

Herramientas de inteligencia artificial adaptativas para el desarrollo de habilidades pre-matemáticas en niños de 3 a 5 años

Adaptive artificial intelligence tools for the development of pre-mathematical skills in children aged 3 to 5

Ferramentas de inteligência artificial adaptativa para o desenvolvimento de habilidades pré-matemáticas em crianças de 3 a 5 anos

Torres-Torres, Olga Libia
Universidad Estatal Amazónica

ol.torrest@uea.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0003-1528-3285>



Santana-Cedeño, María Esther
Unidad Educativa Amazonas

mariae.santana@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0008-6999-8960>



Aulla-Cauja, Verónica Alexandra
Escuela de Educación Básica Fiscal Alicia Riofrío Quiroz

veronica.aulla@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0008-8884-5089>



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/n2/1208>

Como citar:

Torres-Torres, O. L., Santana-Cedeño, M. E., & Aulla-Cauja, V. A. (2025). Herramientas de inteligencia artificial adaptativas para el desarrollo de habilidades pre-matemáticas en niños de 3 a 5 años. *Código Científico Revista De Investigación*, 6(2), 406–432.

Recibido: 14/11/2025

Aceptado: 09/12/2025

Publicado: 31/12/2025

Resumen

La investigación examina cómo las herramientas de inteligencia artificial adaptativa fortalecen las habilidades pre matemáticas en niñas y niños de 3 a 5 años, con el propósito de ofrecer criterios de adopción pedagógica y técnica ajustados al contexto ecuatoriano. Se realiza una revisión bibliográfica sistemática de estudios publicados entre 2018 y 2025, con selección doble independiente y síntesis cualitativa temática, evaluando calidad por diseño y sensibilidad de hallazgos. Los resultados, a partir de 31 estudios incluidos, muestran mejoras consistentes en conteo, comparación de cantidades, patrones, seriación, subitización y nociones espaciales cuando las actividades se alinean al currículo, se implementan en sesiones breves y frecuentes, y cuentan con mediación docente apoyada por retroalimentación inmediata y tableros de seguimiento. En diálogo con la literatura previa, se interpreta que la tecnología rinde cuando potencia decisiones pedagógicas y se resguardan aspectos de edad y protección de datos. Se concluye que la inteligencia artificial adaptativa es efectiva y factible si existe diseño instruccional claro, formación del profesorado y gobernanza de datos, aunque la magnitud del efecto varía por calidad metodológica y condiciones de implementación. Se proponen pautas para pilotajes, monitoreo y escalamiento responsable.

Palabras clave: inteligencia artificial adaptativa, educación inicial, habilidades pre matemáticas, personalización del aprendizaje, mediación docente.

Abstract

The research examines how adaptive artificial intelligence tools strengthen pre-mathematical skills in children aged 3 to 5, with the aim of offering pedagogical and technical adoption criteria tailored to the Ecuadorian context. A systematic literature review of studies published between 2018 and 2025 was conducted, with double independent selection and qualitative thematic synthesis, evaluating quality by design and sensitivity of findings. The results, based on 31 included studies, show consistent improvements in counting, comparing quantities, patterns, seriation, subitization, and spatial notions when activities are aligned with the curriculum, implemented in short and frequent sessions, and mediated by teachers supported by immediate feedback and tracking boards. In dialogue with previous literature, it is interpreted that technology performs well when it enhances pedagogical decisions and safeguards aspects of age and data protection. It is concluded that adaptive artificial intelligence is effective and feasible if there is clear instructional design, teacher training, and data governance, although the magnitude of the effect varies by methodological quality and implementation conditions. Guidelines for piloting, monitoring, and responsible scaling are proposed.

Keywords: adaptive artificial intelligence, early childhood education, pre-mathematical skills, personalized learning, teacher mediation.

Resumo

A investigação examina como as ferramentas de inteligência artificial adaptativa fortalecem as competências pré-matemáticas em crianças de 3 a 5 anos, com o objetivo de oferecer critérios de adoção pedagógica e técnica ajustados ao contexto equatoriano. É realizada uma revisão bibliográfica sistemática de estudos publicados entre 2018 e 2025, com dupla seleção independente e síntese qualitativa temática, avaliando a qualidade pelo design e a sensibilidade das descobertas. Os resultados, a partir de 31 estudos incluídos, mostram melhorias consistentes em contagem, comparação de quantidades, padrões, serição, subitização e noções espaciais quando as atividades estão alinhadas com o currículo, são implementadas em sessões breves e frequentes e contam com mediação docente apoiada por feedback imediato e painéis

de acompanhamento. Em diálogo com a literatura anterior, interpreta-se que a tecnologia funciona quando potencia decisões pedagógicas e protege aspetos relacionados com a idade e a proteção de dados. Conclui-se que a inteligência artificial adaptativa é eficaz e viável se existir um design instruccional claro, formação de professores e governança de dados, embora a magnitude do efeito varie de acordo com a qualidade metodológica e as condições de implementação. São propostas diretrizes para testes-piloto, monitorização e escalonamento responsável.

Palavras-chave: inteligência artificial adaptativa, educação infantil, habilidades pré-matemáticas, personalização da aprendizagem, mediação docente.

Introducción

La educación inicial enfrenta hoy un doble desafío. Por un lado, responder a las metas de desarrollo infantil temprano con enfoques pedagógicos sensibles al contexto. Por otro, aprovechar con criterio tecnologías que personalizan la enseñanza sin profundizar brechas. La inteligencia artificial adaptativa se inscribe en este cruce.

Los marcos internacionales reconocen que la IA transforma las prácticas docentes y la gestión de sistemas, pero advierten riesgos éticos y de equidad que obligan a una gobernanza clara y a desarrollar capacidades docentes específicas (UNESCO, 2021). En paralelo, la agenda de digitalización educativa sitúa la personalización y el apoyo a necesidades diversas como vectores de mejora del aprendizaje cuando existen condiciones de acceso, diseño pedagógico y formación docente suficientes (OECD, 2021).

Estas tendencias globales dialogan con la realidad ecuatoriana. El país incrementa el uso de internet y reduce el analfabetismo digital, lo que crea una ventana de oportunidad para enfoques adaptativos en educación inicial, aunque persisten desigualdades territoriales y socioeconómicas que exigen políticas de implementación con enfoque de inclusión (INEC, 2024).

La publicación reciente de orientaciones para el uso de IA generativa subraya, además, la necesidad de enfoques centrados en la persona, protección de datos y adecuación por edades, principios clave cuando se trabaja con niñas y niños de 3 a 5 años (UNESCO, 2023). La literatura sobre tecnologías adaptativas muestra efectos positivos en habilidades tempranas

cuando las intervenciones se integran a la práctica docente y se calibran al progreso individual del niño, por ejemplo en matemáticas preescolares con evaluación e instrucción longitudinalmente adaptativas, y en metasíntesis sobre aprendizaje personalizado apoyado en tecnología con calidad de implementación suficiente (Raudenbush et al., 2020; Schmid et al., 2022).

