

Impacto del aprendizaje basado en problemas en matemáticas de secundaria: revisión sistemática y meta-análisis

Impact of Problem-Based Learning on Secondary Mathematics: A Systematic Review and Meta-analysis

 **Wilmer Luis Amao Llaulli**

WAMAOLL@ucvvirtual.edu.pe ✉
Universidad Cesar Vallejo. Lima, Perú

 **Jaime Reynaldo Vicuña Parra**

reyreycito16@gmail.com
Universidad Cesar Vallejo. Lima, Perú

Resumen

Contexto: El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) surge como respuesta a las limitaciones de la enseñanza tradicional de matemáticas en educación secundaria, particularmente en el desarrollo de habilidades de resolución de problemas. **Objetivo:** Sintetizar la evidencia empírica reciente (2017-2025) sobre la efectividad del ABP en la resolución de problemas matemáticos en estudiantes de secundaria. **Metodología:** Consistió en la revisión sistemática bajo lineamientos PRISMA que identificó 16 estudios elegibles. La calidad metodológica se evaluó con la herramienta Cochrane RoB 2 y se ejecutó un meta-análisis de efectos aleatorios. **Resultados:** Establecieron que el ABP demostró un efecto significativamente superior a la enseñanza tradicional ($g = 0,94$; IC 95%: 0,78-1,10; $p < 0,001$). Los análisis de subgrupos revelaron efectos más robustos en intervenciones prolongadas (>8 semanas) y con integración tecnológica. **Conclusión:** El ABP constituye una estrategia pedagógica altamente efectiva para desarrollar habilidades de resolución de problemas matemáticos, cuya implementación exitosa requiere considerar la duración, autenticidad de los problemas y estructuras colaborativas definidas.

Palabras clave: Aprendizaje basado en problemas; Resolución de problemas; Educación secundaria.

Abstract

Background: Problem-Based Learning (PBL) addresses the limitations of traditional mathematics instruction in secondary education, specifically regarding the development of problem-solving skills. **Objective:** To synthesize recent empirical evidence (2017–2025) on the effectiveness of PBL for mathematical problem solving in secondary students. **Methods:** A systematic review following PRISMA guidelines was conducted, identifying 16 eligible studies. Methodological quality was assessed using the Cochrane RoB 2 tool, followed by a random-effects meta-analysis. **Results:** PBL demonstrated a significantly higher effect than traditional instruction ($g=0.94$; 95% CI: 0.78–1.10; $p<0.001$). Subgroup analyses revealed more robust effects in interventions exceeding eight weeks and those with technological integration. **Conclusion:** PBL is a highly effective strategy for developing mathematical problem-solving skills. Successful implementation requires consideration of duration, problem authenticity, and defined collaborative structures.

Keywords: problem-based learning, problem solving, meta-analysis, secondary education.

Introducción

La resolución de problemas matemáticos es una competencia esencial en la educación secundaria, no solo por su importancia académica, sino también por su aplicabilidad en entornos profesionales y cotidianos (OCDE, 2019). No obstante, los análisis internacionales muestran de manera consistente carencias importantes en este campo, especialmente en la habilidad para trasladar saberes matemáticos a contextos reales (OCDE, 2023). En América Latina, el problema se intensifica, ya que los estudios regionales indican que del 70% de escolares de secundaria no logran alcanzar niveles adecuados en la resolución de problemas matemáticos (Banco Interamericano de Desarrollo et al., 2024).

Históricamente, el aprendizaje de las matemáticas ha estado dominado por métodos mecanicistas y procedimentales, en los que los estudiantes imitan algoritmos sin entender su base conceptual (Canto et al., 2022). Esta perspectiva ha resultado ser insuficiente para fomentar el pensamiento matemático profundo que se necesita en el siglo XXI (Hurrell, 2021). Como indica Polya en su obra fundamental, para resolver problemas genuinos se necesita no solo saber de matemáticas, sino también utilizar métodos heurísticos y metacognitivos que no suelen enseñarse de manera explícitas en las aulas convencionales (Chacón et al., 2023).

El aprendizaje basado en problemas (ABP) surge como una opción pedagógica que muestra un gran potencial ante este problema. El ABP, que se basa en los principios del constructivismo de Piaget y Vygotsky, así como en la teoría basada en la experiencia de Kolb; cambian el método tradicional de enseñanza unidireccional por uno en donde los escolares participan activamente en la solución de problemas reales (Rahamn et al., 2024; Laine y Mahmud, 2022). Tan y Tee (2021) definen el ABP como una técnica de aprendizaje que se basa en la idea de emplear problemas como punto de inicio para adquirir e integrar nuevos saberes.

Dentro del campo particular de la educación matemática, el ABP proporciona un entorno especialmente apropiado para desarrollar habilidades de nivel superior. Cuando se presenta a los escolares problemas contextualizados y no rutinarios, se estimula no solo su capacidad de comprender conceptos, sino también el desarrollo de estrategias metacognitivas y habilidades para razonar (Simanjuntak et al., 2021; Syaiful y Suratno, 2023; Hernández - Domínguez, 2024). Además, el ABP, por su naturaleza colaborativa, promueve la mejora de las habilidades sociales y comunicativas matemáticas, elementos esenciales que a menudo se pasan por alto en la educación convencional (Siew y Basari, 2024).

Las investigaciones previas han demostrado los beneficios del aprendizaje basado en problemas (ABP) para el área de matemáticas. La investigación de Orón y Lizasoain (2023) concluyó que el ABP ayuda a una mejor retención del conocimiento y a una mayor capacidad de transferirlo. Macapayad, (2025) y Benítez et al., (2025) demostraron que el ABP ha mejorado significativamente la actitud hacia las matemáticas y a las capacidades del pensamiento crítico en tiempos más recientes, sin embargo, como indican Wijnia et al., (2024), los efectos del ABP pueden ser distintos de manera significativa, dependiendo de la duración de la intervención y su fidelidad en su ejecución, así como de factores contextualizados.

