

Uso de Recursos Educativos Abiertos en la Enseñanza de la Matemática: Una Revisión Sistemática

Alfredo Agustín Carrera Quimí¹

¹Universidad César Vallejo (UCV), Piura, Perú

acarreraq@ucvvirtual.edu.pe | <https://orcid.org/0000-0001-6417-1616>

Correspondencia: acarreraq@ucvvirtual.edu.pe

Resumen: La enseñanza de la matemática constituye uno de los mayores desafíos pedagógicos del bachillerato, dada la complejidad y abstracción de los contenidos y la diversidad de estilos de aprendizaje, y en este escenario los Recursos Educativos Abiertos (REA) se configuran como una herramienta pedagógica valiosa aún en construcción. El objetivo fue sistematizar la evidencia científica disponible sobre el uso de los REA en la enseñanza de la matemática en bachillerato. Se empleó un método inductivo, un enfoque cualitativo y un diseño documental-bibliográfico de revisión sistemática, siguiendo los lineamientos PRISMA 2020. La búsqueda se ejecutó en Scopus, Web of Science, SciELO y Dialnet, con criterios de elegibilidad por temática, población, idioma, cronología (2020-2025), tipo de documento y acceso. De 273 registros identificados se incluyeron finalmente seis estudios. Los REA identificados incluyen applets interactivos de GeoGebra, materiales de aula invertida, videos didácticos, cuestionarios conceptuales y hojas de trabajo autoexplicativas; los diseños metodológicos se enmarcaron mayoritariamente en investigación-acción con ciclos iterativos y en métodos mixtos secuenciales explicativos. Los docentes valoraron los recursos por su adaptabilidad, claridad y alineación curricular, mientras los estudiantes obtuvieron mejoras en comprensión, retención y participación; no obstante, los desafíos reportados (falta de tiempo, limitaciones tecnológicas, escaso apoyo institucional) condicionaron la implementación y sostenibilidad de los REA. Se concluye que estos recursos son herramientas pedagógicas prometedoras para la enseñanza de la matemática en bachillerato, aunque su adopción sostenida depende de condiciones institucionales y de formación docente continua.

Palabras clave: recursos educativos abiertos; enseñanza de las matemáticas; docentes; bachillerato; revisión sistemática.

Código de clasificación UNESCO: 5801.07 - Métodos pedagógicos.

Clasificación OCDE-FOS: 5.3 - Ciencias de la educación.

Use of Open Educational Resources in Mathematics Teaching: A Systematic Review

Abstract: Mathematics teaching constitutes one of the greatest pedagogical challenges in high school, given the complexity and abstraction of the content and the diversity of learning styles; in this context, Open Educational Resources (OER) emerge as a valuable, still-evolving pedagogical tool. The purpose was to systematize the available scientific evidence on the use of OER in high school mathematics teaching. An inductive method, a qualitative approach, and a documentary-bibliographic systematic review design were employed, following the PRISMA 2020 guidelines. The search was carried out in Scopus, Web of Science, SciELO, and Dialnet, with eligibility criteria based on topic, population, language, time frame (2020-2025), document type, and access. Of 273 records identified, six studies were ultimately included. The OER identified include interactive GeoGebra applets, flipped-classroom materials, instructional videos, conceptual questionnaires, and self-explanatory worksheets; the methodological designs were mostly framed within action research with iterative cycles and explanatory sequential mixed methods. Teachers valued the resources for their adaptability, clarity, and curricular alignment, while students showed improvements in comprehension, retention, and participation; however, the reported challenges (lack of time, technological limitations, and limited institutional support) constrained the implementation and sustainability of OER. It is concluded that these resources are promising pedagogical tools for high school mathematics teaching, although their sustained adoption depends on institutional conditions and ongoing teacher training.

Keywords: open educational resources; mathematics teaching; teachers; high school; systematic review.

UNESCO Classification Code: 5801.07 - Pedagogical methods.

OECD-FOS Classification: 5.3 - Educational sciences.

Uso de Recursos Educacionais Abertos no Ensino da Matemática: uma Revisão Sistemática

Resumo: O ensino da matemática constitui um dos maiores desafios pedagógicos do ensino médio, dada a complexidade e a abstração dos conteúdos e a diversidade de estilos de aprendizagem; nesse cenário, os Recursos Educacionais Abertos (REA) configuram-se como uma ferramenta pedagógica valiosa, ainda em construção. O objetivo foi sistematizar a evidência científica disponível sobre o uso dos REA no ensino da matemática no ensino médio. Empregou-se um método indutivo, uma abordagem qualitativa e um delineamento documental-bibliográfico de revisão sistemática, seguindo as diretrizes do PRISMA 2020. A busca foi realizada em Scopus, Web of Science, SciELO e Dialnet, com critérios de elegibilidade por temática, população, idioma, cronologia (2020-2025), tipo de documento e acesso. De 273 registros identificados, foram incluídos finalmente seis estudos. Os REA identificados incluem applets interativos do GeoGebra, materiais de sala de aula invertida, vídeos didáticos, questionários conceituais e fichas de trabalho autoexplicativas; os delineamentos metodológicos enquadraram-se majoritariamente em pesquisa-ação com ciclos iterativos e em métodos mistos sequenciais explicativos. Os docentes valorizaram os recursos por sua adaptabilidade, clareza e alinhamento curricular, enquanto os estudantes obtiveram melhorias na compreensão, retenção e participação; contudo, os desafios relatados (falta de tempo, limitações tecnológicas, apoio institucional escasso) condicionaram a implementação e a sustentabilidade dos REA. Conclui-se que esses recursos são ferramentas pedagógicas promissoras para o ensino da matemática no ensino médio, embora sua adoção sustentada dependa de condições institucionais e de formação docente contínua.

Palavras-chave: recursos educacionais abertos; ensino da matemática; docentes; ensino médio; revisão sistemática.

Código de Classificação UNESCO: 5801.07 - Métodos pedagógicos.

Classificação OCDE-FOS: 5.3 - Ciências da educação.

Cómo citar este artículo:

Carrera, A. A. (2026). Uso de Recursos Educativos Abiertos en la Enseñanza de la Matemática: Una Revisión Sistemática. *Revista Scientific*, 11(Ed. Esp. 1), 130–146. <https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2026.11.e1.9.130-146>

Fecha de Recepción:
21-08-2025

Fecha de Aceptación:
28-12-2025

Fecha de Publicación:
05-02-2026

1. Introducción

En los últimos años, la incorporación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) ha transformado la educación, especialmente en las prácticas pedagógicas, bajo enfoques y herramientas que facilitan el proceso de enseñanza. Entre las innovaciones, los Recursos Educativos Abiertos (REA) se han convertido en una fuente abierta y en un agente alternativo para apoyar y transformar este proceso en las distintas áreas del conocimiento (Cheung et al., 2023; Weller et al., 2015; Baas et al., 2019), puesto que ofrecen a los docentes la posibilidad de acceder, adaptar y compartir materiales sin restricciones con los estudiantes. Al respecto, Hilton et al. (2019) indican que el uso de los REA no solo está asociado con el ahorro económico, sino también con la flexibilidad curricular y la capacidad para diseñar experiencias ajustadas a las necesidades de cada clase.

Los REA se han utilizado cada vez más en diversos entornos educativos a nivel mundial, incluyendo Filipinas, para brindar una educación de calidad y promover modalidades flexibles (Enriquez, 2023; Rolfe, 2012). Asimismo, la literatura científica ha registrado que la integración de estos recursos favorece la innovación pedagógica y la diversificación de estrategias docentes, contribuyendo directamente a ambientes más participativos y equitativos (Cho & Permzadian, 2024; Harvey & Bond, 2022; Baas et al., 2019; Hassler et al., 2014). No obstante, la efectividad de estos recursos en la enseñanza aún presenta resultados heterogéneos, dado que dependen en gran medida de la capacidad docente para integrarlos en su planificación didáctica y de las condiciones institucionales de apoyo (Tlili et al., 2025; Mtebe & Raisamo, 2014; Alshammari, 2023).

La enseñanza implica un proceso integral que abarca la selección, adaptación, diseño, implementación y evaluación de tareas. Esta concepción reconoce al docente no solo como ejecutor de actividades, sino como un diseñador o colaborador activo en la construcción de experiencias de aprendizaje (Weigand et al., 2024; Vale & Barbosa, 2023). En este marco, la enseñanza de la

matemática impartida por el docente adquiere un rol esencial tanto en la formación profesional como en la vida cotidiana del estudiante, al potenciar habilidades clave como la toma de decisiones, la planificación, el pensamiento lógico y la resolución de problemas (Romero et al., 2021; Engelbrecht & Borba, 2024; Anderson et al., 2014). Desde esta perspectiva, la disciplina matemática y la manera en que es enseñada se convierten en elementos fundamentales para preparar al estudiantado frente a los desafíos y situaciones complejas del mundo actual.