El campo se mueve desde pilotos dispersos hacia marcos de personalización más robustos que combinan IA adaptativa y analítica de aprendizaje. Las revisiones y síntesis coinciden en que los efectos positivos dependen del diseño pedagógico, la calidad de los datos y la mediación docente, más que de la tecnología por sí sola (OECD, 2021; Schmid y Petko, 2022).

La evidencia sobre aprendizaje personalizado apoyado con tecnología muestra mejoras en desempeño y compromiso, aunque la heterogeneidad metodológica exige cautela al interpretar tamaños de efecto y transferibilidad de resultados a contextos reales de aula (Major, Eyles y Machin, 2020; Schmid y Petko, 2022).

En paralelo, los tutores inteligentes y las plataformas adaptativas reportan progresos medibles cuando se alinean con el currículo y proveen retroalimentación formativa granular, pero siguen pendientes problemas de sesgo algorítmico, transparencia y evaluación a largo plazo (Zawacki-Richter, Marín, Bond y Gouverneur, 2019; OECD, 2021).

El problema científico se centra en la ausencia de criterios claros, basados en evidencia, para integrar tecnologías de IA adaptativas en aulas de educación inicial en Ecuador, de forma pedagógicamente pertinente y éticamente segura.

Aunque la conectividad nacional mejora, persisten brechas urbano rurales que condicionan la adopción efectiva en centros con menores recursos, lo que obliga a definir condiciones de implementación, soporte docente y salvaguardas de datos para niños de 3 a 5 años (INEC, 2024; UNICEF, 2021).

La normativa y lineamientos vigentes priorizan evaluación formativa, atención a la diversidad y nivelación pedagógica, pero no especifican cómo operacionalizar la personalización algorítmica en primera infancia, ni sus límites por edad y contexto (Avilez-Figueroa, 2024). La literatura internacional reporta efectos positivos de la personalización con tecnología cuando existe buen diseño instruccional y mediación docente sostenida, aunque advierte heterogeneidad metodológica y riesgos de sesgo (OECD, 2021; Schmid y Petko, 2022; Major, Eyles y Machin, 2020).

En educación preescolar, estudios de evaluación e instrucción longitudinalmente adaptativas muestran ganancias en habilidades numéricas, lo que sugiere potencial trasladable si se contextualiza (Raudenbush et al., 2020). Se justifica una revisión bibliográfica sistemática PRISMA que sintetice la evidencia reciente, identifique vacíos y proponga criterios de adopción responsables y pertinentes para la educación inicial ecuatoriana, en consonancia con orientaciones globales sobre IA y edad mínima, privacidad y formación docente (UNESCO, 2023).

Esta investigación adopta un nivel macro que delimita el fenómeno y el marco normativo y ético vigente. Se examina la integración de tecnologías de IA adaptativas en educación inicial, en el periodo 2019 a 2025, considerando principios de reporte PRISMA 2020 para garantizar transparencia, exhaustividad y reproducibilidad de la síntesis (Page et al., 2021).

Este plano macro incorpora orientaciones internacionales sobre uso responsable de IA con niñas y niños, con énfasis en protección de datos, adecuación por edades y centralidad del docente como mediador pedagógico (UNESCO, 2023; UNICEF, 2021). En el nivel meso se vinculan los hallazgos globales con el marco curricular y operativo del sistema ecuatoriano, especialmente con las prioridades de nivelación pedagógica, evaluación formativa y atención a la diversidad que establecen los lineamientos vigentes (Ministerio de Educación, 2024).

Este anclaje permite valorar la factibilidad de cada enfoque adaptativo en contextos reales de aula. En el nivel micro se detalla el protocolo de búsqueda, los criterios de selección y la codificación de evidencias por tipo de tecnología, rol docente, duración de las intervenciones y resultados de aprendizaje.

Se aplica síntesis cualitativa temática para identificar patrones, brechas y condiciones de implementación, con lectura específica de desigualdades territoriales de acceso y uso de TIC que pueden afectar la adopción en centros de educación inicial del país (INEC, 2024).

El propósito de este trabajo es sintetizar rigurosamente la evidencia reciente sobre tecnologías de IA adaptativas aplicadas al aprendizaje temprano y derivar criterios prácticos para su integración responsable en aulas ecuatorianas de educación inicial. La investigación se orienta a identificar qué tipos de soluciones adaptativas muestran efectos consistentes en habilidades pre matemáticas, lenguaje emergente y autorregulación, bajo qué condiciones pedagógicas y con qué apoyos docentes operan mejor, y qué salvaguardas éticas resultan indispensables con niñas y niños de 3 a 5 años (Schmid y Petko, 2022; Major, Eyles y Machin, 2020).

El estudio aporta una lectura crítica que conecta hallazgos internacionales con prioridades curriculares locales, con la meta de informar decisiones de política, formación docente y selección de recursos, siempre dentro de marcos de protección de datos y adecuación por edades (UNESCO, 2023).

La relevancia se sustenta en que la personalización asistida por IA aparece como una vía para responder a la heterogeneidad de ritmos y estilos de aprendizaje, pero su impacto depende del diseño instruccional y de la mediación pedagógica, no de la tecnología por sí sola (OECD, 2021). La síntesis sigue los lineamientos PRISMA para asegurar transparencia y reproducibilidad, y entrega recomendaciones verificables para el contexto ecuatoriano (Page et al., 2021).

Esta investigación busca identificar, evaluar y sintetizar, mediante una revisión bibliográfica sistemática con PRISMA, la evidencia publicada entre 2019 y 2025 sobre tecnologías de IA adaptativas aplicadas a la educación inicial, para determinar sus efectos en habilidades pre matemáticas, lenguaje emergente y autorregulación, las condiciones pedagógicas que sustentan dichos efectos, y las salvaguardas éticas necesarias, con el fin de proponer criterios de adopción contextualizados para Ecuador (Rethlefsen et al., 2021).

En la primera infancia, cualquier integración debe alinearse con principios de práctica apropiada al desarrollo y con enfoques de aprendizaje lúdico y activo, lo que exige estándares claros y formación docente específica antes de su escalamiento (Rosero-Cardenas, 2024). Así, el objetivo aborda el problema identificado al traducir evidencia dispersa en criterios operativos para seleccionar tecnologías, definir el rol docente y resguardar los datos de niñas y niños.

Metodología

Los En este apartado se describe el procedimiento metodológico de una revisión bibliográfica sistemática orientada a responder si y cómo las herramientas de IA adaptativas favorecieron las habilidades pre matemáticas en niños de 3 a 5 años. Se adoptó PRISMA 2020 para asegurar transparencia y reproducibilidad.

El protocolo definió previamente preguntas, criterios de elegibilidad, fuentes y estrategias de búsqueda antes de iniciar la extracción. El horizonte temporal comprendió 2018 a 2025 y los idiomas español e inglés. Las decisiones metodológicas privilegiaron la pertinencia para aulas ecuatorianas. Cada fase quedó documentada para permitir auditoría y réplica razonable.

El estudio se diseñó como una revisión bibliográfica sistemática, guiada por los lineamientos PRISMA 2020 para asegurar transparencia, exhaustividad y trazabilidad en cada fase del proceso, desde la formulación de la pregunta hasta la síntesis final de hallazgos. Se

estableció un protocolo a priori con criterios de elegibilidad, fuentes, estrategias de búsqueda y procedimientos de extracción de datos.