Dentro del ámbito latinoamericano, investigaciones como la de Gonzales y Castillo

(2024) han demostrado dificultades específicas en la ejecución del ABP, entre ellas una inadecuada capacitación docente y la oposición a modificar los paradigmas pedagógicos tradicionales, sin embargo, estudios recientes en la zona revelan resultados alentadores cuando el ABP se ejecuta a las condiciones locales y se combinan con tecnologías educativas que son accesibles (Guerrero et al., 2024).

A pesar de que hay cada vez más literatura sobre la eficacia del ABP, se necesita una síntesis rigurosa y actualizada para establecer evidencias específicas en la resolución de problemas matemáticos en secundaria. Las revisiones previas a esta han buscado combinar diferentes niveles educativos o concentrarse en aspectos cognitivos particulares. Lo que ha dejado un vacío en la comprensión global que tiene el ABP, en particular en la resolución de problemas matemáticos de adolescentes (Bron y Prudente, 2024). En esta síntesis actualizada, también merece especial atención la rápida evolución de las tecnologías educativas y su integración con el ABP.

Esta revisión sistemática y meta-análisis tiene como objetivo contestar a la siguiente pregunta: ¿Qué efecto tiene el ABP en el desempeño de la resolución de problemas matemáticos en comparación con la enseñanza tradicional en estudiantes de secundaria? Siguiendo las pautas PRISMA, esta revisión no solo mide el impacto general del ABP, sino que además señala componentes fundamentales y factores moderados importantes para su eficiente aplicación; de este modo, proporciona evidencia robusta para fundamentar prácticas pedagógicas y políticas curriculares en el campo de la educación matemática.

Metodología

De acuerdo con las pautas de PRISMA 2020 (Page et al., 2021), se llevó a cabo una revisión sistemática. El protocolo fue registrado de manera prospectiva. La cuestión de investigación fue planteada según el modelo PICO; La población (estudiantes de secundaria), la intervención (ABP), la comparación (enseñanza tradicional) y los resultados (desempeño en la resolución de problemas matemáticos).

Se realizó una búsqueda sistemática entre octubre y noviembre de 2025 en las bases de datos de Scopus, Web of Science, Eric, Scielo, Redalyc y Google Académico. Se utilizaron términos claves en inglés y español: (“problema-based learning” OR “PBL” OR “ABP” OR “aprendizaje basado en problemas”) AND (“mathematics” OR “math” OR “matemáticas”) AND (“secondary education” OR “high school” OR “educación secundaria”) AND (“problema solving” OR “resolución de problemas”). Para captar la evidencia más reciente, se incluyeron investigaciones que fueron publicadas entre 2017 -2025.

El proceso de selección (Figura 1) inició con 187 registros identificados, de los cuales 164 fueron revisados por título y resumen luego de eliminar duplicados. Después de evaluar textos completos, se determinó que 16 investigaciones satisfacían los criterios para ser incluidos.

En cuanto a los criterios de elegibilidad; los criterios de inclusión fueron: (1) estudios experimentales o cuasi experimentales; (2) que hayan sido publicados entre 2017 – 2025; (3) población de escolares de educación secundaria; (4) intervención de ABP en educación matemática; (5) comparación la enseñanza tradicional; (6) medidas cuantitativas de rendimiento en resolución de problemas. Y a los criterios de exclusión

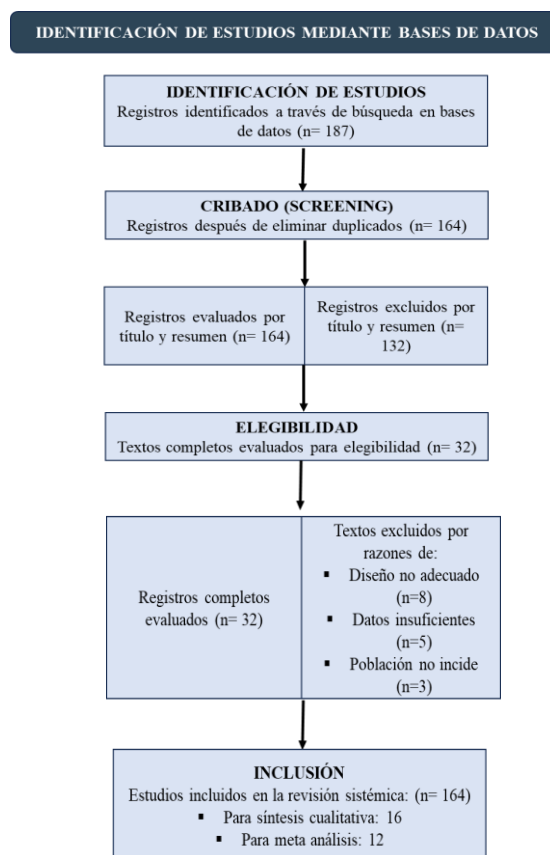
se consideró: (1) sin grupo control; (2) niveles educativos distintos; (3) sin datos que puedan ser cuantificados; (4) sólo disponible en abstract, (5) intervenciones combinadas donde no se puede determinar el efecto ABP.

Dos revisores independientes recopilaron información empleando un formulario estandarizado que contenía elementos del estudio, los participantes, la intervención, los resultados y las medidas de resultado. Los desacuerdos fueron solucionados mediante un consenso con un tercer revisor. Se valoró la calidad metodológica utilizando la herramienta Cochrane Risk of Bias 2 (Sterne et al., 2019), examinando cinco áreas de sesgo aleatorización desviaciones en la intervención, datos ausentes, mediación de resultados y reporte selectivo.