En la educación de bachillerato general, la enseñanza de la matemática representa uno de los mayores retos pedagógicos, dada la complejidad de los contenidos y la diversidad de estilos de aprendizaje que presentan los estudiantes. En este escenario, aunque los REA se configuran como una herramienta valiosa, su implementación sigue siendo un campo en construcción. Metaanálisis y revisiones han reportado efectos positivos, aunque de magnitud pequeña, y han señalado además que los resultados varían según el contexto educativo y la disciplina (Cho & Permzadian, 2024; Tlili et al., 2023; Fung et al., 2021). En el caso particular de la matemática en bachillerato, la literatura disponible refleja experiencias aisladas, pero carece de una sistematización rigurosa que permita extraer conclusiones sólidas sobre su impacto en las prácticas docentes y sobre los factores que favorecen o limitan su adopción.

Para orientar esta sistematización se adoptó el marco PEO (Población, Exposición, Resultado): Población = docentes y estudiantes de bachillerato; Exposición = uso de Recursos Educativos Abiertos en la enseñanza de la matemática; Resultado = tipos de REA empleados, características metodológicas de los estudios y hallazgos reportados sobre su implementación. A partir de este marco se formuló la pregunta de investigación que orienta la revisión: ¿cuál es la evidencia científica disponible sobre los tipos, las características metodológicas y los principales resultados del uso de Recursos Educativos Abiertos en

la enseñanza de la matemática en el nivel de bachillerato?.

La presente investigación tiene como finalidad sistematizar la evidencia científica disponible sobre el uso de Recursos Educativos Abiertos (REA) en la enseñanza de la matemática. Para cumplir con este propósito se establecieron los siguientes objetivos específicos: (1) identificar los tipos de REA empleados para la enseñanza de las matemáticas en los niveles de bachillerato, (2) describir las características metodológicas que se emplearon en las publicaciones relacionadas con los REA en la enseñanza de las matemáticas en los niveles de bachillerato, y (3) determinar los principales resultados reportados en los estudios sobre REA en la enseñanza de las matemáticas en los niveles de bachillerato.

En este contexto, resulta pertinente llevar a cabo una revisión sistemática que integre la evidencia empírica sobre el uso de REA en la enseñanza de la matemática en el nivel de bachillerato, pues esta revisión permitirá identificar los tipos, las características metodológicas y los principales hallazgos de los REA en dicho nivel. De esta manera, el estudio busca contribuir al campo de la investigación educativa mediante una síntesis organizada y crítica que facilite la comprensión del uso de estos recursos, la identificación de limitaciones de estudio y la sugerencia de nuevas líneas de investigación.

2. Metodología

El presente estudio se desarrolló como una revisión sistemática que permitió la localización, selección y síntesis de la evidencia científica disponible sobre el uso de los REA en la enseñanza de las matemáticas en el nivel de bachillerato. Se empleó un método inductivo, que partió del análisis de casos particulares reportados en la literatura para identificar patrones generales sobre el tipo de recurso, el diseño metodológico y los resultados; un enfoque cualitativo, coherente con el propósito de sistematizar y comparar hallazgos textuales antes que de estimar medidas de

efecto agregadas (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018); y un diseño documental-bibliográfico de tipo revisión sistemática, que facilitó el análisis detallado de los artículos seleccionados mediante la descripción de los tipos de REA, las características metodológicas y los principales resultados en los niveles de bachillerato (Grant & Booth, 2009).

El proceso de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de los estudios se estructuró en cuatro fases (planificación y selección de palabras clave, búsqueda en bases de datos, acceso a los documentos y tratamiento de la información), en línea con los lineamientos de reporte PRISMA 2020 (Page et al., 2021) y con las orientaciones metodológicas de Kitchenham y Charters (2007) y Higgins et al. (2024) para revisiones sistemáticas.

2.1. Protocolo y Registro

La presente revisión no fue registrada de manera pública en PROSPERO antes de iniciar la búsqueda. Esta decisión responde a que el diseño se orientó a una sistematización cualitativa de alcance descriptivo sobre los tipos, las características metodológicas y los hallazgos reportados en la literatura, sin plantear una estimación agregada de efectos ni una comparación de intervenciones que ameritara un protocolo predefinido de las características que PROSPERO exige, plataforma orientada primordialmente al registro de revisiones con desenlaces relacionados con la salud humana, ámbito distinto al de la presente revisión educativa. No obstante, la ausencia de un registro público constituye una limitación reconocida de la presente revisión, en la medida en que reduce la transparencia previa del proceso frente a lectores y pares evaluadores; esta limitación se retoma en la Discusión. El proceso de selección y análisis se documentó de forma interna siguiendo el flujo PRISMA 2020 (Page et al., 2021), descrito en las subsecciones siguientes y representado en la figura 1.

2.2. Criterios de Elegibilidad

Los criterios de elegibilidad se definieron a partir

del marco PEO: Población (P) = docentes y estudiantes de bachillerato; Exposición (E) = uso de Recursos Educativos Abiertos en la enseñanza de la matemática; Resultado (O) = tipos de REA, características metodológicas y principales hallazgos reportados. A partir de este marco se establecieron los criterios de inclusión y exclusión presentados en la Tabla 1, que consideran la temática, la población, el idioma de publicación, la cronología, el tipo de documento y el tipo de acceso.

A continuación, en la tabla 1 se presentan los criterios de elegibilidad aplicados en el proceso de selección de los estudios.

Tabla 1. Criterios de Elegibilidad para la Selección de Estudios.

Criterios	Inclusión	Exclusión
Temática	REA y enseñanza de las matemáticas	REA y la enseñanza o aprendizaje de las matemáticas en otras asignaturas
Población	Docentes y estudiantes de bachillerato	Docentes y estudiantes de otros niveles educativos
Idioma	Español - Inglés	No español - No inglés
Cronología	2020 - 2025	< 2020
Tipo de documento	Artículo	Conferencia, Libro, Capítulo de libro, Reseña
Acceso	Abierto	Restringido

Nota. Fuente: Carrera (2025).

La tabla 1 muestra que los criterios de inclusión se centraron en estudios sobre REA aplicados específicamente a la enseñanza de las matemáticas con docentes o estudiantes de bachillerato, publicados en español o inglés entre 2020 y 2025, en formato de artículo científico y de acceso abierto o con texto completo disponible. Se excluyeron, en cambio, los estudios centrados en REA aplicados a otras asignaturas o niveles educativos, publicados en idiomas distintos al español o inglés, anteriores a 2020, o correspondientes a conferencias, libros, capítulos de libro o reseñas, así como aquellos de acceso restringido. Este conjunto de criterios permitió delimitar un corpus temáticamente homogéneo y comparable entre sí.

2.3. Fuentes de Información

La búsqueda se ejecutó en cuatro bases de datos:

Scopus y Web of Science (WoS), por su cobertura de literatura indexada de alto impacto en educación y tecnología educativa, y SciELO y Dialnet, como fuentes complementarias de literatura iberoamericana en acceso abierto. La combinación de estas cuatro fuentes permitió ampliar el alcance geográfico y editorial de los documentos recuperados. La fecha exacta de corte de la búsqueda no quedó registrada de forma explícita en el protocolo original del autor. Lo único que puede establecerse con certeza a partir de la composición del corpus final es que la búsqueda se ejecutó en algún momento posterior al 6 de mayo de 2025, fecha de publicación del estudio incluido más reciente (Omoniyi et al., 2025); no es posible precisar, a partir de la evidencia disponible, la fecha exacta de cierre de la búsqueda. Esta imprecisión se reconoce explícitamente como limitación en la Discusión.

2.4. Estrategia de Búsqueda

Para el proceso de planificación y selección de las palabras clave, se delimitaron los descriptores en español e inglés “Recursos Educativos Abiertos / *Open Educational Resources*” y “Enseñanza de las matemáticas / *Mathematics education*” a partir de la consulta en el Tesauro de la UNESCO, lo que garantizó el uso de terminología estandarizada y normalizada y permitió encontrar la mayor cantidad de información relevante al superar las limitaciones del lenguaje natural. A partir de estos descriptores se construyó la siguiente ecuación general de búsqueda, con operadores booleanos AND/OR y agrupación mediante paréntesis para evitar ambigüedad lógica: (“Recursos Educativos Abiertos” OR “*Open Educational Resources*”) AND (“Enseñanza de las matemáticas” OR “*Mathematics education*”).

