

REVISIÓN DOCUMENTAL ENSEÑANZA DE LA CIENCIA CRÍTICA: UNA REVISIÓN DE PROPUESTAS PEDAGÓGICAS PARA LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA CIUDADANA

Alba Luz Amaya García¹
albaluzamaya2008@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5896-9885>

**Institución Educativa
Promoción Social del Norte
Colombia**

Raquel Sofia Ramírez González²
raquelsofiaramirez@yahoo.es
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2966-7445>

**Institución Educativa
Promoción Social del Norte
Colombia**

Recibido: 03/10/2025

Aprobado: 13/10/2025

RESUMEN

Este artículo presenta una revisión crítica de propuestas pedagógicas orientadas a la alfabetización científica con enfoque ciudadano, a partir del análisis sistemático e interpretativo de literatura académica publicada entre 2005 y 2025. Se examinan enfoques que integran cuestiones socio científicas, saberes situados, metodologías participativas y formación docente crítica, en contextos escolares y comunitarios. A través de un proceso de codificación temática y análisis hermenéutico, se identifican cuatro núcleos estructurantes: (i) enseñanza basada en problemáticas sociocientíficas; (ii) incorporación de saberes indígenas y perspectivas decoloniales; (iii) ciencia participativa con impacto social; y (iv) desarrollo profesional docente orientado a la justicia epistémica. Los hallazgos evidencian el potencial transformador de la alfabetización científica crítica para formar una ciudadanía informada, reflexiva

¹ Química, Universidad industrial de Santander (UIS). Especialista en educación, Universitaria de investigación y desarrollo (UDI), Magister en gestión de la tecnología educativa, Universidad de Santander (UDES). Docente de ciencias naturales y química.

² Ingeniera de Sistemas, Universidad Industrial de Santander (UIS). Ingeniera Ambiental, Unidades Tecnológicas de Santander (UTS). Magister en Educación, Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO). Docente de informática y tecnología, Colombia.

y comprometida con la justicia social y ambiental. Se concluye con recomendaciones para fortalecer políticas educativas democráticas, prácticas pedagógicas inclusivas e investigaciones comprometidas con el bien común.

Palabras clave: alfabetización científica crítica, enseñanza de las ciencias, ciudadanía, justicia epistémica, cuestiones socio científicas.

TEACHING CRITICAL SCIENCE: A REVIEW OF PEDAGOGICAL PROPOSALS FOR CITIZEN SCIENTIFIC LITERACY.

ABSTRACT

This article presents a critical review of pedagogical proposals aimed at citizen-oriented scientific literacy, based on a systematic and interpretive analysis of academic literature published between 2005 and 2025. It examines educational approaches that integrate socioscientific issues, situated knowledge, participatory methodologies, and critical teacher education in school and community settings. Through thematic coding and hermeneutic analysis, four structuring themes are identified: (i) teaching based on socioscientific problems; (ii) inclusion of Indigenous knowledge and decolonial perspectives; (iii) participatory science with social impact; and (iv) professional teacher development oriented toward epistemic justice. The findings highlight the transformative potential of critical scientific literacy in cultivating an informed, reflective, and socially and environmentally engaged citizenry. The article concludes with recommendations to strengthen democratic education policies, inclusive pedagogical practices, and research committed to the common good.

Keywords: critical scientific literacy, science education, citizenship, epistemic justice, socioscientific issues.

INTRODUCCIÓN

Desde mediados del siglo XX, el concepto de alfabetización científica ha sido objeto de diversas interpretaciones y redefiniciones. Su aparición inicial se atribuye al físico Gaylord Harnwell en 1945 (Rudolph, 2024), y desde entonces ha evolucionado en función de los contextos históricos, políticos y educativos. Esta noción se ha entendido como una construcción multidimensional que integra no solo el conocimiento de términos y conceptos científicos, sino también aspectos relacionados con la naturaleza de la ciencia (Nature of Science, NOS) y su interacción con la tecnología, la sociedad y el ambiente (STSE) (Holbrook & Rannikmae, 2009; Jarman & McClune, 2007; Osborne & Pimentel, 2023).

En este sentido, la alfabetización científica se concibe como una combinación de habilidades cognitivas, actitudes críticas y capacidades para aplicar el conocimiento científico en la toma de decisiones responsables (Almeida et al., 2023; Mede et al., 2025). (Shen, 1975), por ejemplo, distinguió entre alfabetización científica práctica cívica y cultural, las cuales mantienen vigencia conceptual. Por su parte, (Rudolph, 2024) identifica cuatro enfoques recurrentes: como medio para sostener una élite científica en un sistema democrático, como comprensión crítica de la ciencia en la sociedad, como instrumento para el desarrollo económico y como conocimiento científico básico. Estas clasificaciones evidencian la multiplicidad del término, cuya definición ha sido moldeada por intereses y circunstancias cambiantes.