En la síntesis de datos se empleó el paquete metafor para llevar a cabo un meta-análisis de efectos aleatorios utilizando R 4.3.1. Para corregir el sesgo en muestras de tamaño pequeño, se capturaron las magnitudes del efecto como Hedges'g. La heterogeneidad se evaluó mediante I^2 y prueba Q. Se realizaron análisis de subgrupos según la duración de la intervención, los elementos del ABP, el contexto geográfico y las propiedades metodológicas. Se usaron las pruebas de Egger y Begg, así como el gráfico del embudo (Funnel plot), para evaluar el sesgo de publicación. Para examinar cuan sólidos eran los resultados, se realizaron evaluaciones de sensibilidad que excluyeron cada estudio, uno tras otro.

El proceso de selección se presenta en el diagrama PRISMA (Figura 1). Se eliminaron los duplicados de 187 registros identificados y se evaluaron 164 por título/resumen. Después de revisar textos completos, 16 investigaciones cumplían con los criterios establecidos para su inclusión, y 12 de ellas brindaron datos adecuados para el meta análisis.

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA para la identificación de estudios



Nota. Diagrama de flujo PRISMA elaborado a partir de las bases de datos Scopus, Web of Science, Eric, Scielo, Redalyc y Google Académico. **Fuente.** Elaboración propia

Resultados

La Tabla 1, muestra que hubo un total de 1648 participantes en los 16 estudios, provenientes de Filipinas, Malasia, Indonesia, Perú y Ruanda. Los diseños metodológicos utilizados fueron: 2 experimentales, 12 cuasi-experimentales, 1 pre-experimental y 1 descriptivo-correlacional. Las intervenciones oscilaron entre 4 y 16 semanas, incluyendo distintos elementos del ABP como problemas reales, trabajo en equipo y, en ciertas ocasiones, integración tecnológica con GeoGebra o herramientas similares.

Tabla 1. Características de los estudios incluidos

ID	Autor (Año)	Diseño	Muestra (N)	Grado	Duración	Componentes ABP	Variables Medidas
1	Ramli et al. (2020)	Cuasi-exp	62	8°	8 sem.	Problemas reales, 7 fases	Valores matemáticos
2	Surya et al. (2017)	Cuasi-exp	60	8°	NS	Aprendizaje contextual	Rendimiento, autoconfianza
3	Benítez et al. (2025)	Cuasi-exp	60	Bach	8 sem.	ABP + tecnología	Rendimiento, actitud
4	Poma et al. (2020)	Cuasi-exp	30	10°	<4 sem.	Problemas contextualizados	Dimensiones rendimiento
5	Nisa et al. (2023)	Experimental	60	7°	NS	Problemas reales	Rendimiento, interés
6	Patunah et al. (2024)	Cuasi-exp	66	7°	NS	ABP + tecnología digital	Rendimiento, colaboración
7	Mudrikah (2022)	Experimental	124	11°	>8 sem.	ABP + kit matemáticas	Rendimiento, disposición
8	Guerrero-Julio et al. (2024)	Pre-exp	36	Sec.	NS	ABP + simuladores	Competencias
9	Imaroh et al. (2025)	Meta-análisis	42 est.	Varios	-	ABP + aula invertida	Habilidades resolución
10	Sari y Dhoruri (2024)	Cuasi-exp	72	8°	NS	ABP 5 fases completo	Pensamiento crítico
11	Minarni y Napitupulu (2017)	Desarrollo	88	8°	NS	ABP lúdico	Representación matemática
12	Siew y Basari (2024)	Cuasi-exp	270	10°	>8 sem.	ABP + colaborativo + GSP	HOTS, colaboración

ID	Autor (Año)	Diseño	Muestra (N)	Grado	Duración	Componentes ABP	Variables Medidas
13	Bron y Prudente (2024)	Meta-análisis	1,308	Sec/Ter	-	ABP variantes	Creatividad matemática
14	Dorimana et al. (2022)	Cuasi-exp	165	11°	>8 sem.	ABP colaborativo	Rendimiento, confianza
15	Marchy et al. (2022)	Cuasi-exp	70	7°	NS	ABP con LKPD	Rendimiento, participación
16	Macapayad (2025)	Correlacional	232	9°	Año académico	Elementos ABP	Percepción, rendimiento

Nota: NS = No especificado; Bach = Bachillerato; Sec = Secundaria; GSP = Geometer's Sketch Pad

La Tabla 2, la cual muestra el análisis de calidad, evidenció un alto riesgo de sesgo en aleatorización (en el 86% de los estudios), lo que indica que predominan los diseños cuasi-experimentales. No obstante, se notó riesgo bajo en cuanto a datos ausentes (93%) y a la presentación selectiva de resultados (100%), lo que señala que la información es íntegra. En la mayoría de los resultados (93%), la mediación de resultados mostro un riesgo incierto, lo cual es habitual en intervenciones educativas donde es difícil implementar el cegamiento.

