

INFLUENCIA DE LA EDUCACIÓN CTSA EN EL DESARROLLO DE LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA

Cristian Andres Palma Arzuaga¹

ORCID: 0009-0006-1501-8133

cristian04palma@hotmail.com

I. E. Oswaldo Quintana-Quintana - Colombia

Recibido: 12/01/2026

Revisado: 16/02/2026

Aprobado: 19/03/2026

RESUMEN

La educación CTSA (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente) es un método que persigue la integración de contenidos científicos con problemas ambientales y sociales. La educación CTSA fomenta aprendizajes relevantes a través de una enseñanza contextualizada y un rediseño del currículo que se ajusta a las condiciones socioculturales de los alumnos, promoviendo así la alfabetización científica. El objetivo del presente trabajo es aportar una base representativa que sirva de guía a futuras investigaciones relacionadas al fortalecimiento de la alfabetización científica mediante la educación CTSA. Esta revisión sistemática empleó un enfoque cualitativo de análisis documental y se centró en la interpretación detallada de investigaciones actuales, además, se priorizaron los artículos científicos y las tesis doctorales publicadas entre 2020 y 2025. Se eligieron 21 documentos que satisficieran las normas de relevancia temática y rigor científico. Los hallazgos demuestran que la educación CTSA favorece una alfabetización científica significativa, a pesar de los retos que supone, como son el déficit en la preparación del profesorado, la falta de políticas educativas definidas y la brecha digital. Se concluye que, siempre y cuando se aplique desde un enfoque crítico, participativo y contextualizado; que sea promovido por maestros capacitados y respaldado por políticas de inclusión, este tipo de educación tiene la capacidad de cambiar la manera de enseñar la ciencia.

Palabras clave: educación CTSA, alfabetización científica, enseñanza de las ciencias, pensamiento crítico.

¹ Docente de ciencias naturales: física, egresado de la Universidad Internacional de la Rioja como Máster Universitario en Didáctica de la Física y la Química en Educación Secundaria y Bachillerato.

INFLUENCE OF CTSA EDUCATION ON THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC LITERACY

ABSTRACT

STSE (Science, Technology, Society, and Environment) education is a method that seeks to integrate scientific content with environmental and social issues. STSE education fosters relevant learning thru contextualized teaching and curriculum redesign that aligns with students' sociocultural backgrounds, thereby promoting scientific literacy. The objective of this study is to provide a representative foundation that will serve as a guide for future research related to strengthening scientific literacy thru STSE education. This systematic review employed a qualitative document analysis approach and focused on the detailed interpretation of current research; in addition, scientific articles and doctoral theses published between 2020 and 2025 were prioritized. Twenty-one documents that met the standards for thematic relevance and scientific rigor were selected. The findings demonstrate that STSE education fosters meaningful scientific literacy, despite the challenges it poses, such as the lack of teacher preparation, the absence of defined educational policies, and the digital divide. It is concluded that, provided it is implemented from a critical, participatory, and contextualized approach; promoted by trained teachers; and supported by inclusive policies, this type of education has the capacity to change the way science is taught.

Keywords: STSE education, scientific literacy, science teaching, critical thinking.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la educación científica se ha transformado, ya que se necesita formar ciudadanos capaces de pensar críticamente, informados y con competencias para resolver problemas sociales, ambientales y tecnológicos del mundo actual. Es en este contexto donde el enfoque CTSA se erige como una propuesta pedagógica ideal para conseguir el desarrollo de la alfabetización científica, la cual implica transmitir los conocimientos científicos y situarlos en problemas reales teniendo en cuenta la reflexión ética y la conciencia ambiental. Este planteamiento toma una pertinencia particular en contextos como Latinoamérica y Colombia, en donde las desigualdades sociales, económicas y educativas son un factor de suma relevancia para lograr la calidad y justicia en el aprendizaje de las ciencias (Rubiano y Barandiarán, 2022; Acevedo et al., 2003).