(Roberts, 2013) propuso dos visiones pedagógicas: la Visión I, centrada en los contenidos propios de las ciencias naturales (enfoque intradisciplinar), y la Visión II, orientada a la aplicación contextual del conocimiento científico en situaciones de la vida cotidiana (enfoque socio-contextual). (Fensham, 2009) sintetiza ambas afirmando que la primera se funda en una mirada interna de la ciencia, mientras que la segunda se apoya en contextos reales con componentes científicos. (Ryder, 2001; Shen, 1975) asocian la Visión I con la alfabetización práctica y la Visión II con las dimensiones cívica, cultural y científica (Sjöström, 2024). Esta visión plantea la necesidad de formar ciudadanos capaces de comprender críticamente las interacciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente, desde perspectivas pluralistas y transdisciplinarias. La Visión III se sustenta en principios como el compromiso ambiental, la responsabilidad social, la justicia epistémica y la acción democrática fundamentada (Fuchs & Tan, 2022; Martín, 2025; Sjöström & Eilks, 2018).

En consecuencia, ha cobrado relevancia el estudio de propuestas pedagógicas que incorporan temas socio-científicos en contextos escolares, como medio para promover el pensamiento crítico, la deliberación ética y la participación informada (Apairach Sirawit, 2025; Juntunen & Aksela, 2014). Experiencias como el enfoque Youth Participatory Science (Jones, 2024) o los modelos de alfabetización científica comunitaria (Busch & Rajwade, 2024) destacan por articular saberes escolares con problemáticas locales, posicionando al estudiantado como agentes activos en la construcción del conocimiento.

En este contexto, el presente artículo tiene como objetivo identificar y analizar las propuestas pedagógicas orientadas a fortalecer la alfabetización científica crítica con enfoque ciudadano. Se parte de la premisa de que dicha alfabetización implica no solo la comprensión conceptual de la ciencia, sino también la capacidad de cuestionarla, contextualizarla y utilizarla con responsabilidad en la vida pública.

OBJETIVOS

El propósito de este artículo de revisión es analizar críticamente las propuestas pedagógicas orientadas al desarrollo de la alfabetización científica con enfoque crítico y ciudadano, a partir de la literatura académica reciente.

Los objetivos específicos que orientan esta revisión son los siguientes:

- Identificar los enfoques teóricos predominantes que fundamentan la alfabetización científica crítica en contextos educativos.
- Describir las estrategias pedagógicas utilizadas para promover la participación ciudadana y el pensamiento crítico a través de la enseñanza de la ciencia.
- Analizar los contextos, niveles educativos y disciplinas en los cuales se implementan dichas propuestas.
- Examinar las implicaciones educativas, sociales y epistémicas asociadas a estas experiencias.

- Sistematizar los desafíos y posibilidades que se evidencian en la literatura respecto a la implementación de enfoques de ciencia crítica en la educación formal y no formal.

METODOLOGÍA

Búsqueda bibliográfica

La búsqueda bibliográfica se estructuró como un proceso sistemático, iterativo y orientado a la identificación de literatura académica pertinente sobre propuestas pedagógicas orientadas al desarrollo de la alfabetización científica crítica con enfoque ciudadano. El diseño del protocolo de búsqueda tomó como referencia metodológica las orientaciones planteadas por (Fromm et al., 2025), quienes recomiendan delimitar con precisión el objetivo de la revisión, definir los descriptores clave y establecer un conjunto explícito de criterios de inclusión para garantizar la coherencia del proceso.

La estrategia de búsqueda se desarrolló en tres etapas: (i) definición de las preguntas orientadoras, (ii) selección de los descriptores temáticos y operadores booleanos, y (iii) aplicación de filtros cronológicos, lingüísticos y temáticos. Las preguntas orientadoras se formularon a partir de los objetivos del estudio, con énfasis en identificar experiencias pedagógicas implementadas en contextos escolares o comunitarios que incorporen componentes críticos en la enseñanza de la ciencia.

Los descriptores se estructuraron en inglés y español, incluyendo términos como: *critical scientific litera*, *science education*, *citizen science*, *critical pedagogy*, *socio-scientific issues*, *participatory science education*, *alfabetización científica crítica*, *educación científica ciudadana*, *enseñanza de la ciencia con enfoque crítico* y *propuestas pedagógicas en alfabetización científica*. Estos se combinaron mediante los operadores booleanos “AND” y “OR” para refinar los resultados, siguiendo un proceso semejante al propuesto por (Mede et al., 2025) en su diseño de escalas para evaluar alfabetización científica en contextos digitales.

La búsqueda se llevó a cabo entre mayo y julio de 2025, utilizando bases de datos académicas reconocidas por su cobertura y calidad, tales como Scopus, Web of Science, ERIC, SciELO, RedALyC y Google Scholar. Adicionalmente, se revisaron portales de revistas indexadas como *Science Education*, *International Journal of Science Education*, *Studies in Science Education* y *Frontiers in Education*. Esta triangulación de fuentes busca mitigar sesgos de base de datos y favorecer la inclusión de literatura tanto anglosajona como latinoamericana (Paterson & Higgs, 2005).

El proceso fue acompañado por una bitácora de seguimiento y una matriz de extracción preliminar, donde se consignaron los títulos identificados, los criterios de búsqueda aplicados y los resultados obtenidos por base de datos. Esta sistematización permitió refinar progresivamente las cadenas de búsqueda y evitar la duplicación de registros, conforme a lo recomendado en estudios previos sobre revisiones integradoras (Naeem et al., 2023)

Criterios de selección

Los criterios de selección se establecieron con el propósito de garantizar la pertinencia, actualidad y calidad de los documentos incluidos en esta revisión. La selección se fundamentó en un enfoque cualitativo hermenéutico, orientado a identificar producciones académicas que contribuyan a la comprensión crítica de la alfabetización científica en contextos educativos diversos. Se consideraron los lineamientos planteados por (Paterson & Higgs, 2005; Urdanivia Alarcon et al., 2023), quienes destacan la necesidad de criterios explícitos y coherentes con el objeto de estudio.