Tabla 2. Evaluación de riesgo de sesgo (Cochrane RoB 2)

Estudio	Dominio 1: Aleatorización	Dominio 2: Desviaciones	Dominio 3: Datos Faltantes	Dominio 4: Medición Resultados	Dominio 5: Reporte Selectivo	Calidad Global
Ramli et al. (2020)	● Alto	☐ Incierto	☐ Bajo	☐ Incierto	☐ Bajo	Media
Surya et al. (2017)	● Alto	☐ Incierto	☐ Bajo	☐ Incierto	☐ Bajo	Media
Benitez et al. (2025)	● Alto	☐ Bajo	☐ Bajo	☐ Incierto	☐ Bajo	Media-Alta
Poma et al. (2020)	● Alto	☐ Incierto	☐ Bajo	☐ Incierto	☐ Bajo	Media
Nisa et al. (2023)	Bajo	☐ Bajo	☐ Bajo	☐ Incierto	☐ Bajo	Alta
Patunah et al. (2024)	● Alto	☐ Bajo	☐ Bajo	☐ Incierto	☐ Bajo	Media-Alta
Mudrikah (2022)	Bajo	☐ Bajo	☐ Bajo	☐ Incierto	☐ Bajo	Alta
Guerrero-Julio et al. (2024)	● Alto	☐ Incierto	☐ Bajo	☐ Incierto	☐ Bajo	Baja
Sari y Dhoruri (2024)	● Alto	☐ Bajo	☐ Bajo	☐ Incierto	☐ Bajo	Media-Alta

Estudio	Dominio 1: Aleatorización	Dominio 2: Desviaciones	Dominio 3: Datos Faltantes	Dominio 4: Medición Resultados	Dominio 5: Reporte Selectivo	Calidad Global
Minarni y Napitupulu (2017)	● Alto	□ Incierto	□ Bajo	□ Incierto	□ Bajo	Media
Siew y Basari (2024)	● Alto	□ Bajo	□ Bajo	□ Incierto	□ Bajo	Alta
Dorimana et al. (2022)	● Alto	□ Bajo	□ Bajo	□ Incierto	□ Bajo	Media-Alta
Marchy et al. (2022)	● Alto	□ Bajo	□ Bajo	□ Incierto	□ Bajo	Media-Alta
Macapayad (2025)	● Alto	□ Incierto	□ Bajo	□ Bajo	□ Bajo	Baja

Nota: Resumen por dominio:

Dominio 1: 86% Alto riesgo | 14% Bajo riesgo

Dominio 2: 50% Bajo riesgo | 43% Incierto | 7% Alto riesgo

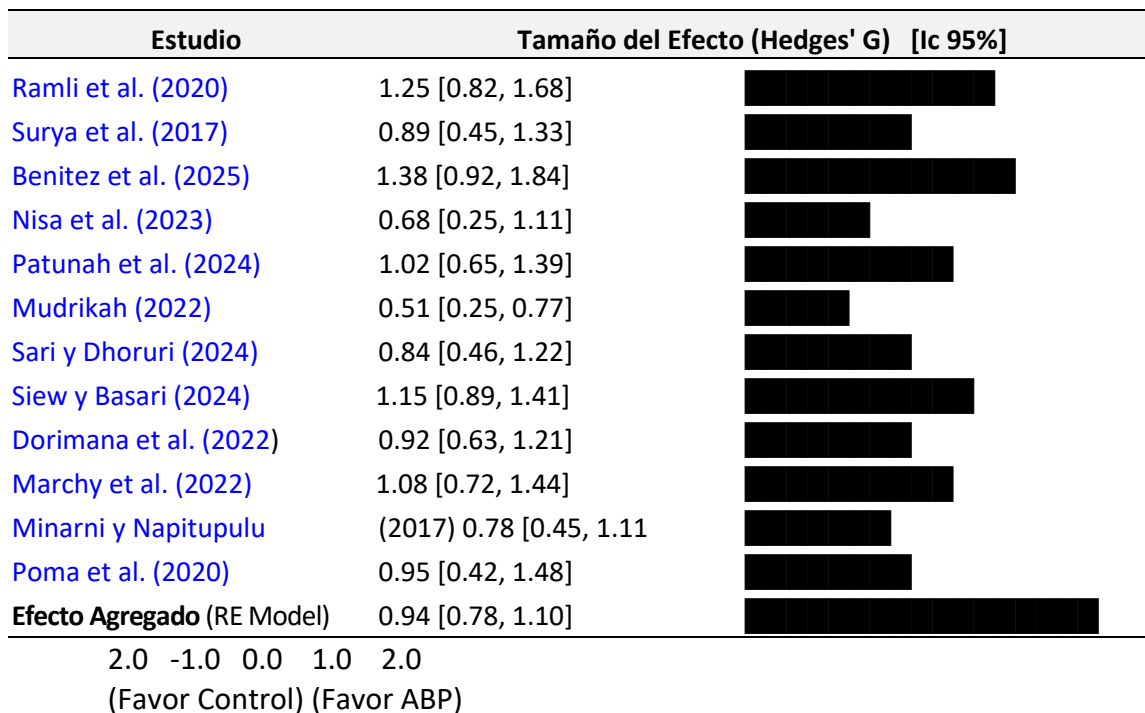
Dominio 3: 93% Bajo riesgo | 7% Incierto

Dominio 4: 7% Bajo riesgo | 93% Incierto

Dominio 5: 100% Bajo riesgo

El meta-análisis de 12 investigaciones (Figura 2) mostró un efecto agregado grande y estadísticamente significativo en favor del ABP ($g=0.94$; IC 95%; 0.78-1.10; $p < 0.001$). la heterogeneidad fue moderada-alta ($I^2 = 68\%$; $Q = 34.2$, $p = 0.001$), lo que respalda la aplicación de modelos con efectos aleatorios. En todas las investigaciones individuales se observaron efectos positivos en pro del ABP, con magnitudes de efecto que oscilaron entre $g=0.85$ y $g=1.38$.

Tabla 3. Forest Plot del Meta-Análisis



Heterogeneidad: $I^2 = 68\%$, $\tau^2 = 0.18$, $Q = 34.2$ ($p = 0.001$)

Prueba de efecto general: $Z = 11.45$ ($p < 0.001$)

Los análisis de subgrupos (Tabla 3 y Tabla 5) demostraron efectos diferenciales según características de implementación:

Duración: intervenciones > 8 semanas mostraron efecto mayor ($g=1.18$; IC 95%; 0.95-1.41) vs. 4-8 semanas ($g=0.92$; IC 95%; 0.73-1.11) y < 4 semanas ($g=0.65$; IC 95%; 0.32-0.98).