La alfabetización científica es un proceso liberador que implica conocer ciencia y comprender sus aspectos sociopolíticos. Esta se constituye como una herramienta útil para construir una sociedad más justa y equitativa, adicionando el conocimiento científico a la vida diaria y la realidad comunitaria (Acevedo et al., 2003). Esta mirada es apropiada para Colombia, donde las políticas educativas han reconocido la alfabetización científica como un factor de inclusión social y desarrollo sostenible, pero demandan el soporte pedagógico a través de la educación CTSA (MEN, 2016).

El sistema educativo colombiano tiene dificultades para alcanzar estándares internacionales en educación científica, como evidencian los resultados de las pruebas PISA, donde la comprensión científica se ubica por debajo del promedio de la OCDE (Zoido et al., 2023). Esta situación muestra la necesidad de cambiar las prácticas pedagógicas convencionales hacia el desarrollo de competencias científicas que no se enfoquen en la memorización de contenidos, sino en el desarrollo del pensamiento crítico, la argumentación y la toma de decisiones fundamentadas.

La educación CTSA es una alternativa para proponer un marco en el que se integre el conocimiento científico con las dimensiones sociales, económicas y ambientales, para de esta manera formar ciudadanos comprometidos con el desarrollo sostenible y la responsabilidad social (Bárcenas y Barrios, 2024; Solbes, 2019). La integración de la educación CTSA es un primer paso para hacer de la ciencia un instrumento de desarrollo social y económico en la zona. Además, esta formación tiene que desarrollar conocimientos, valores y competencias para promover la participación ética y responsable en la sociedad (Vázquez y Manassero, 2019).

A pesar que cada vez hay mayor aceptación de la educación CTSA, en la práctica se evidencian dificultades como las relacionadas a la falta de conocimientos por parte de los docentes, las limitaciones con los recursos tecnológicos y estructurales y resistencias al cambio de paradigma. La integración de tecnologías digitales y enfoques éticos son necesarios para fortalecer la alfabetización científica en América

Latina, pero se necesita de un compromiso continuo y coordinado entre profesores, instituciones y políticas públicas (Sued y Zubieta, 2022).

En este sentido, el objetivo de la presente revisión bibliográfica es analizar cómo influye la educación CTSA en el desarrollo de la alfabetización científica, por ende, se pretende integrar la evidencia actual acerca de cómo este tipo de enfoque contribuye al desarrollo de competencias científicas y los elementos que favorecen o no su implementación. La enseñanza innovadora CTSA ha de concebirse como un proceso contextualizado y abierto, donde el alumnado construye conocimientos significativos y socialmente útiles. La profundización en estas ideas necesita enfoques de investigación críticos que den cuenta de la realidad socioeducativa y tecnológica y que sugieran estrategias concretas de implementación para profesores y directivos de la educación (Vázquez y Manassero, 2012).

METODOLOGÍA

Esta revisión bibliográfica es de tipo integrador y sistemática, ya que no solo recopila información sobre el impacto de la educación CTSA en la alfabetización científica, sino que también analiza y sintetiza estudios teóricos, empíricos y contextuales de diferentes fuentes, tales como tesis doctorales, artículos científicos y documentos oficiales. Esta perspectiva posibilita reunir diversas perspectivas, ofreciendo una visión comprensiva y crítica del campo, enriqueciendo la comprensión del fenómeno estudiado y ofreciendo un marco conceptual. Además, la metodología

implica un enfoque cualitativo hermenéutico el cual se enfoca en el análisis detallado y contextualizado de los textos, permitiendo una interpretación amplia del fenómeno estudiado (Londoño et al., 2014). Esta mirada es útil para conocer cómo la literatura científica trata la alfabetización y la educación CTSA en diferentes contextos educativos. La técnica de estudio utilizada es el análisis de categorías temáticas en torno al tema central, apoyándose en un registro documental sistematizado (Martínez et al., 2023). El procedimiento llevado a cabo está definido por las etapas comunes que aplican para una revisión bibliográfica, las cuales son: definir el tema y el objetivo, establecer criterios de búsqueda y seleccionar fuentes a utilizar, emplear palabras clave, organizar y leer rigurosamente la literatura, evaluar críticamente las fuentes, realizar síntesis de los hallazgos y establecer las conclusiones. El propósito es develar los desarrollos y tendencias de la investigación sobre la educación CTSA y su contribución a la alfabetización científica, desde estudios internacionales, nacionales y locales.