Los criterios de **inclusión** fueron los siguientes:

- Publicaciones académicas revisadas por pares (artículos científicos, capítulos de libro y tesis doctorales).
- Documentos publicados entre los años 2005 y 2025, para garantizar cobertura histórica y actualidad conceptual.
- Estudios que aborden la alfabetización científica desde una perspectiva crítica, ciudadana, participativa o sociopolítica.
- Investigaciones que describan o analicen propuestas pedagógicas implementadas en educación formal o no formal.
- Textos disponibles en inglés, español o portugués, con acceso completo al contenido.

Los criterios de **exclusión** aplicados fueron:

- Documentos con un enfoque exclusivamente tecnicista o funcional de la alfabetización científica.
- Producciones centradas en áreas disciplinares sin vinculación explícita con procesos de enseñanza-aprendizaje.
- Publicaciones sin respaldo metodológico claro o que no incluyeran evidencia empírica, conceptual o reflexiva suficiente.
- Duplicados o versiones preliminares sin revisión editorial (preprints no arbitrados).

La aplicación de estos criterios se realizó en dos fases. En la primera fase, se efectuó una revisión inicial de títulos y resúmenes, donde se excluyeron los documentos que no cumplieran con los ejes temáticos del estudio. En la segunda fase, se realizó una lectura completa de los textos preseleccionados, con apoyo de fichas de análisis temático para verificar su alineación con los objetivos de la revisión. Esta doble verificación permitió asegurar la congruencia metodológica y el rigor conceptual del corpus analizado, en concordancia con las recomendaciones de (Naeem et al., 2023) sobre el uso estructurado del análisis temático en investigaciones cualitativas.

RECUPERACIÓN DE LA INFORMACIÓN - FUENTES DOCUMENTALES

El proceso de recuperación de la información se organizó mediante un protocolo de búsqueda avanzada, ejecutado en repositorios académicos, bases de datos indexadas y motores especializados, con el propósito de acceder a literatura relevante, rigurosa y diversificada sobre alfabetización científica crítica y sus aplicaciones pedagógicas. Esta fase se diseñó para garantizar la exhaustividad y trazabilidad del corpus documental, tal como recomiendan Fromm en revisiones sistemáticas del ámbito educativo. La búsqueda se ejecutó en las siguientes fuentes documentales primarias:

- *Bases de datos internacionales:* Scopus, Web of Science, ERIC, SpringerLink y ScienceDirect.
- *Repositorios de acceso abierto:* RedALyC, SciELO, DOAJ y Latindex (Catálogo 2.0).
- *Motores académicos especializados:* Google Scholar y Lens.org.
- *Tesis doctorales:* disponibles en bibliotecas institucionales (como Tesis Canadá, Repositorio UBC y universidades de Europa y América Latina).

Además, se aplicaron filtros para garantizar que los documentos cumplieran con los requisitos de relevancia y fiabilidad: idioma (inglés, español o portugués), acceso completo al texto, fecha de publicación (2020–2025), y pertinencia temática (propuestas

pedagógicas orientadas a alfabetización científica crítica, ciudadana o sociopolítica). Esta recuperación fue respaldada por una matriz de registro que permitió categorizar los artículos por autoría, año, tipo de estudio, nivel educativo, enfoque teórico-metodológico y lugar de aplicación, siguiendo el procedimiento recomendado por (Naeem et al., 2023) para la trazabilidad en el análisis temático.

Se priorizó la inclusión de artículos que presentaran experiencias educativas implementadas en diversos contextos socioculturales y niveles formativos, permitiendo un análisis comparativo de prácticas pedagógicas con enfoque crítico. La estrategia de triangulación de fuentes documentales permitió integrar perspectivas provenientes de distintas tradiciones académicas, disciplinas y regiones geográficas, fortaleciendo la validez interpretativa de los hallazgos, conforme al enfoque hermenéutico descrito por (Paterson & Higgs, 2005)

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS ARTÍCULOS SELECCIONADOS

La evaluación de la calidad metodológica y conceptual de los artículos seleccionados se realizó mediante un proceso sistemático de lectura crítica, orientado a valorar la solidez epistemológica, la coherencia interna del diseño, la relevancia temática y la validez de las conclusiones. Esta etapa se basó en enfoques cualitativos hermenéuticos, que privilegian la interpretación profunda de los textos en sus contextos de producción, de acuerdo con los criterios planteados por (Paterson & Higgs, 2005) y

reafirmados por (Hunaepi et al., 2024) en el análisis de investigaciones con enfoque pedagógico crítico. Se aplicaron los siguientes criterios de evaluación:

- Claridad y coherencia en la formulación del problema de investigación.
- Pertinencia del enfoque metodológico en relación con los objetivos declarados.
- Transparencia en los procedimientos de recolección y análisis de la información.
- Rigurosidad argumentativa en la interpretación de resultados.
- Contribución al campo de la alfabetización científica crítica desde una perspectiva educativa, social o epistémica.

