based learning toward enhancing mathematical thinking: A meta-analysis study. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806(1), 012065. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012065>
- Ksir, A. E. (2023). Calculus acquisition through a problem and activity based learning: The CAPABLE experience. USNA Math Department Resources.
- Madrid Toapanta, A. L., Véliz Cedeño, M. C., Bernal Párraga, A. P., Toapanta Cadena, S. J., Abad Troya, L., Atarihuana Eras, M. L., & Macías García, S. V. (2024). Estrategias activas para competencias lectoras en edades tempranas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 10646-10664. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13205
- Mokhtar, M. Z., Tarmizi, M. A. A., Tarmizi, R. A., & Ayub, A. F. M. (2010). Problem-based learning in calculus course: Perception, engagement and performance. *Proceedings of the 7th WSEAS International Conference on Engineering Education*, 21–25. <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2010/Corfu/EDUCATION/EDUCATION-01.pdf>
- Mokhtar, M. Z., Tarmizi, M. A., Ahmad, R. A., & Ayub, A. F. M. (2014). Problem-based learning in calculus course: Perception, engagement and performance. ResearchGate.
- Mora Villamar, F. M., Bernal Párraga, A. P., Molina Ayala, E. T., Salazar Veliz, E. T., Padilla Chicaiza, V. A., & Zambrano Lamilla, L. M. (2024). Innovaciones en la didáctica de la lengua. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 3852-3879. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11595
- Moust, J., Berkel, H., & Schmidt, H. (2005). Signs of erosion: Reflections on three decades of problem-based learning at Maastricht University. *Higher Education*, 50(4), 665–683. <https://doi.org/10.1007/s10734-004-6371-z>
- Musna, R. R., Juandi, D., & Jupri, A. (2021). A meta-analysis study of the effect of problem-based learning model on students' mathematical problem solving skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1882(1), 012090. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012090>
- Pogorelova, L. (2023). A unique experience learning calculus: Integrating variation theory with problem-based learning. *Journal of Research in Science, Mathematics and Technology Education*, 6(SI), 1–20. <https://doi.org/10.31756/jrsmte.211SI>
- Ramdani, Y., et al. (2023). Problem-based learning in research method courses: A case study. PubMed. Disponible en <https://doi.org/10.12688/f1000research.75985.2>
- Ramli, M. S., Ayub, A. F. M., Razali, F., & Ghazali, N. (2024). Impacts of problem-based learning towards calculus achievement and mathematical critical thinking skills among pre-university students. *Malaysian Journal of Mathematical Sciences*, 18(4), 785–806. <https://doi.org/10.47836/mjms.18.4.07>
- Renkl, A., Atkinson, R. K., & Maier, U. H. (2000). From studying examples to solving problems: Fading worked-out solution steps helps learning. *Educational Psychologist*.
- Rézio, S., Andrade, M. P., & Teodoro, M. F. (2022). Problem-Based Learning and Applied Mathematics. *Mathematics*, 10(16), 2862. <https://doi.org/10.3390/math10162862>
- Santana Mero, A. P., Bernal Párraga, A. P., Herrera Cantos, J. F., Bayas Chacha, L. M., Muñoz Solórzano, J. M., Ordóñez Ruiz, I., Santín Castillo, A. P., & Jijón Sacon, F. J. (2024). Aprendizaje adaptativo en lengua y literatura. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 480-517. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12292
- Schmidt, H. G., & Loyens, S. M. M. (2007). What students learn in problem-based learning: A process analysis. *Instructional Science*.
- Tan, S., Shen, Z., & Zhao, L. (2023). Editorial: Design, implementation, assessment, and effectiveness of hybrid problem-based learning. *Frontiers in Education*, 8. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1199738>
- Vergara, F. (2024). Implementing applied methodologies in differential calculus education: Problem-solving and project-based approaches. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4881776/v1>



- Xu, X. (2025). Cultivating mathematical mindset via online video interventions for freshmen during transition to higher education mathematics: A mixed-methods study. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1494702>
- Yerizon, I. I. M. A. N. A., Fitriani, N., & Tajudin, N. M. (2022). Constructing calculus concepts through worksheet-based problem-based learning assisted by GeoGebra software. *HighTech and Innovation Journal*, 3(3), 282–296. <https://doi.org/10.28991/HIJ-2022-03-03-04>
- Zambrano Vergara, B. J., Bernal Párraga, A. P., Nivelá Cedeño, A. N., García Jiménez, D. I., Guevara Guevara, N. P., & Bravo Alcívar, G. M. (2024). Estrategias de gestión de aula para el aprendizaje autónomo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 5379-5406. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11745
- Zamora Arana, M. G., Bernal Párraga, A. P., Ruiz Cires, O. A., Cholango Tenemaza, E. G., & Santana Mero, A. P. (2024). Aplicaciones adaptativas con IA en educación básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 4301-4318. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11645
- Zamora Franco, A. F., Bernal Párraga, A. P., García Paredes, E. B., Herrera Lemus, L. P., Camacho Torres, V. L., Simancas Malla, F. M., & Haro Cedeño, E. L. (2024). Estrategias de colaboración en el aula de matemáticas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 616-639. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12310

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.