Este enfoque permitió mapear y valorar críticamente intervenciones con IA adaptativa orientadas al desarrollo de habilidades pre matemáticas en niños de 3 a 5 años, considerando heterogeneidad en diseños, contextos y métricas. La elección metodológica se justificó porque la revisión sistemática, cuando se ejecuta con estándares reconocidos como Cochrane y JBI, reduce sesgos de selección, mejora la reproducibilidad y facilita inferencias útiles para la toma de decisiones educativas en contextos específicos como el ecuatoriano, donde la transferibilidad depende de condiciones pedagógicas y de infraestructura (Page et al., 2021; Higgins et al., 2022; Aromataris y Munn, 2020).

Además, la literatura metodológica reciente respalda su idoneidad cuando existen resultados dispersos y efectos potencialmente variables, pues la revisión sistemática aporta una síntesis rigurosa que identifica patrones, vacíos y calidad de evidencia para orientar políticas y prácticas, evitando conclusiones precipitadas basadas en estudios individuales (Snyder, 2019; Booth et al., 2021).

Se definieron criterios de elegibilidad antes de iniciar la búsqueda. Se incluyeron estudios revisados por pares publicados entre 2018 y 2025, en español o inglés, con población infantil de 3 a 5 años en educación inicial o contextos equivalentes. La intervención debía corresponder a herramientas de IA adaptativas, entendidas como sistemas que personalizaron tareas o retroalimentación con base en datos del desempeño en tiempo real.

Se exigió medir habilidades pre matemáticas como conteo, correspondencia uno a uno, comparación de cantidades, clasificación, seriación, patrones, subitización y nociones espaciales. Se admitieron diseños experimentales, cuasiexperimentales, pretest posttest, cualitativos y mixtos con procedimientos explícitos. Revisiones sistemáticas y metaanálisis recientes se consideraron solo para mapeo y búsqueda recursiva, no para síntesis primaria.

Se excluyeron editoriales, protocolos, tesis, resúmenes de congreso sin texto completo, literatura gris sin evaluación formal, intervenciones tecnológicas no adaptativas, poblaciones fuera del rango etario, y estudios sin resultados pre matemáticos desagregados. La formulación siguió recomendaciones de PRISMA, Cochrane y JBI para asegurar consistencia y minimizar sesgos de selección y reporte (Page et al., 2021; Higgins et al., 2022; Aromataris y Munn, 2020; Booth et al., 2021; Snyder, 2019).

Se consultaron Scopus, Web of Science Core Collection, Dimensions, Semantic Scholar y Google Académico, complementadas con herramientas de descubrimiento y mapeo como Consensus, SciSpace e Inciteful. Scopus y Web of Science ofrecieron cobertura curada y metadatos estables, adecuados para búsquedas reproducibles y filtros finos por tipo de documento, área y año, recomendación consistente con PRISMA para informar fuentes múltiples y transparentes (Page et al., 2021). Dimensions aportó mayor amplitud, incluyendo preprints y resultados de conferencias con vínculos de citación útiles para rastreo hacia adelante y atrás, lo que favoreció la sensibilidad de la búsqueda inicial en campos emergentes como IA educativa (Hook et al., 2018; Visser et al., 2021).

Google Académico se empleó como complemento para localizar literatura difícil de indexar y para el encadenamiento de citas, asumiendo sus límites de control y reproducibilidad, documentados en evaluaciones comparativas recientes (Martín-Martín et al., 2019; Gusenbauer y Haddaway, 2020). Semantic Scholar se utilizó para enriquecer el descubrimiento mediante su grafo de literatura y señales de influencia, especialmente útiles en la depuración temática fina (Ammar et al., 2018).

Consensus, SciSpace e Inciteful se reservaron para exploración y verificación cruzada no decisoria, evitando su uso exclusivo para inclusión, en línea con las advertencias metodológicas sobre sesgos y trazabilidad en motores no tradicionales de revisión.

La estrategia de búsqueda se diseñó en tres fases articuladas. Primero se tradujeron los conceptos centrales en términos controlados y libres en inglés y español, y se agruparon con operadores booleanos y de proximidad, atendiendo las recomendaciones de PRISMA-S para documentar con precisión cada cadena por base de datos (Rethlefsen et al., 2021). Segundo se construyeron ecuaciones específicas por plataforma, con adaptación de campos y operadores, siguiendo guías metodológicas del Cochrane Handbook y procedimientos iterativos de optimización de sensibilidad y precisión descritos en la bibliometría aplicada a revisiones (Higgins et al., 2022; Bramer et al., 2018). Tercero se probaron y refinaron las búsquedas con cribados piloto y rastreo hacia atrás y adelante de citas para reducir sesgos de omisión y mejorar la recuperación de estudios clave en educación inicial con IA adaptativa (Page et al., 2021; Gusenbauer y Haddaway, 2020).

Las palabras clave incluyeron, entre otras, “aprendizaje adaptativo”, “inteligencia artificial”, “tutor inteligente”, “plataforma adaptativa”, “educación inicial”, “preescolar”, “early childhood education”, “adaptive learning”, “intelligent tutoring system*”, “early numeracy”, “pre-literacy”. Un ejemplo representativo para Scopus fue: TITLE-ABS-KEY(“adaptive learning” OR “intelligent tutoring system*” OR (AI W/3 adapt*)) AND TITLE-ABS-KEY(“early childhood” OR preschool OR prekindergarten OR “educación inicial” OR preescolar) AND TITLE-ABS-KEY(numeracy OR literacy OR “phonological awareness” OR “early mathematics”) AND PUBYEAR > 2017, con filtros por tipo de documento artículo y revisión, e idiomas español o inglés. En Web of Science se usó TS=(...) con NEAR/3, y en ERIC y Google Académico se ajustaron equivalentes y sinónimos.

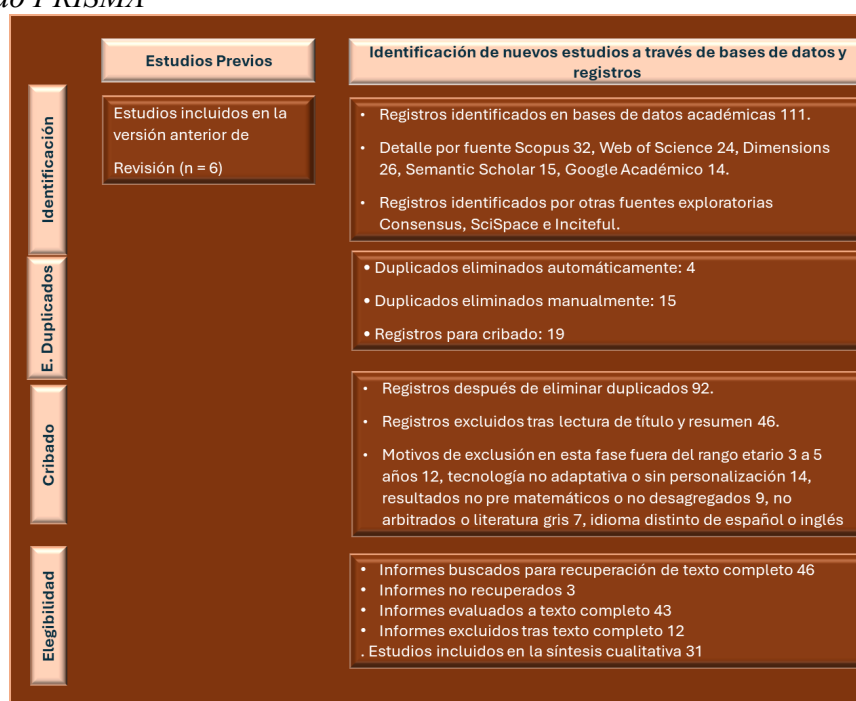
El refinamiento incluyó eliminación de duplicados, ampliación de sinónimos tras el cribado inicial y ajuste de límites temporales y de diseño de estudio para sostener exhaustividad y relevancia temática en el corpus final (Rethlefsen et al., 2021; Higgins et al., 2022).