Esta ecuación general se adaptó a la sintaxis de campos propia de cada base de datos, sin modificar los descriptores originales: en Scopus, *TITLE-ABS-KEY*((“open educational resources”) AND (“mathematics education”)); en Web of Science, *TS*((“open educational resources”) AND (“mathematics education”)); y en

SciELO y Dialnet, mediante los campos de búsqueda por título, resumen y palabras clave disponibles en cada plataforma, con los filtros de idioma (español, inglés) y cronología (2020-2025) aplicados directamente en la interfaz de búsqueda. A partir de este procedimiento se exportaron los documentos en formato RIS y se procedió a importarlos al programa Covidence para filtrar y seleccionar únicamente los artículos que cumplieron con los criterios de elegibilidad de la tabla 1.

2.5. Proceso de Selección de Estudios

El proceso de selección se estructuró en cuatro fases, siguiendo el flujo PRISMA 2020 (Page et al., 2021) representado en la figura 1. En la fase de identificación se recopilaron 273 registros provenientes de las cuatro bases de datos (Scopus, Web of Science, SciELO y Dialnet). Tras eliminar 8 referencias duplicadas mediante las herramientas de detección de Covidence, se procedió a la fase de cribado de 265 registros por título y resumen, de los cuales 77 fueron excluidos por no ajustarse a la temática o población definidas.

En la fase de evaluación de elegibilidad se analizaron a texto completo 188 documentos, de los cuales 182 fueron excluidos por no cumplir alguno de los criterios establecidos en la tabla 1 (población, idioma, cronología, tipo de documento o acceso). Finalmente, en la fase de inclusión, 6 estudios cumplieron con la totalidad de los criterios y fueron incorporados a la síntesis. El proceso de cribado y selección fue realizado por el autor de manera individual, sin un segundo revisor independiente; esta condición unipersonal se reconoce como una limitación metodológica, en la medida en que incrementa el riesgo de sesgo de selección, y se retoma en la Discusión.

2.6. Extracción de Datos

Respecto a la fase de acceso a los documentos, los manuscritos incluidos en la revisión sistemática son de acceso libre o presentan texto completo disponible. Este proceso resultó importante, dado que acceder a la fuente donde se encuentra indexado cada artículo permitió leer la producción completa de los

investigadores y extraer, mediante un formulario no estandarizado de registro, los siguientes datos: título, autor y año, tipo de recurso, objetivo, diseño metodológico, muestra y resultados y conclusiones, con la finalidad de sistematizar los hallazgos (véase Tabla 2). La extracción fue realizada por el autor de forma individual, sin verificación cruzada por un segundo extractor, lo que constituye una limitación adicional en términos de consistencia de la extracción y se reconoce como tal en la Discusión.

En cuanto al método de síntesis, dado que los seis estudios incluidos presentan diseños metodológicos heterogéneos (investigación-acción, métodos mixtos) y no reportan medidas de efecto comparables entre sí, se optó por una síntesis narrativa de tipo temático, que agrupa los hallazgos por tipo de recurso, características metodológicas y resultados reportados, en lugar de un meta-análisis. Por esta misma razón no se aplicó un sistema formal de certeza de la evidencia (GRADE), dado que este sistema fue diseñado para síntesis de efecto agregado; en su lugar, el nivel de confianza de los hallazgos se calibra de forma cualitativa según el número y la naturaleza de los estudios que respaldan cada afirmación, y se evita cualquier lenguaje que sugiera una certeza estadística no respaldada por el diseño de la revisión.

2.7. Evaluación de la Calidad y Riesgo de Sesgo

Con la intención de garantizar la calidad y pertinencia de los estudios incluidos, los seis documentos se sometieron a la evaluación de dos expertos que cumplieron los siguientes criterios: (a) poseer el grado de Doctor en Ciencias de las Matemáticas o en Educación con mención en Matemática, (b) contar con publicaciones científicas vinculadas al objeto de estudio, y (c) acreditar una experiencia mínima de cinco años en la enseñanza a nivel de bachillerato. Tras el proceso de revisión por juicio experto, los evaluadores concluyeron que los artículos científicos analizados presentan una calidad metodológica adecuada para los fines de la síntesis,

alcanzando puntuaciones de consenso superiores al 75% en los criterios evaluados (claridad del objetivo, coherencia entre diseño y resultados, transparencia del procedimiento y pertinencia de las conclusiones). Cabe precisar que esta evaluación correspondió a un juicio experto estructurado y no a la aplicación de un instrumento estandarizado de riesgo de sesgo (p. ej., *Mixed Methods Appraisal Tool - MMAT* o *Newcastle-Ottawa*); esta ausencia de una herramienta validada constituye una limitación metodológica que se reconoce explícitamente y se retoma en la Discusión, donde también se recomienda su aplicación en futuras actualizaciones de esta síntesis.

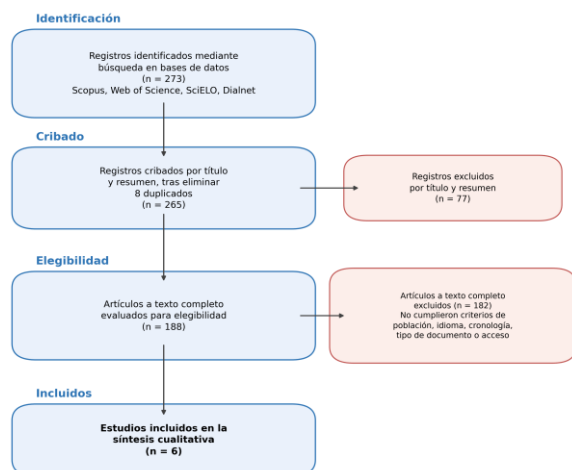
3. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir del proceso de búsqueda y selección, correspondientes a los seis estudios que cumplieron con la totalidad de los criterios de elegibilidad establecidos en la tabla 1.

3.1. Selección de Estudios

De acuerdo con el proceso de búsqueda y selección, se presenta el diagrama de flujo que documenta el número de registros identificados, cribados, evaluados para elegibilidad e incluidos en la síntesis final.

Figura 1. Diagrama de Flujo (Adaptado) del Proceso de Identificación e Inclusión de Fuentes.



Nota. Fuente: Carrera (2025); Diagrama adaptado del flujo de identificación e inclusión de fuentes del formato PRISMA 2020, basado en Page et al. (2021).

La figura 1 ilustra que, de los 273 registros identificados en las cuatro bases de datos consultadas (Scopus, Web of Science, SciELO y Dialnet), se eliminaron 8 duplicados y se cribaron 265 registros por título y resumen, de los cuales 77 fueron excluidos por no ajustarse a la temática o población definidas. De los 188 documentos evaluados a texto completo para su elegibilidad, 182 fueron excluidos por incumplir alguno de los criterios de la tabla 1, principalmente por tratarse de estudios centrados en asignaturas distintas a la matemática, en niveles educativos diferentes al bachillerato, o por no cumplir el criterio de acceso. Finalmente, 6 estudios cumplieron con la totalidad de los criterios y fueron incorporados a la síntesis cualitativa, un tamaño de corpus reducido que, si bien es coherente con la especificidad de los criterios de elegibilidad aplicados, limita el alcance de las conclusiones generales.

3.2. Características de los Estudios Incluidos

A continuación, en la tabla 2 se presenta la sistematización de la evidencia científica disponible sobre el uso de Recursos Educativos Abiertos (REA) en la enseñanza de la matemática, con el título, la autoría, el tipo de recurso, el diseño metodológico, la muestra y los principales resultados de cada uno de los seis estudios incluidos.

Tabla 2. Estudios Incluidos en la Síntesis sobre el Uso de Recursos Educativos Abiertos en la Enseñanza de la Matemática.

Título	Autor y año	Tipo de recurso	Diseño	Muestra	Resultados y conclusiones
Diseño de recursos educativos abiertos basados en andamiaje en la enseñanza de la matemática de secundaria en China: hallazgos de una evaluación formativa multicíclica	Huang et al. (2024)	Applets interactivos desarrollados con GeoGebra, integrando estrategias de andamiaje (scaffolding), diseñados para cubrir temas del currículo de secundaria (construcciones geométricas y lugares geométricos).	Diseño iterativo con tres ciclos de mejora. En cada ciclo se evalúan los REA con docentes para ajustar contenido, formato y apoyos (revisión formativa, entrevistas y encuestas).	40 docentes de secundaria en China, distribuidos en los tres ciclos de evaluación.	Mejora progresiva y estadísticamente significativa en la calidad percibida de los REA entre ciclos. Los docentes valoraron positivamente el andamiaje y la utilidad en el aula (100 % de satisfacción docente). Se generaron 86 applets interactivos alineados al currículo.
Desarrollo sostenible y evaluación formativa de recursos educativos abiertos de matemáticas creados por	Lo et al. (2024)	Materiales digitales compuestos por applets de GeoGebra, cuestionarios de verificación conceptual y notas de aprendizaje,	Estudio de investigación-acción con dos ciclos. En el ciclo 1: diseño y desarrollo de REA y evaluación formativa por docentes; en el	Docentes: 34 (ciclo 1), 9 (ciclo 2). Estudiantes: 35 de undécimo grado (tras excluir a 1 por puntuación	Mejora significativa entre pretest y postest (mediana 2,0 a 10,0) y retención del aprendizaje tras dos semanas