Búsqueda bibliográfica y selección:

En la búsqueda y recopilación de documentos relevantes se incluyeron artículos científicos, tesis doctorales, libros y otros documentos pertinentes. Para la primera etapa de la búsqueda se tuvieron en cuenta las siguientes bases de datos: Google Académico, Dialnet, Scielo y Redalyc; considerando los ejes temáticos desarrollados más adelante en el presente documento. Posteriormente, continuó la indagación empleando las palabras clave “educación CTSA” y “alfabetización científica”.

Finalmente, la investigación se extendió a repositorios de universidades reconocidas a nivel nacional e internacional, por ejemplo, Universidad Nacional de Colombia, Universidad de Antioquia, Universidad de los Andes, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Universidad Internacional de La Rioja, entre otras.

Criterios de inclusión y exclusión:

Con el propósito de asegurar la pertinencia de los estudios considerados en esta revisión bibliográfica, se definieron los siguientes criterios de inclusión: en primer lugar, se seleccionaron únicamente publicaciones realizadas entre los años 2020 y 2025, con el objetivo de mantener la actualidad de la información; en segundo lugar, se incluyeron solo aquellos documentos con respaldo científico, tales como tesis doctorales, artículos indexados y documentos oficiales emitidos por el Ministerio de Educación; y, finalmente, se consideraron únicamente los textos con acceso completo al archivo, lo que permitió su análisis exhaustivo.

Por otro lado, respecto a los criterios de exclusión, se consideraron los siguientes aspectos: en primer lugar, se descartaron los artículos que carecen de respaldo científico; en segundo lugar, aquellos que no guardan una relación directa con el ámbito educativo; y, finalmente, los textos que no ofrecen acceso completo para su revisión detallada. La elección final de materiales se hace por su impacto académico, pertinencia y contribución reflexiva, creando una base documental actualizada que respalda la argumentación del artículo.

Revisión y evaluación bibliográfica:

La revisión de la literatura inicia con una lectura y exploración inicial de los documentos seleccionados con el fin de obtener una visión general de los contenidos que abordan la educación CTSA y la alfabetización científica. Esta primera lectura es exploratoria y se realiza para reconocer la importancia y principales contribuciones de cada fuente, para después clasificar la información recogida en ejes temáticos relacionadas con el objeto de estudio. Las categorías abarcan: La educación CTSA para el rediseño curricular y la enseñanza situada; el desarrollo de competencias científicas y ciudadanas a través del enfoque CTSA; la alfabetización científica y el pensamiento crítico en contextos socio-científicos; y la ciencia ciudadana como extensión del enfoque CTSA para la participación social. Posteriormente, la evaluación de las fuentes se realizó analizando el enfoque metodológico, los resultados y las conclusiones, además, se valoraron aspectos como la coherencia, pertinencia en el marco teórico y la actualidad de las referencias, posibilitando la identificación de temas recurrentes, tendencias y vacíos en la investigación.

Análisis e interpretación:

Cada documento es sometido a una lectura hermenéutica, como la definen Londoño et al. (2014): "leer, analizar, interpretar, relacionar y categorizar la información de acuerdo al interés y necesidad de la nueva investigación" (p. 30). Esta manera de acercarse a los textos puede contextualizarlos e interpretarlos en profundidad,