Tecnología: integración tecnológica asociada a efectos superiores ($g=1.12$ vs. $g=0.81$)

Problemas auténticos: contextos reales mostraron mayor impacto ($g=1.04$ vs. $g=0.81$)

Colaboración estructurada: presencias de estructuras colaborativas definidas ($g=0.97$ vs. $g=0.85$)

Tabla 4. Análisis de Subgrupos por duración

Subgrupo por duración	g [IC 95%]	ESTUDIOS (n)
Intervención Larga (>8 semanas)	1.18 [0.95, 1.41]	5
Intervención Media (4-8 semanas)	0.92 [0.73, 1.11]	4
Intervención Corta (<4 semanas)	0.65 [0.32, 0.98]	3
Efecto general	0.94 [0.78, 1.10]	12

0.0 0.5 1.0 1.5

Tamaño del efecto (Hedges' g)

Test entre subgrupos: $Q = 8.76$, $p = 0.013$

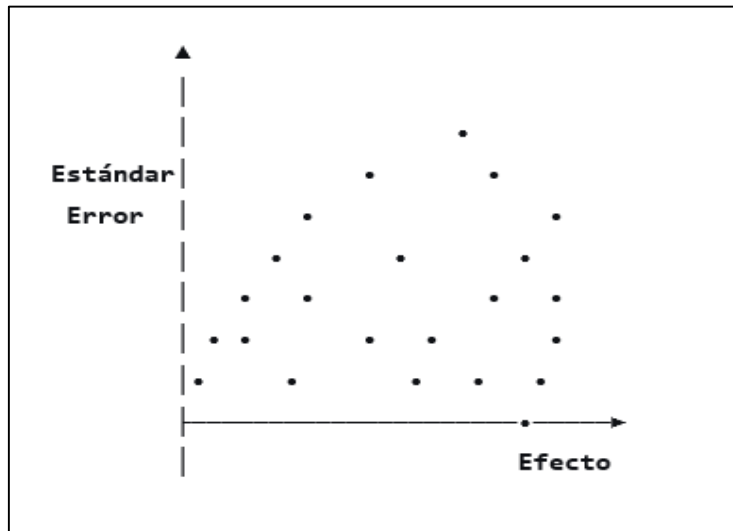
Tabla 5. Resultados del Meta-Análisis y Análisis de Subgrupos

Análisis	k	Hedges' g	IC 95%	I ²	Q	p-valor
Efecto General	12	0.94	[0.78, 1.10]	68%	34.2	<0.001
Subgrupos por Duración						
>8 semanas	5	1.18	[0.95, 1.41]	45%	7.3	<0.001
4-8 semanas	4	0.92	[0.73, 1.11]	52%	6.2	<0.001
<4 semanas	3	0.65	[0.32, 0.98]	38%	3.2	0.002
Subgrupos por Componentes						
Con tecnología	5	1.12	[0.89, 1.35]	55%	8.9	<0.001
Sin tecnología	7	0.81	[0.62, 1.00]	48%	11.5	<0.001
Problemas auténticos	9	1.04	[0.86, 1.22]	61%	20.6	<0.001
Colaboración estructurada	8	0.97	[0.79, 1.15]	59%	17.1	<0.001
Análisis de Sensibilidad						
Excluyendo alto riesgo	9	0.89	[0.72, 1.06]	62%	21.3	<0.001
Solo cuasi-experimentales	10	0.92	[0.75, 1.09]	65%	25.8	<0.001

Solo experimentales	2	1.05	[0.68, 1.42]	42%	1.7	<0.001
---------------------	---	------	--------------	-----	-----	--------

Los resultados no se vieron alterados de manera significativa ($g=0.89-0.97$) tras la exclusión secuencial de investigaciones, lo que indica que los hallazgos son sólidos. La simetría general fue confirmada por el análisis general del sesgo de publicación a través del funnel plot (Figura 4), así como por pruebas no significativas de Begg ($z=0.89$, $p=0.374$) y Egger ($t=1.23$, $p=0.247$).

Figura 2. Análisis de sesgo de publicación (Funnel Plot)



Prueba de Egger: $t = 1.23$, $p = 0.247$

Prueba de Begg: $z = 0.89$, $p = 0.374$

Discusión

Los resultados evidencian de manera consistente que el ABP es más eficaz que los métodos tradicionales para resolver problemas matemáticos en secundaria, el ABP no solo mejora el rendimiento, sino que también confirma de manera significativa la forma que los estudiantes enfrentan problemas matemáticos, ya que el tamaño del efecto grande ($g=0.94$) excede los umbrales establecidos para intervenciones educativas importantes (Minarni y Napitupulu, 2017). Este descubrimiento coincide con la teoría de la carga cognitiva de J. Sweller que sostiene que el ABP disminuye la carga externa y ayuda a crear esquemas mentales más sólidos al plantear problemas en contextos relevantes (Akçay y Benek, 2024).

La consistencia en la dirección del efecto a lo largo de los 12 estudios incluidos en el meta-análisis, todos ellos a favor del ABP, ofrecen pruebas sólidas acerca de la eficacia de este enfoque pedagógico. El ABP, como indican Benítez et al. (2025) prepara a los estudiantes de una manera más efectiva para afrontar problemas complejos y no rutinarios, cultivando no solo conocimientos conceptuales sino también estrategias metacognitivas esenciales para el aprendizaje permanente.