Título	Autor y año	Tipo de recurso	Diseño	Muestra	Resultados y conclusiones
docentes en formación: un estudio de investigación n-acción		elaborados en colaboración con docentes en formación.	ciclo 2, además, se aplican pruebas pre-post y post-diferida con estudiantes.	atípica en el pretest).	(postest diferido con mediana 11,0). Los docentes valoraron los REA como útiles y efectivos, y el modelo se consideró viable y de bajo costo para su escalamiento anual.
Mejora de la aceptación de los Recursos Educativos Abiertos por parte de docentes de K-12 mediante prácticas educativas abiertas: una indagación de métodos mixtos	Tang et al. (2021)	Recursos Educativos Abiertos en general, diseñados con enfoque en prácticas educativas abiertas (Open Educational Practices, OEP), específicamente el uso de tareas renovables (renewable assignments); el estudio no declara especificidad disciplinar en matemáticas (†).	Estudio mixto secuencial explicativo: fase cuantitativa (modelo de aceptación tecnológica, pretest-postest) seguida de una fase cualitativa.	68 docentes en formación de posgrado en tecnología educativa (K-12); 54 completaron las mediciones de pretest y postest.	Mejora significativa en facilidad de uso percibida ($Z = 2,68$; $p = ,01$) y en autoeficacia ($Z = 2,54$; $p = ,01$); sin cambios significativos en utilidad percibida ni en intención de uso. Cualitativamente se reportó mayor confianza y actitud positiva, con barreras de tiempo, falta de experiencia previa y de apoyo institucional.
Exploración de los factores que influyen en el uso de Recursos Educativos Abiertos por parte de docentes de K-12	Kuo et al. (2024)	Recursos Educativos Abiertos (REA) en general para la enseñanza en educación K-12; el estudio no declara especificidad disciplinar en matemáticas (†).	Estudio mixto (cuantitativo y cualitativo) mediante encuesta aplicada a docentes de K-12 matriculados en un curso de posgrado en tecnología educativa; análisis estadístico con SPSS.	23 docentes de K-12 en el noreste de Estados Unidos (69,6 % mujeres; 52,2 % con 1-5 años de experiencia docente; 56,5 % con alto dominio tecnológico autopercebido).	Percepción general positiva hacia los REA. La facilidad de uso y la utilidad percibida son predictores significativos de la intención de adopción. Entre los desafíos identificados se encuentran la falta de capacitación específica en REA, dudas sobre su calidad y alineación curricular, y la falta de soporte técnico institucional.
Desarrollo de recursos de aprendizaje invertido para apoyar la enseñanza de la matemática de secundaria durante la pandemia de COVID-19	Lo et al. (2023)	Materiales dinámicos interactivos (dynamic courseware) y videos instructivos, de acceso abierto.	Diseño instruccional iterativo en tres ciclos, con evaluación docente mediante entrevistas semiestructuradas y retroalimentación escrita, y encuesta evaluativa (métodos mixtos).	34 docentes de matemáticas de secundaria en Hong Kong, distribuidos en los tres ciclos de mejora.	Los docentes identificaron una necesidad sustancial de este tipo de REA y señalaron mejoras necesarias en claridad, nivel de dificultad y guías de uso, así como interés en incorporar cuestionarios interactivos en futuras versiones. Concluyen que estos recursos resultan útiles en contextos de emergencia como la pandemia.
Experiencias docentes con el aula invertida en la enseñanza de la matemática	Omoniyi et al. (2025)	Videos didácticos (creados por los propios docentes y de YouTube), lecturas y hojas de	Enfoque mixto secuencial explicativo: cuestionario cuantitativo aplicado primero, seguido de	8 docentes de matemáticas de 4 escuelas secundarias en Nigeria, todos con	Valoración general positiva del modelo (media combinada de 3,98/5). Mejora en la participación

Título	Autor y año	Tipo de recurso	Diseño	Muestra	Resultados y conclusiones
de bachillerato		trabajo, compartidos por WhatsApp, correo electrónico o Bluetooth.	entrevistas semiestructuradas cualitativas. Duración de la implementación: 10 semanas.	más de 10 años de experiencia y formación profesional acreditada.	estudiantil y en el desarrollo del pensamiento crítico. Se identificaron necesidades de apoyo tecnológico y formación, así como limitaciones de acceso, manejo del tiempo y cumplimiento de tareas previas por parte del estudiantado.

Nota. Fuente: Carrera (2025); Los estudios de Tang et al. (2021) y Kuo et al. (2024) analizan el uso de Recursos Educativos Abiertos en educación K-12 de forma general, sin especificidad disciplinar declarada en matemáticas; se incluyeron por su pertinencia temática a la adopción docente de REA, lo que se reconoce como limitación en la Discusión. Fuente: elaboración propia del autor a partir de los seis estudios incluidos.

La tabla 2 muestra que los seis estudios incluidos se concentran en tres contextos geográficos principales: China y Hong Kong (Huang et al., 2024; Lo et al., 2024; Lo et al., 2023), Estados Unidos (Kuo et al., 2024) y Nigeria (Omoniyi et al., 2025), lo que representa una concentración relevante en el sudeste asiático (3 de 6 estudios, 50 %) que se retoma como limitación de representatividad geográfica en la Discusión.

En cuanto al tamaño muestral, se observa una amplia variabilidad, desde 8 docentes (Omoniyi et al., 2025) hasta 68 docentes (Tang et al., 2021), a la que se suman muestras de estudiantes en los dos estudios que aplicaron mediciones de aprendizaje (Lo et al., 2024: 35 estudiantes; ningún otro estudio incluyó mediciones directas de rendimiento estudiantil).

En lo relativo al tipo de recurso, se distinguen tres grupos de igual tamaño: dos estudios documentan REA de manipulación geométrica basados en GeoGebra (Huang et al., 2024; Lo et al., 2024); dos estudios documentan REA de tipo audiovisual y textual asociados al modelo de aula invertida, como materiales dinámicos y videos instructivos (Lo et al., 2023; Omoniyi et al., 2025); y dos estudios documentan REA de alcance más general orientados a la aceptación y adopción tecnológica docente, como tareas renovables y recursos K-12 sin especificidad disciplinar (Kuo et al., 2024). Cabe precisar que los estudios de Tang et al. (2021) analiza el

uso de REA en educación K-12 sin especificidad disciplinar declarada en matemáticas, lo que se marca en la tabla 2 y se retoma como limitación en la Discusión.

3.3. Evaluación de la Calidad

La evaluación de la calidad metodológica de los seis estudios incluidos se realizó mediante juicio de dos expertos con grado de Doctor en Ciencias de las Matemáticas o en Educación con mención en Matemática, publicaciones científicas vinculadas al objeto de estudio y una experiencia mínima de cinco años en la enseñanza a nivel de bachillerato. Los seis estudios alcanzaron puntuaciones de consenso superiores al 75 % en los criterios de claridad del objetivo, coherencia entre diseño y resultados, transparencia del procedimiento y pertinencia de las conclusiones, lo que respalda su inclusión en la síntesis.

No obstante, esta evaluación no se apoyó en un instrumento estandarizado de riesgo de sesgo como el *Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT)*, adecuado para la heterogeneidad de diseños cuantitativos, cualitativos y mixtos presente en este corpus), por lo que los resultados de calidad reportados deben interpretarse como una valoración experta estructurada y no como una puntuación de riesgo de sesgo estandarizada; los estudios que no reportaron todos los elementos evaluables (por ejemplo, características muestrales detalladas) se valoraron de forma más conservadora en este consenso. Esta limitación se retoma en la sección 4.

3.4. Síntesis de Resultados

A continuación, se desarrolla la síntesis temática de los seis estudios incluidos, en la que se contrastan y articulan sus hallazgos para identificar patrones comunes y matices relevantes para la enseñanza de la matemática en el nivel de bachillerato.

3.4.1. Tipos de REA Empleados para la Enseñanza de las Matemáticas

Entre los Recursos Educativos Abiertos que destaca la literatura científica en la enseñanza de las matemáticas se observa una variedad que responde a

diversas necesidades pedagógicas. En uno de los estudios se señalan los applets interactivos desarrollados en GeoGebra para representar visualmente conceptos complejos de geometría y lugares geométricos (Huang et al., 2024). Otro estudio destaca el uso de materiales digitales compuestos por cuestionarios conceptuales, applets y notas de aprendizaje, elaborados en colaboración con docentes en formación, lo que favorece la creación de un modelo sostenible de REA (Lo et al., 2024). Asimismo, se identificaron recursos diseñados bajo el modelo de aula invertida (*flipped classroom*), que incluyen materiales dinámicos interactivos y videos instructivos, en el caso de Lo et al. (2023), y videos didácticos, lecturas y hojas de trabajo, en el caso de Omoniyi et al. (2025).