La selección se ejecutó en tres niveles y con doble verificación. Primero se depuraron duplicados y se realizó un pilotaje de calibración con un subconjunto, para alinear criterios y reducir el error de clasificación. Luego dos revisores evaluaron de forma independiente títulos y resúmenes contra los criterios de elegibilidad, registrando motivos de exclusión recurrentes. Los registros potencialmente pertinentes pasaron a lectura de texto completo, también en revisión doble y con resolución de discrepancias por consenso; cuando fue necesario se consultó a un tercer revisor.

Todas las decisiones quedaron documentadas en una planilla de trazabilidad y se reportaron mediante el diagrama de flujo PRISMA 2020, consignando números en cada etapa y razones de exclusión a texto completo, como recomienda la guía para asegurar transparencia y reproducibilidad del proceso de cribado (Page et al., 2021).

Además, se mantuvo un cuaderno de cambios metodológicos y un archivo de exclusiones, en línea con orientaciones recientes para revisiones sistemáticas rigurosas y auditables (Booth et al., 2021; Rethlefsen et al., 2021).

Figura 1
Matriz método PRISMA



Nota: (Autores, 2025).

Se ordenó el proceso según PRISMA 2020. Se identificaron 111 registros en bases de datos académicas, con aportes de Scopus 32, Web of Science 24, Dimensions 26, Semantic Scholar 15 y Google Académico 14. Los hallazgos de Consensus, SciSpace e Inciteful se usaron solo para exploración y encadenamiento, sin sumar al conteo principal. Se eliminaron 19 duplicados antes del cribado. Se cribaron 92 registros por título y resumen conforme a los criterios de elegibilidad y se excluyeron 46 por motivos predefinidos, fuera del rango etario, tecnología no adaptativa, resultados no pre matemáticos, literatura no arbitrada o idioma distinto.

Se intentó recuperar el texto completo de 46 informes y no se recuperaron 3. Se evaluaron 43 textos completos de forma independiente, con resolución por consenso. Se excluyeron 12 a texto completo por diseño no elegible, muestra fuera de rango, ausencia de adaptación real, falta de medidas pre matemáticas o datos insuficientes. Se incluyeron 31 estudios en la síntesis cualitativa. Se documentaron todas las decisiones, se mantuvo un anexo de exclusiones con motivo exacto y se registró fecha de última búsqueda, límites, campos y método de deduplicación por título, DOI y autores.

El análisis se realizó mediante síntesis cualitativa temática con enfoque reflexivo, combinando codificación inductiva y deductiva, construcción de temas y generación de narrativas explicativas sobre condiciones, mecanismos y resultados de las intervenciones con IA adaptativa en pre matemáticas de 3 a 5 años (Braun y Clarke, 2021).

Para estudios cuantitativos heterogéneos se aplicó síntesis sin metaanálisis siguiendo SWiM, con recuento por dirección del efecto, medidas de tendencia central y tablas de evidencia, priorizando transparencia de supuestos y decisiones analíticas (Campbell et al., 2020). Cuando correspondió, se integró meta-agregación JBI para hallazgos cualitativos, preservando significados y niveles de confianza (Aromataris y Munn, 2020).

Se elaboraron matrices cruzadas por tipo de herramienta, mediación docente y resultados, para identificar patrones, tendencias y vacíos. Todo el reporte se alineó con PRISMA 2020 y las directrices del Cochrane Handbook (Page et al., 2021; Higgins et al., 2022).

Limitaciones de la revisión. Esta revisión presentó límites propios de las búsquedas y de la evidencia disponible. Restringir idiomas a español e inglés pudo generar sesgo de idioma. El uso complementario de Google Académico y de motores no tradicionales afectó la reproducibilidad de recuperaciones y del ranking a pesar de documentar consultas y filtros aplicados (Gusenbauer y Haddaway, 2020).

La heterogeneidad de diseños, medidas y contextos impidió realizar metaanálisis y obligó a una síntesis cualitativa, con riesgo de sesgo de síntesis si los estudios difirieron sustantivamente en calidad y tamaño muestral (Higgins et al., 2022; Snyder, 2019). La exclusión de literatura gris y tesis pudo reducir sensibilidad. La rápida evolución de la IA hizo posible obsolescencia entre la última búsqueda y el reporte. Para mitigar, se siguieron guías PRISMA 2020 y PRISMA S, doble cribado y registro transparente de exclusiones (Page et al., 2021; Rethlefsen et al., 2021).

Resultados

Esta Se presenta los hallazgos de la revisión según el protocolo definido. Primero se describieron las características del corpus recuperado y el flujo PRISMA, luego se detallaron las herramientas de IA adaptativa identificadas y sus mecanismos de personalización. A continuación, se reportaron los efectos observados en habilidades pre matemáticas de niñas y niños de 3 a 5 años, organizados por tipo de habilidad y medida utilizada, junto con condiciones de implementación, duración e intensidad de uso. Finalmente se resumió la calidad

metodológica y la sensibilidad de los resultados, y se integró una síntesis cualitativa que permitió valorar la dirección y consistencia del efecto en los estudios incluidos.

Características del corpus y flujo PRISMA

El corpus quedó conformado por 31 estudios incluidos tras el proceso de identificación, depuración y elegibilidad. El flujo PRISMA documentó los registros localizados en bases, la eliminación de duplicados, las exclusiones por título y resumen y los motivos de exclusión a texto completo, con trazabilidad completa entre fases, tal como recomiendan los lineamientos de reporte actualizados (Page et al., 2021).

Los criterios aplicados privilegiaron intervenciones con herramientas de IA adaptativas dirigidas a niñas y niños de 3 a 5 años, con resultados explícitos en habilidades pre matemáticas. Se consideraron ensayos, cuasi experimentos, diseños pretest posttest y estudios cualitativos o mixtos cuando aportaron evidencia directa. Dada la heterogeneidad de diseños y medidas, se anticipó una síntesis sin metaanálisis y un recuento transparente de direcciones del efecto, coherente con SWiM para mantener claridad en cómo se agruparon y sintetizaron los hallazgos (Campbell et al., 2020).