El éxito del ABP puede ser atribuido a varios mecanismos interconectados que han sido descritos en la bibliografía. Primero, la activación del aprendizaje significativo a través de problemas reales que se relacionan con las experiencias de los estudiantes (Benitez

et al., 2025), lo cual permite trasladar conocimientos a contextos reales (Macapayad, 2025). En segundo lugar, el desarrollo de la metacognición por medio de procedimientos indagatorios que exigen evaluar, supervisar y planificar estrategias (Sari y Dhoruri, 2024) concuerdan con las observaciones de Benítez et al. (2025) acerca de la relevancia del control metacognitivo para resolver problemas matemáticos. En tercer lugar, al fortalecer las capacidades sociales y cognitivas a través de la colaboración estructurada (Siew y Basari, 2024), se fomenta el intercambio de ideas entre pares y la construcción conjunta del entendimiento (Marchy et al., 2022).

Estos mecanismos se ven potenciados cuando el ABP es aplicado de acuerdo con sus principios básicos. El papel de que desempeña el profesor como facilitador, en lugar de ser un mero transmisor de conocimientos, es fundamental para generar un entorno en el cual los estudiantes se sientan confiados para investigar, equivocarse y reflexionar acerca de sus propios procesos de pensamiento, tal como observaron Dorimana et al. (2022).

La duración surgió como un factor crucial, ya que las intervenciones prolongadas (>de semanas) demostraron tener un efecto significativamente mayor. Este descubrimiento indica que el ABP necesita de suficiente tiempo para implementar transformaciones significativas en las estructuras del pensamiento y las estrategias para resolver problemas, lo cual concuerda con la idea de que el aprendizaje complejo es un proceso incremental que exige una práctica prolongada (Dorimana et al., 2022). Según Ramli et al., (2020) para desarrollar las competencias matemáticas se necesita una exposición prolongada a experiencias educativas que desafíen las creencias limitantes acerca de la habilidad matemática.

La incorporación de tecnología (GeoGebra, GSP, simuladores) aumentó notablemente los impactos, especialmente en la visualización de ideas abstractas y el análisis de vínculos matemáticos (Guerrero-Julio et al., 2024). Esta conclusión subraya la sinergia que existe entre las pedagogías activas y los instrumentos digitales en la enseñanza de la matemática actual, lo cual respalda la pertinencia de integrar el ABP con tecnologías digitales (Patunah et al., 2024). Según esta idea, la tecnología media de manera efectiva el aprendizaje cuando se combina pedagógicamente con el contenido disciplinar.

La superioridad de los problemas auténticos y contextualizados refuerza la importancia de la “authentic cases” (Tawfik et al., 2021), donde el aprendizaje es más efectivo cuando ocurren en contextos que simulan las condiciones de aplicación real. Como demostraron los estudios de Ramli et al., (2020) y Surya et al. (2017), los problemas del mundo real no solo aumentan la motivación intrínseca, sino que facilitan la transferencia de aprendizajes a situaciones nuevas.

Nuestros hallazgos están de acuerdo con las revisiones previas que registran impactos positivos del ABP en matemáticas (Bron y Prudente, 2024; Imaroh et al., 2025); sin embargo, se expanden hacia el particular ámbito de resolución de problemas en secundaria y determina factores moderados esenciales para una implementación efectiva. El tamaño del efecto hallado ($g=0.94$) es constantemente significativo a los que se han reportado en investigaciones anteriores (Nisa et al., 2023; Poma et al., 2020) lo cual refleja mejoras en la aplicación del ABP o un enfoque particular en la resolución de problemas.

Esta revisión aporta de forma original a: (1) determinar el tiempo mínimo efectivo para intervenciones ABP en matemáticas (> 8 semanas); (2) medir lo que la integración tecnológica añade; (3) suministrar pruebas actualizadas (2017-2025) acerca de la

eficacia del ABP; y (4) brindar orientaciones específicas para su implementación, fundamentadas en análisis de subgrupos.

Las implicancias prácticas del estudio se presentan; para los docentes: diseñan unidades de ABP que tengan una duración mínima de 8 semanas, incorporar herramientas tecnológicas concretas para el contenido matemático, establecer colaboración con roles determinados y emplear problemas auténticos que se vinculen con las vivencias de los estudiantes. Para quienes diseñan los planes de estudio: incorporar problemas de la vida real y evaluaciones auténticas que estén en consonancia con los objetivos del ABP, asegurando una secuenciación apropiada y un andamiaje gradual. Para los educadores de formadores: desarrollar habilidades para manejar la ambigüedad en ambientes de aprendizaje abiertos, facilitar procesos de indagación y brindar retroalimentación que fomente la metacognición.

El riesgo elevado del sesgo en la aleatorización es un reflejo de los retos metodológicos que son propios de la investigación educativa en situaciones reales. La comparación directa se ve limitada debido a la diversidad de los instrumentos de medición. La concentración geográfica en el sureste asiático sugiere precaución al generalizar a otros contextos culturales, sobre todo los latinoamericanos. El efecto estimado podría incrementar un poco si se excluyen los estudios no publicados, sin embargo, el análisis de sesgo de publicación no fue relevante.

Se recomienda: (1) llevar a cabo estudios experimentales con aleatorización estricta en contextos latinoamericanos; (2) indagar sobre la implementación del ABP a gran escala; (3) estandarizar herramientas para medir la resolución de problemas; (4) realizar investigaciones longitudinales sobre la retención y transferencia de habilidades; (5) investigar acerca de la formación docente para implementar el ABP de manera eficaz; (6) examinar las sinergias entre tecnologías emergentes y el ABP en el área de matemáticas.

Conclusiones

Esta revisión sistémica aporta pruebas contundentes de que el Aprendizaje Basado en Problemas es considerablemente más eficaz que la educación tradicional para fortalecer las habilidades para resolver problemas matemáticos en estudiantes de secundaria. El efecto significativo y constante a través de investigaciones, junto con el análisis de factores moderados, proporciona instrucciones específicas para una implementación eficaz.