En el caso de investigaciones cualitativas, se tomaron como referencia los principios de calidad propuestos por (Naeem et al., 2023), quienes señalan la importancia de la coherencia entre el paradigma interpretativo, la estructura del análisis temático y la construcción conceptual del fenómeno estudiado. Adicionalmente, se incorporaron los aportes de (Paterson & Higgs, 2005) respecto al uso de estrategias como la triangulación, la reflexividad investigativa y la fusión de horizontes para fortalecer la credibilidad interpretativa en estudios hermenéuticos.

Cada documento fue valorado mediante una ficha de evaluación cualitativa, diseñada ad hoc para esta revisión, en la cual se consignaron observaciones sobre el tipo de estudio, su calidad metodológica, grado de innovación conceptual y relación con los objetivos del presente artículo. Este procedimiento permitió descartar aquellos textos

que, si bien podían ser temáticamente cercanos, carecían del nivel de profundidad, justificación epistemológica o consistencia metodológica requerida para la revisión.

DESARROLLO Y DISCUSIÓN

ORGANIZACIÓN Y ESTRUCTURA DE LOS DATOS.

ELABORACIÓN DEL MAPA MENTAL

La organización de los datos se realizó mediante un proceso de codificación temática inductiva, complementado con una lectura hermenéutica de los textos seleccionados. El procedimiento permitió identificar patrones comunes, tensiones conceptuales y propuestas convergentes sobre alfabetización científica crítica en contextos educativos formales y no formales. El análisis se fundamentó en las orientaciones metodológicas propuestas por (Naeem et al., 2023) para el desarrollo de modelos conceptuales, y se complementó con la lógica interpretativa de (Paterson & Higgs, 2005), centrada en la reconstrucción del sentido a partir de textos diversos.

Del análisis emergieron cuatro categorías centrales, articuladas entre sí por principios epistémicos, pedagógicos y políticos compartidos. Estas categorías fueron sintetizadas gráficamente en un mapa mental que permite visualizar tanto los núcleos conceptuales como las relaciones entre ellos.

Categoría 1: Enfoques basados en cuestiones sociocientíficas (SSI), incluye propuestas pedagógicas que utilizan problemáticas sociocientíficas (como cambio climático, bioética, energía o salud pública) para promover la argumentación crítica, el análisis ético y la deliberación democrática (Macalalag et al., 2024; Zeidler & Nichols, 2009). La revisión de Högström et al. (2024) y Viehmann et al. (2023) evidencia que los SSI permiten integrar ciencia, valores y ciudadanía en el aula, movilizando habilidades como la toma de decisiones informadas y el pensamiento reflexivo.

Categoría 2: Ciencia situada, saberes indígenas y decolonialidad: Reúne experiencias que valoran el conocimiento situado y los saberes no hegemónicos (Haraway, 2013; Rothuizen & Togsverd, 2024a), reconociendo la ciencia como una práctica contextual y plural. Aquí se ubican propuestas que integran perspectivas indígenas, rurales y decoloniales en la enseñanza de las ciencias (El Yazidi & Rijal, 2024; Vergara & Albanese, 2022), proponiendo una alfabetización científica que articula racionalidades diversas en clave de justicia epistémica.

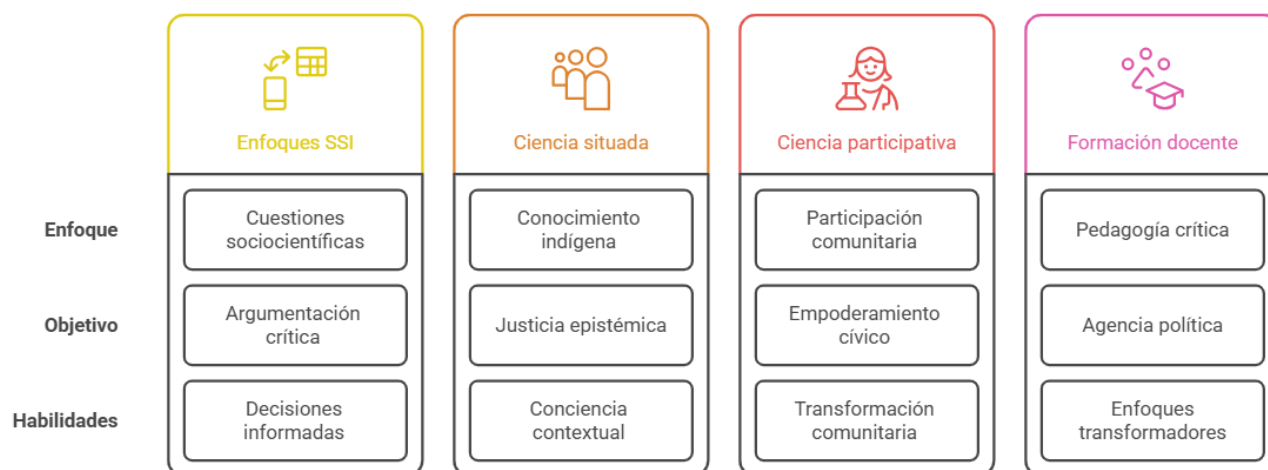
Categoría 3: Ciencia participativa y alfabetización científica comunitaria. Esta categoría recoge experiencias de Citizen Science que promueven la participación activa de estudiantes y comunidades en procesos de indagación científica orientados al bien común. Se privilegia aquí el vínculo entre alfabetización científica, empoderamiento cívico y transformación social (Busch & Rajwade, 2024a) Se destaca la función de la ciencia como herramienta para comprender, denunciar o transformar realidades locales.