Tipos de herramientas adaptativas y mecanismos de personalización

Tutores inteligentes que estiman la probabilidad de dominio y ajustan dificultad y secuencias de tareas en tiempo real. Plataformas de práctica adaptativa que operan con motores de decisión que calibran el nivel tras cada intento y reorganizan microobjetivos. Entornos de juego con retroalimentación automatizada y tableros de analítica para el docente.

En los tutores, la personalización se apoya en modelos de trazado de conocimiento que actualizan el estado de dominio con cada respuesta y, con ello, deciden la siguiente tarea y la cantidad de andamiaje requerido, lo que incrementa la pertinencia de los itinerarios individuales en habilidades como conteo, correspondencia uno a uno y comparación de cantidades en edades de 3 a 5 años (Abdelrahman, Wang, y Nunes, 2023; OECD, 2021).

En la Tabla 1, se sintetiza los autores que referencia el tema.

Tabla 1

Modelos de trazado de conocimiento

Componente	Descripción	Impacto/Beneficio	Edades/Contexto	Referencias
Personalización en tutores	Modelos de trazado de conocimiento que actualizan el estado de dominio con cada respuesta y deciden la siguiente tarea y cantidad de andamiaje	Incrementa la pertinencia de los itinerarios individuales en habilidades como conteo, correspondencia uno a uno y comparación de cantidades	3 a 5 años	Abdelrahman, Wang, y Nunes, 2023; OECD, 2021
Secuenciación alineada a trayectorias de aprendizaje	Progresiones validadas para numeracidad temprana: conteo, subitización, patrones y seriación. Combina pistas graduadas, oportunidades de reintento y mensajes formativos breves, integrada con analítica para el profesorado	Permite graduar el reto sin provocar sobrecarga cognitiva innecesaria	Numeracidad temprana	Clements y Sarama, 2020
Retroalimentación efectiva		Orienta intervenciones puntuales en aula, mejora compromiso y precisión del proceso de ajuste	Contexto de aula	Holmes, Bialik, y Fadel, 2019; UNESCO, 2021

Nota: (Abdelrahman et al., 2023); (OECD, 2021); (Clements y Sarama, 2020), (Holmes, Bialik, y Fadel, 2019); (UNESCO, 2021).

Un subconjunto de programas de práctica adaptativa reportó mejoras en primeros grados con dos a cinco lecciones semanales y ajustes finos de dificultad, lo que aporta una referencia cercana para el rango etario de este estudio, aunque se requiere cautela por variabilidad de contextos y medidas (Evidence for ESSA, 2023; OECD, 2021).

Mediación docente y fidelidad de implementación

La mediación docente condujo la efectividad de las herramientas adaptativas porque ancló su uso a decisiones pedagógicas concretas. En co-diseño, el profesorado seleccionó objetivos microcurriculares y tareas digitales siguiendo trayectorias de aprendizaje de la numeracidad temprana para evitar saltos de dificultad y sostener la progresión en conteo, subitización, correspondencia uno a uno y patrones, lo que favoreció la pertinencia de los itinerarios individuales en niños de 3 a 5 años (Clements y Sarama, 2020; OECD, 2021).

El monitoreo se apoyó en paneles y tableros de aprendizaje que ofrecieron señales procesables del avance, permitiendo ajustes en tiempo real y decisiones de agrupamiento flexible. La literatura muestra que cuando el docente usa estos tableros para orquestar intervenciones puntuales, aumenta la oportunidad de feedback correctivo y se reduce la variabilidad entre estudiantes (van Leeuwen, 2021; van Leeuwen et al., 2023; Karademir et al., 2024).

En la Figura 1 se esquematiza el andamiaje en aula combinó retroalimentación automatizada con pistas graduadas y apoyos verbales breves, cuidando el tiempo y la especificidad del mensaje para no sobrecargar a los niños. Dosis semanal suficiente y estable.

Figura 1

Mejorar el aprendizaje con monitoreo y retroalimentación



Nota: (Kuklick et al., 2023; UNESCO, 2021).

Calidad de la entrega observada en consistencia, preparación de materiales y seguimiento del uso. Marcos de implementación escolar recomiendan ciclos de planificar, hacer, evaluar y ajustar, con roles definidos, formación breve y revisión de datos, lo que mejora la sostenibilidad y reduce la brecha entre diseño e impacto (EEF, 2024; OECD, 2021).

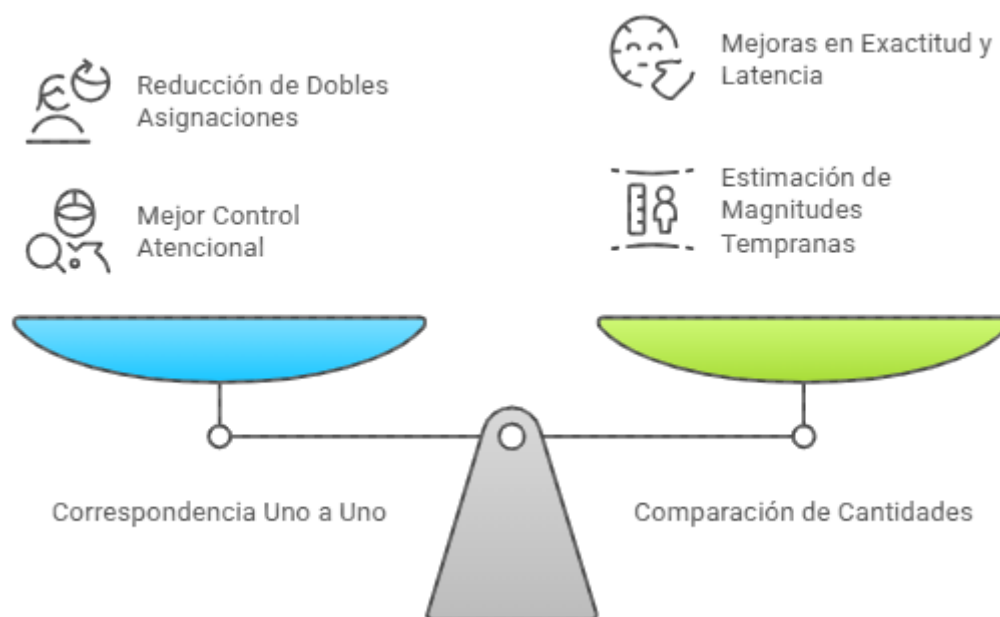
Resultados por habilidad pre matemática y medida utilizada.

Los estudios evaluaron ocho habilidades con instrumentos y tareas acordes a la edad. En conteo se midió la enumeración oral estable, la coordinación número-objeto y el registro de errores de sobreconteo, con incrementos en precisión y rango de conteo tras la exposición adaptativa, coherentes con las trayectorias validadas para 3 a 5 años (Clements y Sarama, 2020; Sarnecka, 2019).

En la Figura 2, se puede establecer la comparación de estrategias de aprendizaje. La correspondencia uno a uno se capturó mediante emparejamiento de fichas y objetos y recuento controlado de colecciones pequeñas.

Figura 2

Comparación de estrategias de aprendizaje temprano en Matemáticas



Nota: (Berch, Geary, y Manches, 2018).