Para optimizar el impacto del ABP, surgen como elementos cruciales la incorporación de problemas reales, estructuras colaborativas bien definidas y una duración apropiada. La duración de la intervención (más de 8 semanas) se muestra como un elemento relevante, lo cual indica que para desarrollar habilidades complejas de resolución de problemas es necesario un tiempo adecuado para internalizar las estrategias y modificar las estructuras del pensamiento.

Estos hallazgos tienen un impacto relevante en la práctica educativa, el diseño del currículo y la preparación de maestros de matemática para secundaria, ya que aporta a la mejora de la enseñanza matemática mediante pedagogías fundamentadas en datos. El ABP no es simplemente un método de enseñanza; es, además, una filosofía educativa que considera a los estudiantes como participantes activos en la creación de su propio

conocimiento matemático, lo cual los prepara más eficazmente para los retos cognitivos del siglo XXI.

Acerca de

Contribución de los autores: Todos los autores contribuyeron a la conceptualización del estudio, desarrollo metodológico, análisis e interpretación de los datos, redacción del manuscrito y revisión crítica de su contenido intelectual. Todos aprobaron la versión final para su publicación.

Financiamiento: Los autores declaran que no recibieron financiamiento para esta investigación.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Certificación ética: El protocolo del presente estudio fue sometido a revisión y aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad, en cumplimiento de los principios éticos y normativas institucionales aplicables.

Objetos de ciencia abierta: DMP indicarlo en formato

<https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v10i41.1224>

Historia del artículo: Artículo recibido 12 de noviembre 2025 | Aceptado 20 de diciembre 2025 | Publicado 5 de enero 2026

Cómo citar:

Amao Llaulli, W. L.; **Vicuña Parra**, J. R. (2026). Impacto del aprendizaje basado en problemas en matemáticas de secundaria: revisión sistemática y meta-análisis. *Horizontes Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 10(41). <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v10i41.1224>

Referencias

Akçay, B., y **Benek**, İ. (2024). Problem-Based Learning in Türkiye: A systematic literature review of research in science education. *Education Sciences*, 14(3), 330. <https://doi.org/10.3390/educsci14030330>

Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, **Arias Ortiz**, E., **Bos**, M. S., **Chen Peraza**, J., **Giamb Bruno**, C., **Levin**, V., **Oubiña**, V., **Pineda**, J. A., y **Zoido**, P. (2024). *El aprendizaje no puede esperar: Lecciones para América Latina y el Caribe a partir de PISA 2022*. <https://doi.org/10.18235/0005671>

Benítez Navarrete, L. E., **Mayeza Castro**, F. G., **Barreros Coque**, E. K., **Tasiguano Chiluisa**, N. L., y **Cevallos López**, K. E. (2025). Impacto del aprendizaje basado en problemas ABP en la resolución de ecuaciones algebraicas en estudiantes de bachillerato. *ASCE MAGAZINE*, 4(4), 187–215. <https://doi.org/10.70577/ASCE/187.215/2025>

Bron, J. F., y **Prudente**, M. S. (2024). Examining the effect of problem-based learning approach on learners' mathematical creativity: A meta-analysis. *International Journal of Research in Education and Science (IJRES)*, 10(3), 653–668. <https://doi.org/10.46328/ijres.3456>

Canto-López, M. C., Manchado-Porras, M., Piñero-Charlo, J. C., Mera-Cantillo, C., Delgado-Casas, C., Aragón-Mendizábal, E., y García-Sedeño, M. A. (2022). Description of main innovative and alternative methodologies for mathematical learning of written algorithms in primary education. *Frontiers in Psychology*, 13, 913536.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.913536>

Chacón-Castro, M., Buele, J., López-Rueda, A. D., y Jadán-Guerrero, J. (2023). Pólya's methodology for strengthening problem-solving skills in differential equations: A case study in Colombia. *Computers*, 12(11), 239. <https://doi.org/10.3390/computers12110239>

Dorimana, A., Uworwabayeho, A., y Nizeyimana, G. (2022). Enhancing upper secondary learners' problem-solving abilities using problem-based learning in mathematics. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21(8), 235–252. <https://doi.org/10.26803/ijlter.21.8.14>

González-Argote, J., y Castillo-González, W. (2024). Problem-based learning (PBL), review of the topic in the context of health education. In *Seminars in medical writing and education* (Vol. 3, p. 57). <https://mw.ageditor.ar/index.php/mw/article/view/55>

Guerrero Julio, M. L., Ayala Moreno, J. B., y Agudelo Velásquez, O. L. (2024). Aprendizaje basado en problemas mediado con simuladores para el desarrollo de competencias en estudiantes de secundaria. *Academia y Virtualidad*, 17(1), 57–70. <https://doi.org/10.18359/ravi.6807>

Hernández-Domínguez, P. (2024). Programa Fomentamos el Aprendizaje Basado en Problemas en la Mejora del Rendimiento Matemático. *Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0*, 17(2), 246–257. <https://doi.org/10.37843/rted.v17i2.567>

Hurrell, D. P. (2021). Conceptual knowledge OR procedural knowledge OR conceptual knowledge AND procedural knowledge: Why the conjunction is important for teachers. *Australian Journal of Teacher Education*, 46(2), 55–71. <http://dx.doi.org/10.14221/ajte.2021v46n2.4>

Imaroh, Y., Haryanto, H., Cahyani, I. A., y Anggito, A. (2025). Integrating problem-based learning and flipped classroom models: Evaluating their impact on mathematical problem-solving skills. *AL-ISHLAH: Journal Pendidikan*, 17(2), 3147–3163. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v17i2.6839>

