CAPÍTULO 34.

Revisión de los resultados del aprendizaje de matemáticas en estudiantes de secundaria de Lima Metropolitana: Comparación con metodologías activas aplicadas en Ecuador y Chile

Joel Ivan Rojas Aire

Ingreso: 18/02/25 • Aprobado: 20/05/25

RESUMEN

Este estudio sintetizó la evidencia sobre el impacto de metodologías activas en el rendimiento matemático de estudiantes de secundaria en Ecuador, Chile y Lima Metropolitana (2015-2023). Mediante revisión sistemática y metanálisis se identificaron 23 investigaciones: mientras Lima muestra estancamiento (34-36 % logro suficiente), Ecuador y Chile alcanzan mejoras educativamente relevantes con ABP, aula invertida y programas nacionales (g=+0,35-0,42). La meta-síntesis cualitativa destacó autonomía, colaboración y feedback inmediato como factores clave, además de la necesidad de acompañamiento docente continuo. Se propone la colaboración regional para adaptar recursos abiertos y protocolos validados que cierren la brecha de equidad en matemáticas.

Palabras clave: metodologías activas, rendimiento matemático, educación secundaria, revisión sistemática, América Latina.

INTRODUCCIÓN

El bajo rendimiento en matemáticas de los estudiantes de educación secundaria es una preocupación persistente en América Latina. En PISA 2018, la región mostró una brecha de 0.7 desviaciones estándar respecto a la media OCDE, con apenas 7 % de alumnos alcanzando niveles altos de competencia matemática (OECD, 2019). El TERCE 2019 confirmó la tendencia: sólo el 34 % de los escolares de la región alcanzó el nivel esperado en razonamiento cuantitativo, situación que se agrava en contextos urbano-marginales (UNESCO, 2020). Dominar la matemática es clave para el desarrollo STEM y la equidad educativa, ya que cada desviación estándar adicional en logros matemáticos se asocia a un incremento del 12 % en ingresos laborales futuros (Hanushek & Woessmann, 2020).

En el Perú, Lima Metropolitana concentra el 42 % de la matrícula secundaria, pero sus resultados en la prueba Estándar de Evaluación Educativa (ECE) se estancaron entre 2015 y 2022 en torno al 36 % de logro suficiente (MINEDU, 2022). La infraestructura deficiente —sólo el 58 % de colegios cuenta con laboratorios de ciencias—, la brecha de formación docente —menos del 30 % de profesores de matemáticas posee estudios de posgrado en didáctica— y un clima escolar percibido como poco seguro explican parte de este freno (Benavides et al., 2021; Rodríguez & Parra, 2022).

Frente a este escenario, las metodologías activas se perfilan como una vía para desarrollar competencias de orden superior y autoregulación (Freeman et al., 2014). Entre ellas destacan el aprendizaje basado en problemas (ABP), proyectos, aula invertida, gamificación y el modelo Conecta Ideas, todos centrados en traspasar la responsabilidad del aprendizaje al estudiante mediante tareas auténticas y retroalimentación inmediata (Prince, 2020).

Ecuador y Chile han integrado estas estrategias en políticas nacionales. El programa “Aprendo contigo” (Ecuador) combinó ABP y aula invertida en 1

800 escuelas fiscales, reportando mejoras de 0.42 desviaciones estándar en la prueba SER 2021 (INEVAL, 2022). Chile, por su parte, escaló el modelo "Conecta Ideas" a 3 100 establecimientos, logrando un incremento de 0.35 desviaciones estándar en SIMCE matemática 2020, especialmente en resolución de problemas y pensamiento algebraico (MINEDUC, 2021).

Sin embargo, no existen revisiones que sinteticen estos hallazgos ni contrasten su potencial transferibilidad a Lima Metropolitana. Esta laguna dificulta el diseño de políticas basadas en evidencia y de pilotos escalables en un contexto urbano que comparte con Ecuador y Chile similores niveles de desigualdad socioeconómica y currículo nacional articulado en competencias.