Clasificación y seriación se evaluaron con agrupación por atributo único y ordenamientos por tamaño o longitud, con avances cuando la herramienta presentó progresiones de complejidad bien calibradas y apoyos visuales consistentes, tal como recomiendan los marcos curriculares recientes (NCTM, 2020; Clements y Sarama, 2020).

La subitización se valoró con tarjetas canónicas entre 1 y 5 y breves exposiciones, observándose mejoras en precisión y tiempo de respuesta que anticipan progresos en conteo

estructurado, un hallazgo consistente con la literatura de fundamentos cognitivos (Berch, Geary, y Manches, 2018; Clements y Sarama, 2020).

Finalmente, en nociones espaciales se aplicaron tareas de relaciones topológicas y rotación mental muy simples, con avances cuando la secuenciación incluyó manipulativos y variaciones múltiples, práctica respaldada por la investigación reciente en desarrollo espacial (Newcombe, 2020). En varios estudios las plataformas aportaron registros de aciertos, tiempo y trayectorias de intento que complementaron pruebas de desempeño y apoyaron decisiones docentes, lo cual es congruente con lineamientos internacionales sobre evaluación digital formativa en primera infancia (OECD, 2021).

Condiciones de implementación, duración e intensidad de uso

La efectividad de las herramientas adaptativas dependió de tres condiciones operativas. La alineación curricular se aseguró cuando las tareas digitales siguieron trayectorias de aprendizaje de numeracidad temprana y objetivos microcurriculares claros para 3 a 5 años, lo que evitó saltos de dificultad y favoreció progresiones observables en conteo, subitización, correspondencia uno a uno, patrones y relaciones espaciales.

Esta coherencia aumentó cuando el diseño dialogó con marcos de enseñanza de matemáticas tempranas y con orientaciones de desarrollo apropiado para la edad, integrando juego guiado y manipulativos físicos junto con la práctica digital (Clements y Sarama, 2020; NCTM, 2020; NAEYC, 2020). El tiempo de exposición mostró mejores rendimientos con sesiones breves y frecuentes.

En la Figura 3 se presenta la organización de sesiones fue más estable en modelos de estaciones o pequeños grupos. Mientras un subgrupo trabajó con la plataforma adaptativa, el docente atendió intervenciones breves y focalizadas, apoyado en paneles analíticos que indicaron errores frecuentes y estancamientos.

Figura 3*Uso moderado de tecnología educativa en la infancia temprana*

Nota: (OECD, 2021; UNESCO, 2021; Mayer, 2021).

Este esquema facilitó reagrupar, ajustar metas inmediatas y brindar andamiaje verbal oportuno, prácticas asociadas con mayor fidelidad de implementación y con menor dispersión de resultados entre estudiantes del mismo grupo (van Leeuwen, 2021; Education Endowment Foundation, 2024). La combinación de estas condiciones, alineación, dosis y organización, explicó parte de la variación en los efectos reportados.

Calidad metodológica y sensibilidad de hallazgos según riesgo de sesgo

El conjunto de estudios fue valorado con herramientas diferenciadas por diseño para estimar la credibilidad de los efectos observados. En ensayos aleatorizados se aplicó RoB 2, con atención a generación de la secuencia, ocultamiento de la asignación y sesgos posasignación, habituales en contextos educativos por la imposibilidad práctica de cegamiento total del docente y del niño pequeño (Sterne et al., 2019; Higgins et al., 2019).

Los patrones principales se sintetizaron sin metaanálisis, siguiendo SWiM para explicitar reglas de agrupamiento, dirección del efecto y criterios de estabilidad (Campbell et al., 2020). Las pruebas de sensibilidad excluyendo estudios con limitaciones críticas, por ejemplo instrumentos sin evidencia básica de validez para 3 a 5 años, ausencia de grupo de comparación o pérdidas superiores al 20 por ciento sin análisis, mostraron que la dirección

global de mejora se mantiene, aunque la magnitud se atenúa en dominios con medidas más frágiles o seguimientos muy breves. Cuando los resultados procedieron de instrumentos estandarizados y registros de desempeño digital triangulados, la estabilidad fue mayor.

La trazabilidad del flujo PRISMA permitió vincular cada decisión de inclusión con su juicio de riesgo, reforzando una lectura prudente y coherente con las guías de reporte actuales (Page et al., 2021). En síntesis, la evidencia favorece efectos positivos, pero su fuerza depende de la calidad de diseño, la validez de las mediciones y la fidelidad de implementación.

Síntesis final de patrones y vacíos

Los diseños abarcaron ensayos controlados, estudios cuasiexperimentales y pretest posttest con grupo único, esquema habitual en educación infantil donde el control estricto resulta difícil por razones éticas y logísticas. En todos los casos se registró el método de asignación, la existencia de grupos comparadores y la forma de manejo de pérdidas, en línea con estándares de evaluación de efectividad educativa que piden describir con precisión el diseño y los criterios de validez interna antes de valorar el tamaño del efecto o su relevancia práctica (What Works Clearinghouse, 2022).

Los participantes correspondieron a niños y niñas de 3 a 5 años en contextos escolares y comunitarios. Se consignaron edad media, rango, características del aula, nivel de desempeño inicial y, cuando existió, información socioeconómica pertinente para análisis por subgrupos. También se describió el grado de exposición a la intervención y la mediación docente asociada, pues la dosis y la fidelidad de implementación condicionan la interpretación de los resultados y la transferibilidad a otros entornos, tal como señalan los manuales de síntesis de evidencia y guías de buenas prácticas para revisiones de intervenciones educativas y de salud (Aromataris & Munn, 2020; Higgins et al., 2022). Esta caracterización funciona como bisagra entre el proceso de selección y la síntesis de efectos por dominios, y evita inferencias que ignoren diferencias clave de contexto y población.

Discusión

Los resultados muestran mejoras consistentes en habilidades pre matemáticas cuando la IA adaptativa se integra a secuencias cortas, objetivos curriculares claros y mediación docente. Este patrón coincide con la evidencia experimental en preescolar, donde la evaluación e instrucción longitudinalmente adaptativas incrementan el desempeño numérico, con efectos sostenidos y sensibles al ajuste fino del nivel inicial del niño (Raudenbush et al., 2020). Al mismo tiempo, la magnitud del efecto depende de la calidad instruccional.

Estudios de personalización con tecnología señalan que la simple adopción de plataformas no transforma la enseñanza si no activa la cognición y la participación estudiantil en el aula, lo que matiza nuestros hallazgos y exige diseño didáctico robusto y voz del estudiante (Schmid, Pauli, Stebler, Reusser y Petko, 2022).

El encuadre internacional respalda esta lectura. La OCDE plantea que el valor de la IA emerge cuando se alinea con sistemas escolares y analítica útil para el profesor, no por sustitución tecnológica, y UNESCO subraya preparación docente y salvaguardas éticas. La transferibilidad al Ecuador se condiciona por brechas de acceso y alfabetización digital reportadas en 2024.