Laine, C. E., y Mahmud, M. S. (2022). The influence of problem-based learning (PBL) on mathematics learning: Systematic literature review. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 11(3), 1120–1137. <http://dx.doi.org/10.6007/IJARPEd/v11-i3/15033>

Macapayad, G. L. (2025). Problem-based learning approach and mathematics problem-solving performance of grade 9 students. *European Journal of Education Studies*, 12(6). <http://dx.doi.org/10.46827/ejes.v12i6.5953>

Marchy, F., Murni, A., Kartini, K., y Muhammad, I. (2022). The effectiveness of using problem-based learning (PBL) in mathematics problem-solving ability for junior high school students. *AlphaMath: Journal of Mathematics Education*, 8(2), 185–198. <https://doi.org/10.30595/alphamath.v8i2.15047>

Minarni, A., y Napitupulu, E. E. (2017). Developing instruction materials based on joyful PBL to improve students mathematical representation ability. *International*

Education Studies, 10(9), 23–38. <https://doi.org/10.5539/ies.v10n9p23>

Mudrikah, A. (2022). Increasing Senior High School Students' Mathematical Problem-Solving Ability and Mathematical Disposition Through Problem-Based Learning Assisted by Simple Mathematics Kit. *Al-Ishlah: Jurnal Pendidikan*, 14(4), 7065-7078.

<https://doi.org/10.35445/alishlah.v14i4.2194>

Nisa', K., Nasrullah, A., Hidayat, A., Mahuda, I., y Bhat, I. A. (2023). Problem-based learning in improving problem-solving ability and interest in learning mathematics: An empirical study. *International Journal of Mathematics and Mathematics Education (IJMME)*, 1(3), 206–217. <https://doi.org/10.56855/ijmme.v1i3.725>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE]. (2019). *PISA 2018 results (Volume I): What students know and can do*. OECD Publishing.

<https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE]. (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OECD Publishing.

<https://doi.org/10.1787/53f23881-en>

Orón, J. V., y Lizasoain, I. (2023). Achieving transfer from mathematics learning. *Education Sciences*, 13(2), 161. <https://doi.org/10.3390/educsci13020161>

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

Patunah, S., Herman, T., y Hasanah, A. (2024). The enhancement of mathematical problem-solving skills among junior high school students using problem-based learning. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 25(3), 1067–1079.

<https://doi.org/10.23960/jpmipa/v25i3.pp1067-1079>

Poma, M., Isase, V., Gómez, L., y Menacho, A. (2020). Método ABP en la resolución de problemas de gestión de datos e incertidumbre en una Institución Educativa Pública, 2020. *CiiD Journal*, 1(1), 332–345.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8528319.pdf>

Rahman, A. A., Mushlihuiddin, R., 'Afifah, N., Refugio, C. N., y Zulnaidi, H. (2024). Problem-based learning innovation through realism and culture: Impact on mathematical problem solving and self-efficacy in primary school students. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, 15(1), 251–264.

<https://doi.org/10.24042/ajpm.v15i1.21932>

Ramli, F., Ayub, A. F. M., Zulnaidi, H., Salim, N. R., y Gopal, K. (2020). Impact of problem-based learning strategy on students' mathematical value among secondary school students. *Universal Journal of Educational Research*, 8(8), 3295–3302.

<https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080801>

Sari, L. W., y Dhoruri, A. (2024). The effect of problem-based learning (PBL) model to improve students' critical thinking skills: A quasi-experimental study. In M. Shelley y O. T. Ozturk (Eds.), *Proceedings of ICRES 2024– International Conference on Research in Education and Science* (pp. 46–55). ISTES.

<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED673089.pdf>

Siew, N. M., y Basari, J. (2024). The integration of problem-based and collaborative learning assisted by Geometer's Sketch Pad: Its effects on students' higher-order thinking skills and collaborative skills. *Problems of Education in the 21st Century*, 82(2), 275–293. <https://doi.org/10.33225/pec/24.82.275>

Simanjuntak, D. A., Makmuri, M., y Rahayu, W. (2021). Problem-based learning: Its effect on higher-order mathematical thinking skills in terms of student's initial abilities and mathematical beliefs. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(2), 457–466. <https://doi.org/10.24042/ajpm.v12i2.10137>

Sterne, J. A. C., Savović, J., Page, M. J., Elbers, R. G., Blencowe, N. S., Boutron, I., Higgins, J. P. T. (2019). RoB 2: A revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*, 366, l4898. <https://doi.org/10.1136/bmj.l4898>

Surya, E., Putri, F. A., y Mukhtar. (2017). Improving mathematical problem-solving ability and self-confidence of high school students through contextual learning model. *Journal on Mathematics Education*, 8(1), 85–94. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1173627.pdf>

Zulkarnain, A., Syaiful, S., y Suratno, S. (2023). Using learning models problem based learning to improve students' mathematical critical thinking skills. *Desimal: Jurnal Matematika*, 6(2), 153–162. <https://doi.org/10.24042/djm.v6i2.18087>

Tan, S. C., y Tee, M. Y. (2021). In-service educators co-constructing knowledge in a PBL setting: Phases of interaction. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 15(2). <https://doi.org/10.14434/ijpbl.v15i2.28769>

Tawfik, A. A., Gish-Lieberman, J. J., Gatewood, J., y Arrington, T. L. (2021). How K-12 teachers adapt problem-based learning over time. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 15(1). <https://doi.org/10.14434/ijpbl.v15i1.29662>

Wijnia, L., Noordzij, G., Arends, L. R., Rikers, R. M. J. P., y Loyens, S. M. M. (2024). The effects of problem-based, project-based, and case-based learning on students' motivation: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 36(1), 29. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09864-3>