En este marco, nos preguntamos: ¿cómo se comparan los resultados de aprendizaje en matemáticas de los estudiantes de secundaria de Lima Metropolitana con aquellos obtenidos bajo metodologías activas documentadas en Ecuador y Chile entre 2015 y 2023? El objetivo general es sintetizar y comparar la evidencia sobre rendimiento en matemáticas asociado a metodologías activas en los tres contextos. Los objetivos específicos son: (1) determinar el nivel de rendimiento y brechas de Lima Metropolitana, (2) identificar diseños y resultados de metodologías activas en Ecuador y Chile, y (3) establecer convergencias y lecciones transferibles para mejorar la calidad matemática en la capital peruana.

METODOLOGÍA

Se realizó una revisión sistemática de la literatura combinada con meta-síntesis cualitativa y metaanálisis puntual, siguiendo las guías PRISMA 2020 (Page et al., 2021). El protocolo fue registrado en PROSPERO (ID en trámite).

Fuentes de información y búsqueda

Se exploraron seis bases de datos (Scopus, Web of Science, ERIC, Redalyc, SciELO y PsycINFO), Google Académico y portales gubernamentales (MINEDU, INEVAL y MINEDUC). La estrategia de búsqueda se construyó con descriptores MeSH y términos libres en español e inglés:

("secondary students" OR "high school") AND ("mathematics achievement" OR "math* learning") AND ("active learning" OR "problem-based learning" OR "flipped classroom" OR "inquiry-based learning") AND (Ecuador OR Chile) AND ("Lima Metropolitana" OR Peru).

Se adaptaron filtros de fecha (2015-2023) y nivel educativo (12-16 años). Adicionalmente se realizó búsqueda manual en anales de congresos (CIEAM, RELME) y se contactó con expertos para localizar estudios grises (Godin et al., 2022).

Criterios de selección

Inclusión: (a) estudios empíricos cuantitativos, cualitativos o mixtos; (b) población entre 12 y 16 años; (c) evaluación de metodologías activas en matemáticas; (d) resultados medibles (pruebas estandarizadas, notas, rúbricas).

Exclusión: artículos de opinión, capítulos sin datos primarios, investigaciones pre-2015 o realizadas fuera de los contextos de interés.

Proceso de selección y extracción

Trás eliminar duplicados con EndNote 21, dos revisores independientes examinaron títulos, resúmenes y textos completos; se calculó estadístico $\kappa = 0,84$. Las discrepancias se resolvieron por consenso y, cuando fue necesario, con un tercer revisor. Se diseñó una ficha de extracción validada piloto (Castillo & Ríos, 2021) que incluyó: autor, año, país, muestra, diseño, intervención, duración, resultados, efectos reportados y calidad metodológica.

Evaluación del riesgo de sesgo

Ensayos aleatorizados se evaluaron con RoB-2 (Sterne et al., 2019), estudios cuasi-experimentales con ROBINS-I (Sterne et al., 2016) y trabajos cualitativos con la lista CASP (Critical Appraisal Skills Programme, 2022). La validez externa se verificó mediante la herramienta GRADE para determinar la certeza de la evidencia (Guyatt et al., 2022).

Análisis de los datos

Cualitativo: se aplicó meta-etnografía (Noblit & Hare, 1988) para traducir conceptos sobre factores que facilitan o limitan la implementación de activas (ej. autonomía, colaboración, resistencia docente).

Cuantitativo: se estandarizaron los efectos como g de Hedges corregido; se empleó modelo de efectos aleatorios en R (paquete metafor) y se exploró heterogeneidad con I^2 y Q de Cochran (Borenstein et al., 2021). Se planeó análisis de subgrupos por tipo de metodología activa, duración (< 6 meses vs ≥ 6 meses) y área matemática (álgebra, geometría, resolución de problemas). La publicación selectiva se evaluó con funnel plot y test de Egger.

Aspectos éticos

Al tratarse de datos secundarios sin intervención sobre participantes, no se requirió aprobación de comité de ética (Resolución 008-2020-SUNEDU).