Por su parte, Tang et al. (2021) documentan tareas renovables y prácticas educativas abiertas orientadas a fomentar la aceptación y la autoeficacia docente frente a los REA, mientras que Kuo et al. (2024) documentan REA de uso general en educación K-12; ninguno de los dos estudios declara especificidad disciplinar en matemáticas, lo que amplía el panorama de adopción docente más allá del aula de matemáticas propiamente dicha. Por su parte, en contextos con limitaciones de conectividad, los REA como videos didácticos, lecturas y hojas de trabajo compartidas por WhatsApp, correo electrónico o Bluetooth demostraron que se adaptan ante la falta de presencialidad educativa (Omoniyi et al., 2025; Gqoli, 2024; Li, 2023; Yahya et al., 2021; Dhakal, 2023).

Al comparar los seis estudios entre sí, se aprecia una diferenciación clara según la función pedagógica del recurso: los REA de manipulación geométrica (GeoGebra) predominan en los estudios de origen chino y de Hong Kong (Huang et al., 2024; Lo et al., 2024), orientados a la visualización de conceptos abstractos; los REA de tipo audiovisual y textual (videos, lecturas, hojas de trabajo) predominan en los estudios de aula invertida (Lo et al., 2023; Omoniyi et al., 2025), orientados a reubicar el tiempo de instrucción directa fuera del aula; y los REA de alcance más general (tareas renovables,

recursos K-12 sin especificidad disciplinar) aparecen en los estudios centrados en la aceptación y adopción tecnológica docente más que en el contenido matemático específico (Tang et al., 2021; Kuo et al., 2024). Esta diferenciación sugiere que el tipo de REA adoptado responde tanto al contenido matemático abordado como a la etapa de madurez tecnológica del contexto educativo en que se implementa.

3.4.2. Características Metodológicas

En términos metodológicos, estudios como los de Huang et al. (2024), Lo et al. (2023) adoptaron diseños de investigación-acción, con ciclos de mejora sucesivos en los que los REA son evaluados bajo la percepción de los docentes y ajustados según retroalimentación. Por otra parte, en los artículos de Tang et al. (2021), Omoniyi et al. (2025) y Kuo et al. (2024) se evidenció el uso de métodos mixtos secuenciales explicativos, en los que se integraron pruebas cuantitativas (pretest, posttest, pruebas de retención) y análisis cualitativos mediante entrevistas o cuestionarios abiertos, lo que permitió valorar tanto el impacto en el aprendizaje como la percepción docente en la enseñanza de contenidos relacionados con las matemáticas. Respecto a la muestra, las seis investigaciones consideraron a docentes en ejercicio y en formación, mientras que solo Lo et al. (2024) aplicó instrumentos tanto a docentes como a estudiantes, lo que ofrece una doble perspectiva sobre la pertinencia y aplicabilidad de los REA en el aula.

Al contrastar el tamaño de las muestras con el tipo de diseño empleado, se observa que los estudios de investigación-acción tienden a trabajar con muestras docentes más amplias mientras evalúan y ajustan el recurso (entre 34 y 40 docentes en Huang et al., 2024, y Lo et al., 2023), en tanto que los estudios de métodos mixtos orientados a medir aceptación o adopción tecnológica manejan muestras más reducidas o más específicas de un contexto institucional particular (23 docentes en Kuo et al., 2024; 8 docentes en Omoniyi et al., 2025). Esta diferencia es coherente con el propósito de cada diseño: los ciclos de investigación-acción

priorizan la retroalimentación iterativa sobre el recurso mismo, mientras que los estudios de aceptación tecnológica priorizan la profundidad del análisis de percepción sobre un grupo más acotado de docentes.

3.4.3. Principales Resultados del Uso de los REA

Los principales hallazgos coinciden en que el uso de REA en la enseñanza de las matemáticas favorece una mejor comprensión de los conceptos abstractos y complejos propios de la disciplina. Entre ellos, la incorporación de applets interactivos con andamiaje permitió a los docentes guiar de manera progresiva la resolución de problemas geométricos, lo que resultó en una mayor claridad conceptual y en la percepción de utilidad de los recursos en el aula (Huang et al., 2024). De manera similar, la implementación de materiales digitales variados, entre ellos cuestionarios conceptuales y notas de aprendizaje, fue valorada positivamente en aspectos de utilidad y efectividad por los docentes, dado que se registraron mejoras significativas en los puntajes entre pruebas diagnósticas y finales, además de mantenerse los aprendizajes adquiridos en las evaluaciones de retención aplicadas a los estudiantes (Lo et al., 2024).

En el caso de los modelos de aula invertida, los docentes reportaron un interés sostenido en fortalecer la participación, el pensamiento crítico y la autonomía de los estudiantes de la asignatura de matemáticas, al trasladar la explicación de contenidos al trabajo autónomo y aprovechar el tiempo de clase para actividades prácticas y colaborativas (Lo et al., 2023; Omoniyi et al., 2025; Fung et al., 2021). En otro estudio, los REA fueron valorados por su alineación con el currículo de matemáticas, facilidad de uso y potencial para enriquecer las estrategias pedagógicas (Kuo et al., 2024). Sin embargo, también se identificaron desafíos como la falta de tiempo para diseñar y adaptar materiales, la carencia de infraestructura tecnológica y el escaso apoyo institucional, que limitaron la plena implementación y restringieron la continuidad y sostenibilidad de estas prácticas en la enseñanza (Tang

et al., 2021).

Al diferenciar los resultados por tipo de recurso, se observa un patrón consistente: los REA de manipulación directa (applets GeoGebra) se asocian principalmente con mejoras en la comprensión conceptual y la claridad explicativa, mientras que los REA de reorganización del tiempo de clase (aula invertida) se asocian principalmente con mejoras en la participación y el pensamiento crítico, y los REA orientados a la aceptación tecnológica (tareas renovables, prácticas educativas abiertas) se asocian principalmente con cambios actitudinales en la autoeficacia docente, más que con mediciones directas de aprendizaje estudiantil. Esta diferenciación por tipo de efecto reportado es coherente con el propósito original de cada diseño de estudio y sugiere que la elección del tipo de REA debería alinearse con el objetivo pedagógico específico que se busca fortalecer (comprensión conceptual, participación activa, o adopción tecnológica docente), en lugar de asumirse como intercambiables entre sí.

La evidencia disponible enfatiza que los REA en matemáticas no solo mejoran los resultados académicos, sino que también impulsan procesos cognitivos clave como el razonamiento lógico, la visualización geométrica y la resolución de problemas, consolidándose como una herramienta pedagógica con potencial de adaptación para la enseñanza de la disciplina en el nivel de bachillerato (Anderson et al., 2014; Kurepa et al., 2019; Vale & Barbosa, 2023). No obstante, dado que el corpus analizado incluye únicamente seis estudios, estas afirmaciones se formulan en términos de tendencias observadas y evidencia preliminar, y no como conclusiones generalizables de manera estadística.

4. Discusión

El propósito de la revisión fue sistematizar la evidencia científica sobre el uso de Recursos Educativos Abiertos en la enseñanza de la matemática en el nivel de bachillerato, con atención a los tipos de recursos, las características metodológicas y los principales resultados reportados. En respuesta a este propósito, los

seis estudios incluidos destacan una preferencia marcada por REA multimodales: applets interactivos (principalmente desarrollados en GeoGebra), materiales para aula invertida (videos y materiales dinámicos), cuestionarios conceptuales y recursos orientados a la aceptación tecnológica docente. Estos tipos de recursos aportan tres ventajas para la enseñanza en bachillerato: (1) visualización y manipulación dinámica de conceptos abstractos mediante GeoGebra, (2) reubicación del tiempo de clase hacia actividades aplicadas mediante el modelo de aula invertida, y (3) posibilidad de diseño iterativo y contextualizado por parte de los propios docentes mediante investigación-acción.

La evidencia externa confirma y amplía estos aportes. Investigaciones sobre GeoGebra y modelos instruccionales activos reportan mejoras en la comprensión conceptual y la retención (Sebsibe & Abdella, 2025; Hidayat et al., 2023; Engelbrecht & Borba, 2024), lo que corrobora los resultados positivos identificados en la presente síntesis. En el ámbito iberoamericano, Marín et al. (2024), en una revisión sobre gamificación como estrategia innovadora para el desarrollo del razonamiento analítico en la enseñanza de matemáticas, documentan hallazgos convergentes respecto al potencial de las herramientas digitales activas para fortalecer procesos cognitivos matemáticos, lo que sitúa los hallazgos de la presente revisión dentro de una línea de evidencia regional consistente.