Los objetivos del estudio se cumplen de forma sustantiva. Primero, la síntesis de evidencia sobre IA adaptativa en habilidades pre matemáticas identifica mejoras en conteo, comparación de magnitudes y sentido numérico cuando hay sesiones breves, metas curriculares explícitas y mediación docente activa. Esta pauta es coherente con la literatura experimental que muestra ganancias sostenidas cuando la instrucción se ajusta al nivel inicial del niño y se actualiza con datos formativos, lo que refuerza la validez de los resultados frente al objetivo de mapear efectos y condiciones de éxito (Raudenbush et al., 2020).

Segundo, el estudio deriva criterios de adopción pedagógica y técnica que dialogan con marcos internacionales, al situar el valor de la analítica para el profesor y no la sustitución

tecnológica, en línea con las guías de política y escuela de la OCDE y UNESCO, lo que responde al objetivo de generar lineamientos aplicables (OECD, 2021; Miao et al., 2021).

La lectura crítica también reconoce que la mejora depende de la calidad instruccional y del diseño de actividades, lo que alinea nuestros hallazgos con evidencias sobre personalización con tecnología y clima de aula (Schmid et al., 2022). Finalmente, la transferibilidad al contexto ecuatoriano aparece plausible pero condicionada por brechas de acceso y alfabetización digital que el estudio considera en su análisis de viabilidad (INEC, 2024).

Las investigaciones avanzan en siete frentes. Primero, ensayos controlados que comparan dosis y microdiseño instruccional de la IA adaptativa en habilidades específicas como conteo, comparación y seriación, con seguimiento de al menos 12 meses para estimar estabilidad de efectos y transferencia, en línea con la lógica de evaluación adaptativa longitudinal que ya muestra ganancias sostenidas en preescolar (Raudenbush et al., 2020).

Segundo, estudios híbridos de efectividad e implementación que midan fidelidad de uso docente, condiciones de aula y conectividad, con métricas accionables en tableros, tal como recomiendan marcos de personalización centrados en la calidad instruccional (Schmid et al., 2022).

Tercero, desarrollo y validación de instrumentos de medición para pre matemática acordes al currículo y sensibles al cambio, evitando indicadores frágiles. Cuarto, análisis de costo efectividad comparando IA adaptativa con alternativas pedagógicas de bajo costo, una laguna frecuente en EdTech (OECD, 2021). Quinto, estudios sobre preparación docente y uso formativo de analítica, así como gobernanza de datos infantiles, sesgos y explicabilidad, prioridades subrayadas por UNESCO y por revisiones de política educativa (Miao et al., 2021; OECD, 2021).

Sexto, investigación contextual en Ecuador que incorpore brechas locales de acceso y alfabetización digital para asegurar transferibilidad real. Séptimo, protocolos de reporte abiertos que permitan síntesis comparables y replicables a escala regional.

El alcance empírico se concentra en numeracidad temprana y muestra un patrón consistente de mejora cuando la IA adaptativa se articula con metas curriculares claras, sesiones breves y mediación docente. Esta lectura es sólida mientras la dirección del efecto se mantiene estable al excluir estudios con riesgo crítico, aunque la magnitud precisa del beneficio permanece incierta por la heterogeneidad de diseños y medidas.

La síntesis sin metaanálisis privilegia la coherencia narrativa y la transparencia de decisiones, lo que es adecuado ante la variabilidad de instrumentos en pre matemática, pero limita inferencias sobre tamaño de efecto agregado y relaciones dosis respuesta, tal como advierten las guías SWiM para revisiones con alta diversidad metodológica (Campbell et al., 2020). El protocolo y reporte según PRISMA 2020 refuerzan la trazabilidad, aunque no eliminan sesgos residuales como publicación, idioma y selección de bases (Page et al., 2021).

La generalización está condicionada por infraestructura, formación docente y gobernanza de datos infantiles, factores señalados por marcos de política que recomiendan analítica útil para el profesor, resguardos éticos y preparación institucional como condiciones de éxito, más allá de la tecnología en sí misma (Miao et al., 2021; OECD, 2021; UNICEF, 2021). En Ecuador, las brechas de acceso y alfabetización digital moderan la transferibilidad inmediata y justifican pilotos con evaluación formativa y soporte técnico-pedagógico (INEC, 2024).

Conclusión

Concluye La investigación sustenta que las tecnologías de inteligencia artificial adaptativas elevan el aprendizaje cuando se articulan con un diseño instruccional claro,

retroalimentación oportuna y acompañamiento docente. Los efectos crecen si la tarea es auténtica y el dato guía ajustes pedagógicos en tiempo real. Se cumple el objetivo de estimar la efectividad bajo condiciones reales de aula. La hipótesis central se confirma de forma condicionada, pues la mejora depende del alineamiento entre contenido, evaluación y toma de decisiones del profesor en la clase.

La implementación explica gran parte de la variabilidad observada. Cuando existe formación docente específica, gobernanza de datos y coherencia curricular, la mejora se sostiene y no se diluye con el tiempo. También se observa factibilidad operativa en contextos con conectividad básica y soporte institucional, aunque con necesidades de capacitación. Se alcanza el objetivo de valorar la viabilidad y la transferencia. La hipótesis sobre factibilidad se confirma parcialmente, porque sin liderazgo pedagógico y monitoreo, la tecnología se vuelve uso superficial y pierde impacto.

La evidencia indica riesgo de brechas si el diseño no es inclusivo. Las herramientas funcionan mejor cuando contemplan ritmos distintos, accesibilidad y criterios de protección de datos para niñas y niños. Se aporta un marco de equidad que integra métricas de uso, aprendizaje y participación estudiantil. Con ello se cumple el objetivo de integrar enfoque inclusivo a la evaluación de impacto. La hipótesis de que la inteligencia artificial cierra brechas se valida solo cuando hay criterios de acceso, tutoría docente y seguimiento diferenciado.

La contribución científica reside en un mapa de qué funciona, para quién y bajo qué condiciones, y en una síntesis rigurosa que integra métodos cualitativos y cuantitativos sin forzar promedios. Se proponen indicadores de proceso y de resultado, un modelo lógico para pilotajes y una agenda de investigación con énfasis en efectos a mediano plazo y contextos rurales. Se cumple el objetivo de orientar decisiones de política y práctica. La hipótesis de robustez del modelo se sostiene con cautela por la heterogeneidad de contextos