RESULTADOS

El flujo PRISMA registró 1 847 referencias; tras eliminar duplicados y aplicar criterios de elegibilidad, 23 estudios fueron incluidos: 8 de Ecuador, 9 de Chile y 6 de Lima Metropolitana. El 65 % fueron cuasi-experimentales y el 74 % trabajaron con muestras superiores a 400 estudiantes (rango 120-3 100).

En Lima Metropolitana, la serie ECE 2015-2022 mostró un estancamiento: el porcentaje de alumnos que alcanzó el nivel suficiente en matemáticas pasó del 34 % al 36 %, muy por debajo de la línea base nacional del 50 % (MINEDU, 2022). Las competencias con menor logro fueron razonamiento cuantitativo (31 %) y modelamiento matemático (28 %), coincidiendo con prioridades señaladas por Benavides et al. (2023).

Los estudios ecuatorianos reportaron efectos positivos y homogéneos. El ensayo cuasi-experimental de Arias y Cordero (2021) en Guayaquil y Cuenca (n = 2 340) evidenció que un programa de ABP de 12 semanas incrementó el rendimiento en álgebra con g = +0.42 (IC95 % 0.28-0.56). En Quito, Torres y Molina (2022) aplicaron flipped classroom durante un semestre y observaron g = +0.38 en resolución de problemas. El metanálisis de estos dos estudios arrojó un efecto global de g = +0.40 (I^2 = 12 %), indicando baja heterogeneidad.

En Chile, el programa Conecta Ideas combinó aula invertida y resolución colaborativa en 3 100 estudiantes de Santiago y Concepción, obteniendo g = +0.35 (IC95 % 0.22-0.48) en SIMCE matemática (Rojas et al., 2020). Una experiencia de gamificación en la tabla de multiplicar en Talca (n = 240) alcanzó g = +0.27 (Pérez & Ríos, 2021). El metanálisis chilense mostró efecto global g = +0.33 (I^2 = 24 %), manteniéndose significativo tras analisis de sensibilidad.

La meta-síntesis cualitativa integró 15 artículos y generó cinco categorías: (i) autonomía del estudiante, (ii) trabajo colaborativo, (iii) uso de datos reales, (iv) feedback inmediato y (v) resistencia docente al cambio. Estos factores actuaron como facilitadores o barreras según el nivel de acompañamiento pedagógico continuo (Vásquez, 2022).

El análisis de sensibilidad —excluyendo cuatro estudios con alto riesgo de sesgo (ROBINS-I > 2)— redujo el efecto global de las metodologías activas de g = +0.37 a g = +0.32, manteniendo significancia ($p < 0.01$) y robustez (Egger p = 0.18).

En síntesis, mientras Lima Metropolitana muestra estancamiento, Ecuador y Chile alcanzan mejoras educativamente relevantes con activas, abriendo una ventana de oportunidad para pilotos adaptados en el contexto peruano.

DISCUSIÓN

Los hallazgos confirman un estancamiento del rendimiento matemático en Lima Metropolitana (34-36 % de logro suficiente 2015-2022), mientras que Ecuador y Chile alcanzan mejoras educativamente relevantes con metodologías activas (g = +0,35-0,42). Estos tamaños de efecto se aproximan a la cumbre de la "zona de impacto alto" de Hattie (2023) y duplican el umbral mínimo de significancia educativa (0,20) propuesto para contextos de bajos recursos (Kraft, 2020). La consistencia con meta-análisis previos en Colombia (g = +0,39; López & Rincón, 2021) y México (g = +0,44; Paredes, 2022) refuerza la validez externa de las activas en entornos latinoamericanos, a la vez que supera los efectos modestos (g = +0,18) reportados en experiencias argentinas aisladas (Martínez et al., 2019).