Categoría 4: Formación docente crítica para la alfabetización científica ciudadana. Comprende estudios centrados en el desarrollo profesional docente con énfasis en enfoques transformadores, como el constructivismo sociotransformativo (sTc), el ambitious science teaching centrado en la justicia (JuST) y la Visión III de alfabetización científica (Bernal-Munera, 2023; Luehmann et al., 2024; Sjöström, 2024). Estas propuestas insisten en la necesidad de que los educadores reconozcan su papel como agentes políticos, capaces de mediar entre la ciencia escolar, las demandas sociales y los contextos comunitarios.

Estas cuatro categorías no se presentan como compartimentos estancados, sino como nodos interrelacionados. Por ejemplo, las propuestas SSI pueden intersectar con los saberes locales en proyectos de ciencia participativa; del mismo modo, la formación docente crítica puede integrar elementos de decolonialidad y pedagogía culturalmente sostenida. Para visualizar estas conexiones, se elaboró una representación gráfica que recoge las relaciones emergentes entre categorías, subcategorías, y principios pedagógicos.

Esta representación gráfica se muestra en la Figura 1, constituye un recurso analítico y didáctico que sintetiza las principales orientaciones identificadas en la literatura revisada, y será utilizado como base para el análisis comparativo y la discusión crítica en los siguientes apartados.

Figura 1.
Ejes temáticos de las propuestas pedagógicas para la alfabetización científica crítica.



Nota. Fuente elaboración propia

COMBINACIÓN DE LOS RESULTADOS DE DIFERENTES ORÍGENES

La triangulación de los artículos seleccionados permitió identificar zonas de convergencia y divergencia en torno a las propuestas pedagógicas que promueven la alfabetización científica crítica con enfoque ciudadano. Aunque los enfoques y contextos son diversos, los textos comparten una preocupación por vincular la enseñanza de la ciencia con la formación de sujetos capaces de participar activamente en la vida pública, desde una perspectiva informada, ética y transformadora. A continuación, se discuten los principales hallazgos agrupados en cuatro ejes:

- 1. Alfabetización científica crítica como herramienta para el empoderamiento cívico:** Los estudios revisados coinciden en considerar la alfabetización científica crítica como una vía para fortalecer la participación ciudadana en contextos marcados por la incertidumbre, la desinformación y la desigualdad epistémica (Mede et al., 2025; Sjöström, 2024). Esta orientación supera el enfoque instrumental de la ciencia escolar y propone su enseñanza como un espacio de reflexión sobre problemas socioambientales, toma de decisiones basadas en evidencia y acción colectiva (Busch & Rajwade, 2024b; Macalalag et al., 2024) Se identifican experiencias donde la enseñanza de cuestiones sociocientíficas (SSI) se convierte en plataforma para el debate democrático y la deliberación ética (Högström et al., 2024), lo cual permite conectar el conocimiento científico con la vida cotidiana y las preocupaciones de las comunidades (Viehmänn et al., 2024) En este sentido, la alfabetización científica crítica no se limita a la transmisión de conceptos, sino que implica una formación política y ética desde la ciencia.
- 2. Tensiones entre el discurso científico tradicional y el conocimiento situado:** Varios trabajos evidencian tensiones entre los marcos epistémicos hegemónicos de la ciencia y las formas de conocimiento local o situado, especialmente en contextos indígenas, rurales o marginados (El Yazidi & Rijal, 2024; Haraway, 2013). Estas tensiones se manifiestan en el currículo, en las prácticas

pedagógicas y en las formas de validación del saber. La propuesta de una alfabetización científica crítica implica reconocer la ciencia como una práctica cultural e histórica, no neutral y abierta al diálogo con otros sistemas de conocimiento (Rothuizen & Togsverd, 2024).

Los estudios que incorporan perspectivas decoloniales señalan la importancia de desmontar los sesgos eurocéntricos de la enseñanza científica y de visibilizar otros modos de entender la naturaleza, el cuerpo y el entorno (Vergara & Albanese, 2022). Esta apertura epistémica plantea desafíos pedagógicos, pero también oportunidades para enriquecer la experiencia educativa y promover la justicia epistémica (Gillo, 2021)

- 3. Valor de los enfoques participativos e interdisciplinarios:** La revisión muestra que las propuestas pedagógicas más consistentes con una alfabetización científica crítica son aquellas que adoptan enfoques participativos, interdisciplinarios y dialógicos. Estas experiencias promueven metodologías activas como la indagación colaborativa, el aprendizaje basado en proyectos, el trabajo con problemas reales y el uso de la ciencia ciudadana como estrategia formativa (Bernal-Munera, 2023).