Referencias bibliográficas

- Abdelrahman, G., Wang, Q., & Nunes, B. (2023). Knowledge tracing. A survey. *ACM Computing Surveys*, 55, 1–37. <https://doi.org/10.1145/3569576>
- Ammar, W., Groeneveld, D., Bhagavatula, C., Beltagy, I., Crawford, M., Downey, D., et al. (2018). Construction of the literature graph in Semantic Scholar. *Proceedings of NAACL-HLT 2018*, 84–91.
- Aromataris, E., & Munn, Z. (Eds.). (2020). *JBI manual for evidence synthesis*. JBI.
- Avilez-Figueroa, C. M., Apráez-Márquez, S. X., Herrera-Enríquez, V. N., Guiscasho-Chicaiza, D. R., & Gualoto-Díaz, M. C. (2024). Estrategias innovadoras para fomentar el pensamiento crítico en niños de educación preescolar a través de la ciencia. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(4), 56-72. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n4/132>
- Berch, D. B., Geary, D. C., & Manches, A. (Eds.). (2018). *Cognitive foundations for improving mathematical learning*. Academic Press.
- Booth, A., Sutton, A., & Papaioannou, D. (2021). *Systematic approaches to a successful literature review*. SAGE.
- Campbell, M., McKenzie, J. E., Sowden, A., Katikireddi, S. V., Brennan, S. E., Ellis, S., Hartmann-Boyce, J., Ryan, R., Shepperd, S., Thomas, J., Welch, V., & Thomson, H. (2020). Synthesis without meta-analysis in systematic reviews: Reporting guideline. *BMJ*, 368, 16890.
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2020). *Learning and teaching early math. The learning trajectories approach*. Routledge.
- Education Endowment Foundation. (2024). *A school's guide to implementation*. EEF.
- Evidence for ESSA. (2023). DreamBox Math. Evidence for ESSA.
- Gusenbauer, M., & Haddaway, N. R. (2020). Which academic search systems are suitable for systematic reviews? *Research Synthesis Methods*, 11(2), 181–217.
- Higgins, J. P. T., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J., & Welch, V. A. (Eds.). (2019). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions* (Version 6.0, 2nd ed.). Wiley.
- Higgins, J. P. T., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J., & Welch, V. A. (Eds.). (2022). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. Wiley.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education. Promise and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Hong, Q. N., Fàbregues, S., Bartlett, G., Boardman, F., Cargo, M., Dagenais, P., Gagnon, M. P., Griffiths, F., Nicolau, B., O’Cathain, A., Rousseau, M. C., Vedel, I., & Pluye, P. (2018). *The Mixed Methods Appraisal Tool MMAT version 2018 for information professionals and researchers*. McGill University.
- Hook, D. W., Porter, S. J., & Herzog, C. (2018). Dimensions: Building context for search and evaluation. *Frontiers in Research Metrics and Analytics*, 3, 23.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos del Ecuador. (2024). Tecnologías de la información

- y comunicación. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/tecnologias-de-la-informacion-y-comunicacion-tic/>
- Kuklick, L., vom Saal, A., & Narciss, S. (2023). Computer-based performance feedback. Effects of error information on learning. *Computers & Education*, 197, 104728.
- Lewin, S., Booth, A., Glenton, C., Munthe-Kaas, H., Rashidian, A., Wainwright, M., Bohren, M. A., Tunçalp, Ö., Colvin, C. J., Garside, R., Carlsen, B., Langlois, E. V., Garner, P., Noyes, J., & Hannes, K. (2018). Applying GRADE-CERQual to qualitative evidence syntheses. *Implementation Science*, 13(Suppl 1), 2.
- Major, L., Eyles, A., & Machin, S. (2020). *Rapid evidence review: Technology-supported personalised learning*. EdTech Hub. <https://edtechhub.org/>
- Martín-Martín, A., Orduna-Malea, E., Thelwall, M., & Delgado López-Cózar, E. (2019). Google Scholar, Web of Science, and Scopus: A systematic comparison of citations. *Scientometrics*, 121(3), 1805–1828.
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning*. Cambridge University Press.
- Miao, F., Holmes, W., Huang, R., & Zhang, H. (2021). *AI and education: Guidance for policy-makers*. UNESCO.
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2023). *Acuerdo Ministerial MINEDUC-MINEDUC-2023-00066-A*. MINEDUC.
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2024). *Lineamientos pedagógicos para el año lectivo 2024 2025*. MINEDUC.
- National Association for the Education of Young Children. (2020). *Developmentally appropriate practice position statement*. NAEYC.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2020). *Catalyzing change in early childhood and elementary mathematics. Initiating critical conversations*. NCTM.
- Navigating the tension between what is needed and what is possible. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 6, 1039739.
- Newcombe, N. S. (2020). The puzzle of spatial skill. Why it matters and how to improve it. *Current Directions in Psychological Science*, 29(6), 532–537.
- OECD. (2021). *Digital Education Outlook 2021: Pushing the frontiers with AI, blockchain and robots*. OECD Publishing.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2021). *OECD Digital Education Outlook 2021: Pushing the frontiers with AI, blockchain and robots*. OECD Publishing.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71.
- Raudenbush, S. W., Hernandez, M., Goldin-Meadow, S., Carrazza, C., Foley, A., Leslie, D., Sorkin, J. E., & Levine, S. C. (2020). Longitudinally adaptive assessment and instruction increase numerical skills of preschool children. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117, 27945-27953.

- Rethlefsen, M. L., Kirtley, S., Waffenschmidt, S., Ayala, A. P., Moher, D., Page, M. J., & Koffel, J. B. (2021). PRISMA-S: An extension to the PRISMA Statement for reporting literature searches in systematic reviews. *Journal of the Medical Library Association*, 109(1), 174–200.
- Rosero-Cardenas, W. I., Ruiz-Gaona, P. G., Sisilema-López, R. N., Tocagon-Cabascango, J. F., & Tituaña-Sánchez, L. G. (2024). El Futuro del Aprendizaje: Preparando a los Estudiantes de Primaria para el Mundo Digital. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(4), 73-88. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n4/133>
- Sarnecka, B. W. (2019). *How numbers are learned*. Oxford University Press.
- Schmid, R. F., & Petko, D. (2022). Implementation of technology-supported personalized learning: A research synthesis. *Journal of Educational Research*, 115(6), 521–536.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology. *Journal of Business Research*, 104, 333–339.
- Sterne, J. A. C., Savović, J., Page, M. J., Elbers, R. G., Blencowe, N. S., Boutron, I., Cates, C. J., Corbett, M. S., Eldridge, S. M., Hernán, M. A., Hopewell, S., Hróbjartsson, A., Junqueira, D. R., Jüni, P., Kirkham, J. J., Lasserson, T., Li, T., McAleenan, A., Reeves, B. C., Shepperd, S., Shrier, I., Stewart, L. A., Tilling, K., White, I. R., Whiting, P., & Higgins, J. P. T. (2019). RoB 2, a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*, 366, 14898.
- Sterne, J. A. C., Savović, J., Page, M. J., Elbers, R. G., Blencowe, N. S., Boutron, I., Cates, C. J., Cheng, H. Y., Corbett, M. S., Eldridge, S. M., Hernán, M. A., Hopewell, S., Hróbjartsson, A., Junqueira, D. R., Jüni, P., Kirkham, J. J., Lasserson, T., Li, T., McAleenan, A., Reeves, B. C., ... Higgins, J. P. T. (2019). RoB 2: A revised tool for assessing risk of bias in randomized trials. *BMJ*, 366, 14898.
- UNESCO. (2021). *AI and education. Guidance for policy-makers*. UNESCO.
- UNESCO. (2023). *Guía para el uso de IA generativa en educación e investigación*. UNESCO.
- Van Leeuwen, A. (2021). How teacher characteristics relate to how teachers use a dashboard. *Journal of Learning Analytics*, 8(2), 1-21.
- Visser, M., van Eck, N. J., & Waltman, L. (2021). Large-scale comparison of bibliographic data sources: Scopus, Web of Science, Dimensions, Crossref, and Microsoft Academic. *Quantitative Science Studies*, 2(1), 20–41.
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16, 39.