Asimismo, revisiones sistemáticas y meta-análisis sobre aula invertida en matemáticas señalan aumentos en participación y rendimiento cuando el diseño instruccional y las guías son sólidas (Egara & Mosimege, 2024; Kilavuz, 2024; Fung et al., 2021; Wong & Wong, 2019; Wong & Wong, 2021). Por tanto, la convergencia entre la presente síntesis y estas revisiones previas indica que los applets y los recursos para aula invertida tienen potencial didáctico real en bachillerato cuando se articulan con buenas prácticas de diseño y apoyo docente.

No obstante, existen matices relevantes: dos meta-análisis recientes de alcance amplio sobre REA en

general (no restringidos a matemáticas) muestran que los efectos promedio en el aprendizaje tienden a ser pequeños y altamente heterogéneos (Cho & Permzadian, 2024; Tlili et al., 2023; Fung et al., 2021). Esta comparación con revisiones sistemáticas previas de mayor escala matiza los hallazgos positivos de los seis estudios aquí sintetizados: mientras que los tipos de recurso identificados aportan posibilidades pedagógicas claras (visualización, interacción, flexibilidad), su impacto en la enseñanza depende críticamente de cómo se integren en la planificación y de las condiciones contextuales (formación docente, tiempo disponible, infraestructura tecnológica). Dicho de otro modo, los recursos en sí aportan herramientas con potencial pedagógico, pero sin integración docente y apoyos institucionales sus beneficios tienden a diluirse (Kuo et al., 2024; Tang et al., 2021).

Por otra parte, algunos estudios en contextos de recursos limitados evidenciaron adaptaciones creativas, como la distribución de videos y materiales vía WhatsApp (Omoniyi et al., 2025; Gqoli, 2024; Li, 2023; Yahya et al., 2021; Dhakal, 2023), lo que señala que la viabilidad de ciertos tipos de REA no se restringe a entornos con alta conectividad, siempre que se diseñen versiones offline o de bajo ancho de banda. Este hallazgo amplía la discusión internacional al mostrar que la selección del tipo de recurso debe considerar el contexto socio-tecnológico para maximizar su aporte didáctico, un matiz que las revisiones de alcance global citadas anteriormente no siempre diferencian por región.

En cuanto a los diseños observados en los estudios incluidos, se aprecian dos tendencias predominantes: (1) investigación-acción o diseño iterativo (Huang et al., 2024; Lo et al., 2024; Lo et al., 2023), orientada a co-diseñar y validar recursos con docentes, y (2) métodos mixtos (Tang et al., 2021; Kuo et al., 2024; Omoniyi et al., 2025), que combinan medidas cuantitativas (pre-post, retención) con análisis cualitativos de percepción docente. La literatura comparada valida el valor de ambos enfoques: los diseños iterativos son especialmente adecuados para

asegurar la pertinencia curricular y la usabilidad de los REA en contextos escolares, mientras que estudios de mayor alcance y de diseño cuasi-experimental o experimental, con grupos de control, ofrecerían estimaciones causalmente más robustas sobre los efectos en la enseñanza. La comparación revela, por tanto, una complementariedad: los diseños iterativos y mixtos son esenciales para producir REA contextualmente relevantes y con aceptación docente, pero la evidencia acumulada sugiere la necesidad de complementarlos con diseños comparativos y experimentales a mayor escala que permitan evaluar la eficacia relativa y la reproducibilidad de los resultados en diferentes regiones y contenidos matemáticos.

Con relación a la utilidad pedagógica y la percepción docente, los estudios revisados reportan de forma consistente que los docentes valoran los REA por su adaptabilidad y por facilitar explicaciones visuales y secuenciadas (Huang et al., 2024; Kuo et al., 2024). Esta percepción coincide con estudios contemporáneos que documentan una disposición favorable entre profesores de matemática hacia REA, condicionada por la formación y el soporte institucional (Freeman et al., 2022; Tang et al., 2021; Baas et al., 2019; Rolfe, 2012). No obstante, algunas investigaciones a mayor escala evidencian que la intención de uso no siempre se traduce en adopción sostenida sin incentivos institucionales ni asignación de tiempo (Cho & Permzadian, 2024; Mtebe & Raisamo, 2014; Alshammari, 2023). Es decir, existe coherencia entre la percepción positiva y los resultados prácticos reportados, pero la traducción hacia un uso sostenido depende de factores estructurales que exceden la voluntad individual del docente, lo que confirma la premisa planteada en la Introducción según la cual el docente actúa como diseñador activo de experiencias de aprendizaje, pero requiere condiciones institucionales que hagan viable ese rol.

Con relación al efecto en las prácticas docentes, los estudios incluidos mostraron que estrategias como el aula invertida y el andamiaje (*scaffolding*) facilitan clases más activas y orientadas a la resolución de problemas

(Lo et al., 2023; Huang et al., 2024). Revisiones y meta-análisis recientes sobre aula invertida en matemáticas confirman estas mejoras en participación y en ciertas medidas de rendimiento, pero también advierten sobre la variabilidad según la calidad del material y el cumplimiento del trabajo autónomo por parte del estudiantado (Egara & Mosimege, 2024; Kilavuz, 2024; Fung et al., 2021; Wong & Wong, 2019; Wong & Wong, 2021). Esto destaca que los hallazgos positivos de la presente síntesis son consistentes con la literatura internacional, aunque la magnitud y persistencia de los efectos requieren condiciones de implementación favorables (guías claras, seguimiento de tareas previas, soporte tecnológico).

De igual manera, los desafíos reportados (falta de tiempo para adaptar materiales, escaso apoyo institucional, carencias tecnológicas) coinciden con la mayoría de los estudios sobre adopción de REA en educación secundaria y superior (Tang et al., 2021; Kuo et al., 2024; Freeman et al., 2022; Mtebe & Raisamo, 2014; Zafirova-Malcheva et al., 2024). La evidencia internacional revisada enfatiza que las barreras no son únicamente tecnológicas, sino también organizacionales y formativas. En contextos con políticas de apoyo y repositorios institucionales, la adopción y sostenibilidad mejoran de manera significativa (Lo et al., 2024; Weller et al., 2015).

Un patrón que merece atención específica es la unanimidad direccional de los hallazgos: los seis estudios incluidos reportan, sin excepción, valoraciones y efectos favorables hacia los REA analizados, sin que ninguno documente resultados neutros o negativos. Esta unanimidad, si bien puede reflejar un beneficio pedagógico genuino de los recursos estudiados, también es consistente con un posible sesgo de publicación, en la medida en que los estudios con resultados nulos o desfavorables tienden a publicarse con menor frecuencia en la literatura indexada; dado el tamaño reducido del corpus ($n = 6$), no fue posible aplicar pruebas estadísticas de asimetría (como el funnel plot o la prueba de Egger) para evaluar este sesgo de manera formal, por lo que se

declara como una limitación explícita de la presente revisión.

En la misma línea, la concentración geográfica de los estudios incluidos (3 de 6, 50 %, en China y Hong Kong) constituye una limitación de representatividad que condiciona la generalización de los hallazgos a otros contextos educativos y culturales, particularmente a sistemas educativos latinoamericanos con condiciones de infraestructura y formación docente distintas a las del sudeste asiático. De manera similar, la inclusión de Tang et al. (2021) y Kuo et al. (2024), dos estudios que analizan REA de uso general en educación K-12 sin especificidad disciplinar declarada en matemáticas, introduce una limitación de especificidad temática que debe considerarse al interpretar sus hallazgos como evidencia directa sobre la enseñanza de la matemática y no únicamente sobre la adopción docente de REA en general; ambos estudios se incorporaron a la síntesis por su pertinencia temática directa a la pregunta de investigación sobre adopción y uso docente de REA, aun cuando ninguno reporte aplicación explícita en el aula de matemáticas.

En cuanto a las limitaciones metodológicas del proceso de revisión, se reconocen las siguientes: (a) la ausencia de registro público en PROSPERO, que reduce la transparencia previa del protocolo frente a lectores y pares evaluadores; (b) la realización del proceso de cribado, selección y extracción de datos por un único revisor, sin verificación cruzada por un segundo evaluador, lo que incrementa el riesgo de sesgo de selección y de extracción; (c) la evaluación de la calidad metodológica mediante juicio experto estructurado, sin la aplicación de un instrumento estandarizado de riesgo de sesgo como el MMAT, lo que limita la comparabilidad de esta evaluación con revisiones que sí emplean herramientas validadas; (d) el tamaño reducido del corpus final ($n = 6$), que limita la capacidad de generalización de los hallazgos y obliga a interpretar los resultados como indicativos más que concluyentes; (e) la heterogeneidad metodológica y la predominancia de diseños contextuales y de pequeña escala, que dificultan

estimaciones precisas del impacto promedio, tal como también señalan los meta-análisis previos citados en esta discusión; y (f) la reconstrucción razonada, no registrada literalmente por el autor, de la fecha de corte de la búsqueda, que introduce un grado de incertidumbre sobre la exhaustividad de la cobertura documental en el tramo final del periodo considerado.