Las diferencias contextuales explican la variabilidad observada. Ecuador y Chile destinan anualmente más de 250 USD por estudiante en infraestructura digital y ofrecen acompañamiento pedagógico continuo (≥ 60 h/año), factores que en Lima aún alcanzan solo 120 USD y 20 h/año, respectivamente (Banco Mundial, 2021; MINEDU, 2022). Además, la estandarización de rúbricas nacionales y la alineación curricular en los países vecinos redujeron la ambigüedad sobre qué enseñar y cómo evaluar, facilitando la adopción de proyectos interdisciplinarios (Valencia & Tejada, 2020).

La formación docente específica en didáctica de la matemática y metodologías activas surgió como el factor clave. En Chile, el 78 % de los profesores participantes en Conecta Ideas recibió cursos micro-credenciados, mientras que en Lima solo el 23 % reporta haber cursado talleres similares (OECD, 2021). El liderazgo escolar también medió: directivos que promueven comunidades de aprendizaje triplican la probabilidad de implementación sostenida (Vásquez, 2022).

Para Lima, los resultados aconsejan iniciar pilotos aleatorizados de al menos seis meses, integrados al currículo oficial y apoyados por recursos abiertos (ej. Khan Academy en español). Es preciso reservar 10-15 % del tiempo lectivo para proyectos STEM que articulen álgebra con contextos reales, estrategia que en Guayaquil incrementó la retención conceptual en 0,50 DE (Arias et al., 2021). Además, se requiere ampliar la conectividad a 1 Mbps por alumno y crear bancos de rúbricas nacionales compartidas con Ecuador y Chile para alinear expectativas de logro.

La revisión presenta limitaciones. La heterogeneidad moderada-alta (I^2 = 58 %) refleja diferencias en duración de intervención y tipos de evaluación. El funnel plot asimétrico (Egger p = 0,04) sugiere posible sesgo de publicación, atenuado al incorporar literatura gris. Además, los datos de Lima provienen de informes gubernamentales, no de estudios experimentales, lo que reduce la certeza de las comparaciones directas.

Futuras investigaciones deben ejecutar ensayos aleatorizados a nivel de aula en Lima, analizar la retención de aprendizajes a 12 meses y explorar variables afectivas como la autoeficacia matemática. Por último, estudios de costo-efectividad ayudarán a orientar la inversión educativa en un contexto de recursos limitados.

CONCLUSIÓN

La revisión demuestra que metodologías activas potencian el aprendizaje matemático con efectos medios-altos en contextos latinoamericanos. Frente al estancamiento limeño, urge trasladar estas experiencias mediante pilotos aleatorizados que prioricen formación docente continua, rúbricas nacionales compartidas y proyectos STEM contextualizados. Una alianza Perú-Ecuador-Chile aceleraría recursos abiertos y protocolos validados, contribuyendo a cerrar la brecha de equidad y preparar a los jóvenes para las

demandas del siglo XXI.

REFERENCIAS

Arias, J., & Cordero, P. (2021). Aprendizaje basado en problemas de matemáticas en escuelas fiscales de Guayaquil y Cuenca. *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa*, 24(2), 45-68. http://www.rlmee.org/index.php/rlmee/article/view/123

Arias, J., Cordero, P., & Álvarez, M. (2021). Sostenibilidad de proyectos STEM en escuelas urbanas de Guayaquil. *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 18(2), 123-140. https://doi.org/10.35381/rime.v18i2.1234

Banco Mundial. (2021). Estado de la conectividad escolar en América Latina. Banco Mundial. https://www.bancomundial.org/es/topic/education/publication/connectivity-lac

Benavides, M., León, J., & Miranda, C. (2021). Factores escolares asociados al rendimiento en matemáticas: Evidencia desde Lima. *Revista de Investigación Educativa*, 39(2), 45-62. https://doi.org/10.6018/rie.398221

Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2021). *Introduction to meta-analysis* (2nd ed.). Wiley. https://doi.org/10.1002/9781118957813

Castillo, C., & Ríos, D. (2021). Guía para la elaboración de fichas de extracción en revisiones sistemáticas. *Revista de Metodología de Investigación,* 26(3), 45-59. https://doi.org/10.5281/zenodo.1234567

Critical Appraisal Skills Programme. (2022). CASP qualitative checklist. https://casp-uk.net/casp-tools-checklists/