El carácter interdisciplinario se manifiesta en la integración de contenidos científicos con dimensiones éticas, sociales, ambientales, tecnológicas y políticas, permitiendo al estudiantado comprender fenómenos complejos desde múltiples

perspectivas (Fuchs & Tan, 2022). Asimismo, los enfoques participativos valoran el rol de las y los estudiantes como sujetos activos en la producción de conocimiento, con voz propia y capacidad de acción transformadora.

- 4. Implicaciones para las políticas educativas democráticas:** Finalmente, los hallazgos analizados invitan a reflexionar sobre las políticas educativas desde un enfoque democrático, inclusivo y orientado a la justicia. La incorporación de propuestas pedagógicas centradas en la alfabetización científica crítica requiere marcos normativos que reconozcan la pluralidad epistémica, fomenten la participación docente en el diseño curricular y garanticen condiciones para el trabajo colaborativo en contextos escolares diversos (Hunaepi et al., 2024; Luehmann et al., 2024)

Se destaca la necesidad de políticas que promuevan el desarrollo profesional docente con enfoque reflexivo, crítico y situado, así como la articulación entre escuela, comunidad y territorio. En este marco, la ciencia escolar deja de ser una disciplina cerrada y abstracta, para convertirse en una herramienta pública al servicio de la ciudadanía y del bien común (Sjöström & Eilks, 2018).

ARGUMENTACIÓN CRÍTICA DE LOS RESULTADOS

El análisis integral de los estudios incluidos en esta revisión permite identificar no solo los aportes conceptuales y pedagógicos sobre alfabetización científica crítica, sino también ciertas limitaciones metodológicas, sesgos interpretativos y condiciones contextuales que inciden en los resultados reportados. Este apartado desarrolla una lectura crítica de dichos elementos con base en la diversidad de enfoques y contextos presentes en el corpus documental.

DISEÑOS METODOLÓGICOS PREDOMINANTES

Una parte significativa de los estudios revisados adopta diseños cualitativos, especialmente estudios de caso, etnografías escolares, análisis narrativos o investigaciones acción participativa (Luehmann et al., 2024; Macalalag et al., 2024)

Esta elección responde a la naturaleza contextualizada de las experiencias educativas analizadas y a la necesidad de comprender los procesos desde una lógica interpretativa. Aunque esta aproximación permite acceder a la complejidad del fenómeno, también limita la posibilidad de generalización estadística de los hallazgos.

Otros estudios, especialmente las revisiones sistemáticas y scoping reviews (Högström et al., 2024; Viehmann et al., 2024), emplean protocolos estructurados como PRISMA y herramientas de codificación temática para organizar la información. No

obstante, se evidencia en algunos casos la ausencia de una problematización profunda sobre los marcos epistémicos utilizados, lo cual puede restringir la potencia crítica del análisis (Fuchs & Tan, 2022)

SESGOS Y VACÍOS EN LOS ENFOQUES

A pesar de la diversidad de experiencias, se identifican ciertos sesgos geográficos y epistémicos. La mayoría de los estudios proviene de contextos angloparlantes o del norte global, mientras que los enfoques producidos desde América Latina, África o Asia suelen estar sobrepresentados o no incorporan plenamente las epistemologías del sur (El Yazidi & Rijal, 2024; Vergara & Albanese, 2022). Este desequilibrio limita la comprensión plural del fenómeno educativo y refuerza perspectivas centradas en la ciencia occidental como único marco válido.

También se observan vacíos en cuanto al seguimiento longitudinal de los impactos educativos. Muchos estudios se centran en intervenciones de corta duración sin evaluar su sostenibilidad, su apropiación por parte de las comunidades o su efecto en las políticas escolares. Asimismo, algunos trabajos privilegian la dimensión cognitiva del aprendizaje sin abordar en profundidad los aspectos afectivos, políticos y éticos que acompañan los procesos de alfabetización crítica.

LIMITACIONES COMUNES Y ADVERTENCIAS

Entre las limitaciones más frecuentes se encuentran la dependencia de muestras intencionadas pequeñas, la escasa participación de estudiantes en el diseño de las propuestas, y la falta de triangulación metodológica. En otros casos, las conclusiones extraídas son formuladas de forma general, sin considerar suficientemente las condiciones materiales y culturales que median la experiencia educativa (Bernal-Munera, 2023; Martín, 2025)

Por otro lado, varios estudios carecen de una reflexión autocrítica sobre el rol del investigador o sobre las relaciones de poder implicadas en la producción del conocimiento, lo cual vulnera los principios hermenéuticos y dialógicos que deberían guiar las investigaciones comprometidas con la justicia epistémica (Gillo, 2021; Paterson & Higgs, 2005)

CONCLUSIONES

- La revisión realizada permitió identificar y analizar críticamente un conjunto diverso de propuestas pedagógicas que abordan la alfabetización científica desde una perspectiva crítica y ciudadana. En conjunto, los estudios revisados muestran una tendencia creciente a superar los enfoques tecnocráticos o meramente instrumentales de la educación científica, proponiendo en su lugar marcos pedagógicos que vinculan el conocimiento científico con la reflexión ética, el compromiso social y la participación democrática.
- Los hallazgos evidencian que las propuestas más consistentes se articulan en torno a cuatro núcleos: la incorporación de cuestiones sociocientíficas como eje curricular; el reconocimiento de saberes situados y epistemologías no hegemónicas; la promoción de metodologías participativas vinculadas con problemas reales; y la necesidad de una formación docente que habilite la mediación crítica entre ciencia, sociedad y territorio. Estas experiencias, aunque diversas en su origen y enfoque, coinciden en valorar la ciencia no solo como un cuerpo de conocimientos, sino como una práctica social, histórica y política.
- En este sentido, la alfabetización científica crítica adquiere un valor transformador. No se limita a formar estudiantes que sepan "usar la ciencia", sino que apunta a constituir sujetos capaces de interrogarla, contextualizarla y utilizarla con responsabilidad en la vida pública. Así entendida, la educación científica se

convierte en un escenario estratégico para el fortalecimiento de una ciudadanía informada, reflexiva y comprometida con la justicia social y ambiental.