Por consiguiente, se sugiere la realización de estudios futuros: (a) con mayor escala y con diseños comparativos controlados en contextos de secundaria; (b) evaluaciones longitudinales que midan sostenibilidad y cambios reales en las prácticas docentes; (c) estudios que desagreguen efectos por tipo de recurso y por contenidos matemáticos específicos (álgebra, geometría, cálculo), para identificar qué recursos funcionan mejor en cada contenido; y (d) revisiones que apliquen un instrumento estandarizado de riesgo de sesgo y un registro previo del protocolo, para fortalecer la transparencia y reproducibilidad de futuras actualizaciones de esta síntesis.

A partir de los hallazgos, en términos prácticos, la evidencia sugiere implicaciones concretas para las autoridades y los centros educativos con niveles ofertados en bachillerato: (a) diseñar programas de formación docente específicos para integrar REA en la planificación y evaluación de la enseñanza matemática; (b) crear repositorios y guías curriculares que faciliten la localización y adaptación de recursos alineados al currículo de bachillerato; (c) asignar tiempo y reconocimiento a la tarea docente de adaptar y co-crear REA; y (d) promover políticas institucionales que garanticen el acceso tecnológico y el apoyo técnico necesario (Zafirova-Malcheva et al., 2024; Meletioun-Mavrotheris & Prodromou, 2016).

5. Conclusiones

En respuesta al objetivo planteado, la presente revisión sistematiza la evidencia científica disponible sobre el uso de Recursos Educativos Abiertos en la enseñanza de las matemáticas en el nivel de bachillerato, a partir del análisis de seis estudios que cumplieron los

criterios de elegibilidad establecidos. Los hallazgos sugieren que estos recursos constituyen herramientas pedagógicas con potencial para facilitar la comprensión de conceptos abstractos, fortalecer la participación activa y apoyar el desarrollo de habilidades como el pensamiento crítico y la resolución de problemas entre los estudiantes de bachillerato, si bien el tamaño reducido del corpus analizado exige interpretar estos hallazgos como tendencias indicativas y no como conclusiones generalizables de manera estadística.

En relación con los tipos de REA, los hallazgos confirman que su pertinencia responde tanto al contenido matemático abordado como al propósito pedagógico perseguido: los recursos de manipulación dinámica resultan más adecuados cuando el objetivo es la visualización de conceptos abstractos, los recursos de reorganización del tiempo de clase cuando el propósito es fortalecer la participación y el trabajo autónomo, y los recursos de alcance más general cuando la meta es promover la aceptación y la autoeficacia tecnológica docente como condición previa a la adopción. Esta diferenciación sugiere que no existe un REA óptimo de forma universal, sino una correspondencia entre el tipo de recurso y el objetivo pedagógico específico que se busca fortalecer en cada momento de la enseñanza.

En referencia a la caracterización metodológica, los estudios revisados muestran dos enfoques predominantes: los diseños de investigación-acción o iterativos, orientados a co-diseñar y validar los REA junto con los docentes, y los métodos mixtos, que combinan mediciones cuantitativas con análisis cualitativos de percepción docente. Ambos enfoques resultaron complementarios más que excluyentes, y ninguno de los estudios incluidos aplicó un diseño experimental o cuasi-experimental con grupo de control, lo que constituye una brecha metodológica identificada en el campo.

Los principales hallazgos indican que el uso de REA se asocia con una mejor comprensión conceptual, con la retención del aprendizaje y con la participación estudiantil, y que estrategias como el aula invertida y el andamiaje (*scaffolding*) facilitan clases más activas y

centradas en la resolución de problemas. Sin embargo, desafíos como la falta de tiempo, la escasa formación docente específica y las limitaciones tecnológicas condicionan la implementación efectiva y sostenida de estos recursos. La evidencia sintetizada sugiere que, para maximizar los beneficios de los REA, resulta necesario combinar recursos pedagógicos de calidad con apoyo institucional, formación docente continua y políticas que fomenten su integración en el currículo de matemáticas del bachillerato.

Entre las brechas de conocimiento que persisten se encuentran la escasa evidencia experimental o cuasi-experimental con grupos de control, la limitada desagregación de resultados por contenido matemático específico (álgebra, geometría, cálculo), y la concentración geográfica del corpus disponible, que deja subrepresentados contextos como el latinoamericano. Se recomienda que futuras investigaciones incorporen diseños comparativos controlados, evaluaciones longitudinales sobre sostenibilidad de la adopción, instrumentos estandarizados de evaluación de riesgo de sesgo, y análisis diferenciados por tipo de recurso y por contenido matemático, con el fin de fortalecer la base de evidencia disponible para orientar decisiones curriculares e institucionales sobre el uso de REA en la enseñanza de la matemática en bachillerato.

6. Referencias

- Alshammari, S. H. (2023). Critical factors affecting students' intention to adopt technology-enhanced learning. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 11(2), 542–553. <https://doi.org/10.46328/ijemst.3206>
- Anderson, O. R., Love, B. C., & Tsai, M.-J. (2014). Neuroscience perspectives for science and mathematics learning in technology-enhanced learning environments. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12, 467–474. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9540-2>
- Baas, M., Admiraal, W., & van den Berg, E. (2019). Teachers' adoption of open educational resources in higher education. *Journal of Interactive Media in Education*, 2019(1), Article 9. <https://doi.org/10.5334/jime.510>
- Cheung, S. K. S., Wong, B. T. M., & Li, K. C. (2023). Perceived usefulness of open educational resources: Impact of switching to online learning for face-to-face and distance learners. *Frontiers in Psychology*, 13, Article 1004459. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1004459>
- Cho, K. W., & Permzadian, V. (2024). The impact of open educational resources on student achievement: A meta-analysis. *International Journal of Educational Research*, 126, Article 102365. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2024.102365>
- Dhakal, B. P. (2023). Digital pedagogy for self-paced learning in mathematics education. *Journal of Mathematics Education*, 5(1), 1–14. <https://doi.org/10.3126/jme.v5i1.60846>
- Egara, F. O., & Mosimege, M. (2024). Effect of flipped classroom learning approach on mathematics achievement and interest among secondary school students. *Education and Information Technologies*, 29, 8131–8150. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12145-1>
- Engelbrecht, J., & Borba, M. C. (2024). Recent developments in using digital technology in mathematics education. *ZDM–Mathematics Education*, 56, 281–292. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01530-2>
- Enriquez, K. (2023). The use of open educational resources (OERs) among mathematics teachers in public secondary schools. *East African Scholars Journal of Education, Humanities and Literature*, 6(9), 434–446. <https://doi.org/10.36349/easjehl.2023.v06i09.006>
- Freeman, A., Tang, H., & Geary, J. (2022). Understanding mathematics instructors' perceptions of OER: A mixed methods study. *Journal of Open Educational Resources in Higher Education*, 1(1), 145–162. <https://doi.org/10.13001/joerhe.v1i1.7147>
- Fung, C.-H., Besser, M., & Poon, K.-K. (2021). Systematic literature review of flipped classroom in mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(6), Article em1974. <https://doi.org/10.29333/ejmste/10900>
- Gqoli, N. (2024). Digital technologies for mathematics learning in rural higher education: Students' perspectives. *Research in Social Sciences and Technology*, 9(1), 265–278. <https://doi.org/10.46303/ressat.2024.15>
- Grant, M. J., & Booth, A. (2009). A typology of reviews: An analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information & Libraries Journal*, 26, 91–108. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>
- Harvey, P., & Bond, J. (2022). The effects and implications of using open educational resources in secondary schools. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 23(2), 107–119. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v22i3.5293>
- Hassler, B., Hennessy, S., Knight, S., & Connolly, T. (2014). Developing an open resource bank for interactive teaching of STEM: Perspectives of school teachers and teacher educators. *Journal of Interactive Media in Education*, 2014(1), Article 9. <https://doi.org/10.5334/2014-09>

- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial McGraw-Hill Education.
- Hidayat, R., Kamarazan, N. A., Nasir, N., & Ayub, A. F. M. (2023). The effect of GeoGebra software on achievement and engagement among secondary school students. *Malaysian Journal of Mathematical Sciences*, 17(4), 611–627. <https://doi.org/10.47836/mjms.17.4.06>
- Higgins, J., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M., & Welch, V. (Eds.). (2024). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. (version 6.5). Cochrane.
- Hilton, J., Larsen, R., Wiley, D., & Fischer, L. (2019). Substituting open educational resources for commercial curriculum materials: Effects on student mathematics achievement in elementary schools. *Research in Mathematics Education*, 21(1), 60–76. <https://doi.org/10.1080/14794802.2019.1573150>
- Huang, X., Lo, C. K., He, J., Xu, S., & Kinshuk (2024). Scaffolding-informed design of open educational resources in Chinese secondary school mathematics: Insights from multi-cycle formative evaluation. *Smart Learning Environments*, 11, Article 49. <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00337-2>
- Kilavuz, F. (2024). Exploring research trends in the implementation of the flipped classroom model in educational research: A review of literature. *Pedagogical Research*, 9(3), Article em0216. <https://doi.org/10.29333/pr/14730>
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering* (Technical Report EBSE-2007-01). Keele University and Durham University Joint Report.
- Kuo, Y. C., Kuo, Y. T., & Tseng, H. (2024). Exploring the factors that influence K-12 teachers' use of open educational resources. *Education Sciences*, 14(3), Article 276. <https://doi.org/10.3390/educsci14030276>
- Kurepa, A., Roop, J. P., & Edoh, K. (2019). Changing students' perception of mathematics through active learning. *International Journal of Education*, 11(1), 29-39. <https://doi.org/10.5296/ije.v11i1.13983>
- Li, X. (2023). An investigation into secondary school-age learners' out-of-class (community and home-based settings) STEM learning experience with digital technology. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 30(3), 141–148. https://doi.org/10.1564/tme_v30.3.4
- Lo, C. K., Cheung, K. L., Chan, H. R., & Chau, C. L. E. (2023). Developing flipped learning resources to support secondary school mathematics teaching during the COVID-19 pandemic. *Interactive Learning Environments*, 31(8), 4787–4805. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1981397>
- Lo, C. K., Ng, F., & Cheung, K. L. (2024). Sustainable development and formative evaluation of mathematics open educational resources created by pre-service teachers: An action research study. *Smart Learning Environments*, 11, Article 23. <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00311-y>
- Marín, E. J., & Rodas, J. P. (2024). Gamificación en la enseñanza de matemáticas como estrategia innovadora para el desarrollo del razonamiento analítico. *Revista Científica*, 9(Ed. Esp. 4), 61–82. <https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2024.9.E4.3.61-82>
- Meletiou-Mavrotheris, M., & Prodromou, T. (2016). Pre-service teacher training on game-enhanced mathematics teaching and learning. *Technology, Knowledge and Learning*, 21, 379–399. <https://doi.org/10.1007/s10758-016-9275-y>
- Mtebe, J. S., & Raisamo, R. (2014). Challenges and instructors' intention to adopt and use open educational resources in higher education in Tanzania. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 15(1), 249–271. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v15i1.1687>
- Omoniyi, A. A., Jita, L. C., & Jita, T. (2025). Teachers' experiences with flipped classrooms in senior secondary mathematics instruction. *Computers*, 14(5), Article 180. <https://doi.org/10.3390/computers14050180>
- 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>
- Rolfe, V. (2012). Open educational resources: Staff attitudes and awareness. *Research in Learning Technology*, 20, Article 14395. <https://doi.org/10.3402/rlt.v20i0.14395>
- Romero, D., Montes, N., Barquero, S., Aloy, P., Ferrer, T., Granell, M., & Millán, M. (2021). Exploria, a new way to teach maths at university level as part of everything. *Mathematics*, 9(10), Article 1082. <https://doi.org/10.3390/math9101082>
- Sebsibe, A. S., & Abdella, N. M. (2025). The effect of GeoGebra integrated instruction on students' learning of the quadratic function concept. *F1000Research*, 14, 1-22. <https://doi.org/10.12688/f1000research.163113.1>
- Tang, H., Lin, Y. J., & Qian, Y. (2021). Improving K-12 teachers' acceptance of open educational resources by open educational practices: A mixed methods inquiry. *Educational Technology Research and Development*, 69, 3209–3232. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-10046-z>
- Tlili, A., Garzón, J., Salha, S., Huang, R., Xu, L., Burgos, D., ... Wiley, D. (2023). Are open educational resources (OER) and practices (OEP) effective in improving learning achievement?. A meta-analysis and research synthesis. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, Article 54. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00424-3>
- Tlili, A., Zhang, X., Lampropoulos, G., Salha, S., Garzón, J., Bozkurt, A., ... Burgos, D. (2025). Uncovering the black box effect of open educational resources

- (OER) and practices (OEP): A meta-analysis and meta-synthesis from the perspective of activity theory. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12, Article 504. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04644-y>
- Vale, I., & Barbosa, A. (2023). Active learning strategies for an effective mathematics teaching and learning. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 11(3), 573–588. <https://doi.org/10.30935/scimath/13135>
- Weigand, H. G., Trgalova, J., & Tabach, M. (2024). Mathematics teaching, learning, and assessment in the digital age. *ZDM–Mathematics Education*, 56, 525–541. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01612-9>
- Weller, M., de los Arcos, B., Farrow, R., Pitt, B., & McAndrew, P. (2015). The impact of OER on teaching and learning practice. *Open Praxis*, 7(4), 351–361. <https://doi.org/10.5944/openpraxis.7.4.227>
- Wong, S. L., & Wong, S. L. (2019). Relationship between interest and mathematics performance in a technology-enhanced learning context in Malaysia. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 14, Article 21. <https://doi.org/10.1186/s41039-019-0114-3>
- Wong, S. L., & Wong, S. L. (2021). Effects of motivational adaptive instruction on student motivation towards mathematics in a technology-enhanced learning classroom. *Contemporary Educational Technology*, 13(4), Article ep326. <https://doi.org/10.30935/cedtech/11199>
- Yahya, N. A., Md Said, J., & Mohd Yusof, A. (2021). Students' self-regulated learning in open and distance learning for mathematics course. *EDUCATUM. Journal of Science, Mathematics and Technology*, 8(1), 1–5. <https://doi.org/10.37134/ejsmt.vol8.1.1.2021>
- Zafirova-Malcheva, T., Nikolova, A., & Mihnev, P. (2024). Development of digital competencies in compulsory education in information technology in secondary school. *Mathematics and Informatics*, 67(3), 275–288. <https://doi.org/10.53656/math2024-3-3-dev>

Reseña biográfica del autor

Alfredo Agustín Carrera Quimí | acarreraq@ucvvirtual.edu.pe

Es docente e investigador ecuatoriano adscrito a la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), donde enseña Matemática y Estadística aplicada a la educación. Es Profesor de Segunda Enseñanza y Licenciado en Ciencias de la Educación, mención Físico-Matemáticas en la Universidad de Guayaquil (UG), y Magíster en Diseño y Evaluación de Modelos Educativos en la Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil (UTEG); actualmente discente del Doctorado en Educación en la Universidad César Vallejo (UCV), Perú. Sus líneas de investigación abarcan la didáctica de la matemática, el uso de tecnologías y gamificación en el aprendizaje, y el razonamiento matemático.

Agradecimientos. El autor expresa su reconocimiento a la Universidad César Vallejo (UCV), Perú por el acompañamiento académico brindado durante el programa doctoral en el que se enmarca la presente revisión sistemática, así como por el acceso a los recursos bibliográficos y bases de datos que hicieron posible el desarrollo de este estudio.

Declaraciones del autor

Contribución del autor (Taxonomía CRediT). Alfredo Agustín Carrera Quimí: conceptualización, metodología, investigación, curación de datos, análisis formal, redacción del borrador original, revisión y edición del manuscrito.

Financiamiento. La presente investigación no recibió financiamiento externo de agencias públicas, comerciales o sin fines de lucro.

Conflicto de intereses. El autor declara no tener ningún conflicto de intereses relacionado con la presente investigación.

Declaración de disponibilidad de datos. Los datos de extracción de los seis estudios incluidos, la tabla de criterios de elegibilidad y las ecuaciones de búsqueda completas se encuentran disponibles como parte del presente manuscrito. Los materiales adicionales (formulario de extracción y registro detallado del proceso de cribado en Covidence) están disponibles bajo solicitud directa al autor de correspondencia (acarreraq@ucvvirtual.edu.pe). El

estudio no generó código de análisis estadístico ni fue registrado previamente en PROSPERO.

Declaración de uso de Inteligencia Artificial. Se empleó el asistente de inteligencia artificial Claude (Anthropic), en las siguientes etapas específicas: verificación de referencias bibliográficas y de sus metadatos, corrección ortográfica y de estilo. La identificación de los ejes temáticos de síntesis, la interpretación crítica de los hallazgos, la valoración de su pertinencia y las conclusiones del estudio corresponden al criterio del autor, quien revisó y validó la totalidad de las correcciones aplicadas.

Aprobación ética y consentimiento informado. El presente estudio no requirió aprobación de un comité de ética, dado que se trata de una revisión sistemática basada en el análisis de estudios ya publicados y de acceso público, sin intervención directa con seres humanos por parte del autor.