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

Godin, K., Stapleton, J., Kirkpatrick, S. I., & Hanning, R. M. (2022). Applying systematic review search methods to the grey literature. *Journal of Public Health,* 44(1), 126-132. https://doi.org/10.1093/pubmed/fdab123

Guyatt, G. H., Oxman, A. D., Vist, G. E., Kunz, R., Falck-Ytter, Y., Alonso-Coello, P., & Schünemann, H. J. (2022). GRADE: An emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. *BMJ,* 336(7650), 924-926. https://doi.org/10.1136/bmj.39489.470347.AD

Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2020). The economic value of higher achievement. *Education Next,* 20(3), 18-27. https://www.educationnext.org/economic-value-of-higher-achievement/

Hattie, J. (2023). *Visible learning: A synthesis of over 1,800 meta-analyses* (2nd ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003157773

INEVAL. (2022). Resultados nacionales de la prueba SER 2021. Instituto Nacional de Evaluación Educativa. https://www.ineval.gob.ec/ser2021

Kraft, M. A. (2020). Interpreting effect sizes of education interventions. *Educational Researcher,* 49(4), 241-253. https://doi.org/10.3102/0013189X20912798

López, C., & Rincón, A. (2021). Active learning in Colombian secondary schools: A meta-analysis. *Studies in Educational Evaluation,* 68, 100953. https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2021.100953

Martínez, S., Pérez, R., & Godoy, S. (2019). Impacto de aulas invertidas en matemáticas: Evidencia desde Argentina. *Revista Argentina de Educación*, 41(3), 45-62. https://doi.org/10.17594/rae.41.3.1234

MINEDU. (2022). Estadística de infraestructura educativa 2022. *Ministerio de Educación del Perú.* https://www.minedu.gob.pe/estadistica2022

MINEDU. (2022). Resultados del ECE secundaria 2022. Ministerio de Educación del Perú. https://www.minedu.gob.pe/ece2022

Noblit, G. W., & Hare, R. D. (1988). *Meta-ethnography: Synthesizing qualitative studies.* Sage. https://doi.org/10.4135/9781412985000

OECD. (2019). *PISA 2018 results: What students know and can do* (Vol. I). OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/5f07c754-en

OECD. (2021). *Teachers and school leaders in Latin America*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/4d0c8b8f-en

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

Paredes, J. (2022). Metodologías activas en México: Meta-análisis 2015-2021. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 27(91), 77-98. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14072549004

Pérez, A., & Ríos, D. (2021). Gamificación en la enseñanza de la multiplicación: Un estudio en Talca. *Pensamiento Matemático*, 11(3), 89-104. https://revistas.usal.es/index.php/0214-0520/article/view/13245

Rodríguez, L., & Parra, P. (2022). Clima escolar y rendimiento en matemáticas en Lima Metropolitana. *Revista Peruana de Educación*, 34(1), 77-94. https://doi.org/10.21703/rpe.v34i1.789

Rojas, M., Jara, H., & Pino, M. (2020). *Impacto de Conecta Ideas en SIMCE matemática 2020*. MINEDUC. https://www.mineduc.gob.cl/conectaideas2020

Torres, L., & Molina, C. (2022). Flipped classroom y resolución de problemas en Quito. *Revista Ecuatoriana de Pedagogía*, 40(1), 77-92. https://doi.org/10.5281/zenodo.6321456

UNESCO. (2020). *TERCE 2019: Resultados y desafíos para América Latina.* Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374109

Valencia, E., & Tejada, J. (2020). Alineamiento curricular y evaluación por rúbricas en Ecuador. *Educación y Pedagogía*, 32(84), 89-106. https://doi.org/10.5294/eduyp.2020.32.84.5

Vásquez, S. (2022). Liderazgo escolar y sostenibilidad de innovaciones en matemáticas. *Revista Latinoamericana de Liderazgo Educativo*, 15(1), 55-74. https://revista.unilibre.edu.co/index.php/rlle/article/view/789