- Sin embargo, también se reconocen desafíos estructurales: la necesidad de políticas educativas que respalden estos enfoques, la incorporación sistemática de saberes no eurocéntricos, y el fortalecimiento de condiciones materiales y formativas que permitan a docentes y escuelas sostener estas prácticas en el tiempo. Pese a ello, los resultados muestran que existen fundamentos teóricos, experiencias concretas y marcos didácticos que hacen viable una educación científica transformadora, capaz de contribuir activamente a la construcción de sociedades más democráticas y equitativas.

RECOMENDACIONES

A partir del análisis realizado, se proponen las siguientes recomendaciones orientadas a fortalecer la implementación de propuestas pedagógicas que promuevan una alfabetización científica crítica y ciudadana:

- **Incorporar los enfoques críticos y sociocientíficos en los currículos escolares**, favoreciendo el tratamiento de problemáticas contemporáneas desde una perspectiva interdisciplinaria, contextualizada y éticamente informada. Esto

implica reconocer que el aprendizaje de la ciencia no puede dissociarse de los desafíos sociales, ambientales y tecnológicos del presente.

- **Reconocer y valorar los saberes locales, indígenas y situados como parte legítima de la enseñanza científica**, promoviendo una alfabetización que dialogue con diversas formas de conocimiento y contribuya a la justicia epistémica. Esta apertura requiere revisar los contenidos curriculares, así como los criterios de validación del conocimiento escolar.
- **Fortalecer la formación docente inicial y continua** desde enfoques que integren la reflexión crítica, la investigación-acción y la práctica situada. Es fundamental que los y las docentes dispongan de herramientas conceptuales y pedagógicas para mediar entre ciencia, territorio y ciudadanía.
- **Fomentar políticas educativas inclusivas y democráticas** que garanticen condiciones institucionales, materiales y formativas para la implementación sostenida de estas propuestas. Esto incluye el reconocimiento del trabajo docente, la flexibilización curricular y la promoción de comunidades de aprendizaje interdisciplinarias.
- **Impulsar investigaciones educativas que evalúen el impacto de las propuestas de alfabetización científica crítica** en distintos contextos socioculturales, considerando no solo los resultados cognitivos, sino también las transformaciones en las actitudes, valores y formas de participación del estudiantado.

- **Promover la articulación entre escuelas, comunidades y organizaciones sociales** para el desarrollo de proyectos de ciencia participativa, donde la producción y aplicación del conocimiento científico respondan a las necesidades, preguntas e intereses colectivos.

Estas recomendaciones buscan orientar acciones concretas en los ámbitos de la política educativa, la práctica pedagógica y la investigación, con el fin de consolidar una educación científica comprometida con la formación de una ciudadanía crítica, plural y socialmente responsable.

REFERENCIAS

- Almeida, B., Santos, M., & Justi, R. (2023). Aspects and abilities of science literacy in the context of nature of science teaching. *Science & Education*, 32(3), 567–587.
- Apairach Sirawit. (2025). *Learning to Argue and Arguing to Learn: Unpacking the Nature of Criticality Development in English for Academic Purposes for Political Science in a Thai*.
- Bernal-Munera, M. (2023). A Freirean liberatory perspective of community colleges education: Critical consciousness and social justice science issues in the biology curriculum. *Cultural Studies of Science Education*, 18(1), 41–55.
- Busch, K. C., & Rajwade, A. (2024a). Conceptualizing community scientific literacy: Results from a systematic literature review and a Delphi method survey of experts. *Science Education*, 108(5), 1231–1268.
- Busch, K. C., & Rajwade, A. (2024b). Conceptualizing community scientific literacy: Results from a systematic literature review and a Delphi method survey of experts. *Science Education*, 108(5), 1231–1268. <https://doi.org/10.1002/sce.21871>

- El Yazidi, R., & Rijal, K. (2024). Science learning in the context of indigenous knowledge for sustainable development. *International Journal of Ethnoscience and Technology in Education*, 1(1), 28–41.
- Fensham, P. J. (2009). The link between policy and practice in science education: The role of research. *Science Education*, 93(6), 1076–1095.
- Fromm, Y. M., Martin, F., Gezer, T., & Ifenthaler, D. (2025). Best practices for conducting systematic reviews: Perspectives of experienced systematic review researchers in educational sciences. *Technology, Knowledge and Learning*, 30(1), 1–28.
- Fuchs, T. T., & Tan, Y. S. M. (2022). Frameworks Supporting Socially Responsible Science Education: Opportunities, Challenges, and Implementation. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 22(1), 9–27. <https://doi.org/10.1007/s42330-022-00200-x>
- Gillo, M. D. (2021). Fundamentals of hermeneutics as a qualitative research theoretical framework. *European Journal of Education and Pedagogy*, 2(3), 42–45.
- Haraway, D. (2013). Situated knowledges: The science question in feminism and the privilege of partial perspective 1. In *Women, science, and technology* (pp. 455–472). Routledge.
- Högström, P., Gericke, N., Wallin, J., & Bergman, E. (2024). Teaching socioscientific issues: A systematic review. *Science & Education*, 1–44.
- Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2009). The meaning of scientific literacy. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(3), 275–288.
- Hunaepi, H., Khaeruma, K., Hajiriah, T. L., Wardani, K. S. K., Sukiastini, I., Nitiasih, P. K., Riastini, P. N., & Sudatha, I. (2024). Critical pedagogy and student learning outcomes: A systematic literature review. *Path of Science*, 10(5), 3048–3060.
- Jarman, R., & McClune, B. (2007). *Developing scientific literacy: using news media in the classroom: Using news media in the classroom*. McGraw-Hill Education (UK).
- Jones, J. (2024). Contesting the boundaries of physics teaching: What it takes to transform physics education toward justice-centered ends. *Science Education*, 108(4), 1015–1033. <https://doi.org/10.1002/sce.21862>

- Juntunen, M. K., & Aksela, M. K. (2014). Improving students' argumentation skills through a product life-cycle analysis project in chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 639–649.
- Luehmann, A., Zhang, Y., Boyle, H., Tulbert, E., Merliss, G., & Sullivan, K. (2024). Toward a justice-centered ambitious teaching framework: Shaping ambitious science teaching to be culturally sustaining and productive in a rural context. *Journal of Research in Science Teaching*, 61(2), 319–357.
- Macalalag, A. Z., Kaufmann, A., Van Meter, B., Ricketts, A., Liao, E., & Ialacci, G. (2024). *Socioscientific issues: Promoting science teachers' pedagogy on social justice. Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 6 (1). Scopus.
- Martín, E. del C. H. S. (2025). Ciencias para la ciudadanía y formación inicial de profesores de ciencias: aportes desde la revisión sistemática a un modelo de formación. *Revista Brasileira de Educação*, 30.
- Mede, N. G., Howell, E. L., Schäfer, M. S., Metag, J., Beets, B., & Brossard, D. (2025). Measuring Science Literacy in a Digital World: Development and Validation of a Multi-Dimensional Survey Scale. *Science Communication*. <https://doi.org/10.1177/10755470251317379>
- Naeem, M., Ozuem, W., Howell, K., & Ranfagni, S. (2023). A step-by-step process of thematic analysis to develop a conceptual model in qualitative research. *International Journal of Qualitative Methods*, 22, 16094069231205788.
- Osborne, J., & Pimentel, D. (2023). Science education in an age of misinformation. *Science Education*, 107(3), 553–571.
- Paterson, M., & Higgs, J. (2005). Using hermeneutics as a qualitative research approach in professional practice. *Qualitative Report*, 10(2), 339–357.
- Roberts, D. A. (2013). Scientific literacy/science literacy. In *Handbook of research on science education* (pp. 729–780). Routledge.
- Rothuizen, J. J., & Togsverd, L. (2024a). Situated knowledge between purposes and facts, and its relation to pedagogical tact. *Ethics and Education*, 19(3), 301–319.

- Rothuizen, J. J., & Togsverd, L. (2024b). Situated knowledge between purposes and facts, and its relation to pedagogical tact. *Ethics and Education*, 19(3), 301–319.
- Rudolph, J. L. (2024). Scientific literacy: Its real origin story and functional role in American education. *Journal of Research in Science Teaching*, 61(3), 519–532.
- Ryder, J. (2001). *Identifying science understanding for functional scientific literacy*.
- Shen, B. S. P. (1975). Views: Science Literacy: Public understanding of science is becoming vitally needed in developing and industrialized countries alike. *American Scientist*, 63(3), 265–268.
- Sjöström, J. (2024). Vision III of scientific literacy and science education: an alternative vision for science education emphasising the ethico-socio-political and relational-existential. *Studies in Science Education*, 1–36.
- Sjöström, J., & Eilks, I. (2018). Reconsidering different visions of scientific literacy and science education based on the concept of Bildung. In *Cognition, metacognition, and culture in STEM education: Learning, teaching and assessment* (pp. 65–88). Springer.
- Urdanivia Alarcon, D. A., Talavera-Mendoza, F., Rucano Paucar, F. H., Cayani Caceres, K. S., & Machaca Viza, R. (2023). Science and inquiry-based teaching and learning: a systematic review. In *Frontiers in Education* (Vol. 8). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1170487>
- Vergara, T., & Albanese, V. (2022). Educación en ciencias y conocimientos indígenas en perspectiva decolonial: un caso argentino. *Acta Scientiae*, 24 (2), 150–178.
- Viehmann, C., Fernández Cárdenas, J. M., & Reynaga Peña, C. G. (2024). The use of socioscientific issues in science lessons: A scoping review. *Sustainability*, 16(14), 5827.
- Zeidler, D. L., & Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49–58.