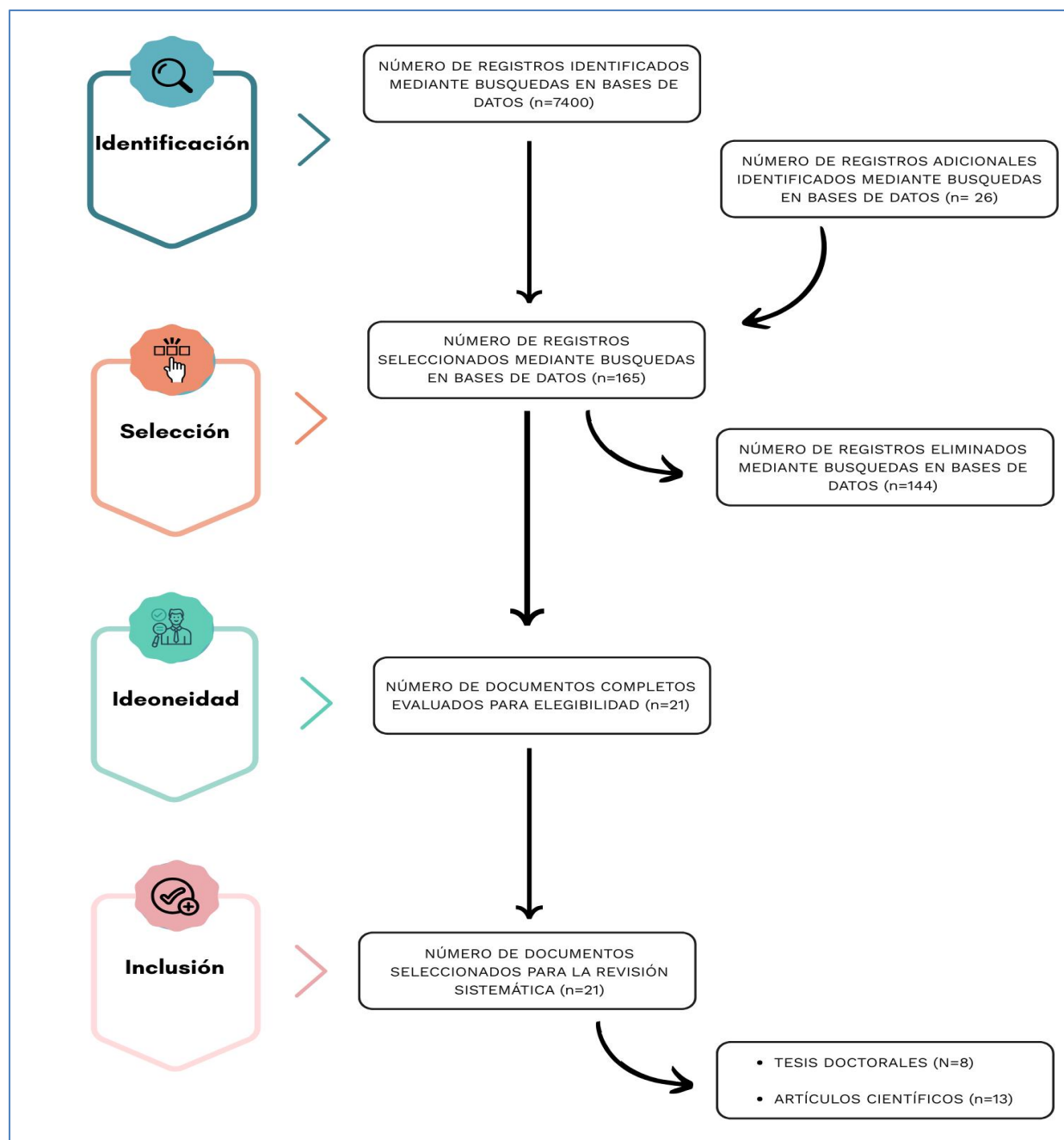
reconociendo significados explícitos e implícitos. Además, se compara críticamente entre los estudios revisados para encontrar similitudes, patrones y diferencias significativas en la literatura. Esta práctica apoya la síntesis de hallazgos y ofrece una perspectiva integrada y sólida sobre cómo la educación CTSA afecta la alfabetización científica.

DESARROLLO

Si se examina el origen de la educación CTSA (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente) se pueden rastrear sus antecedentes a partir de los cambios socio-científicos del siglo XX, cuando el vínculo entre los avances tecnológicos, científicos y sus consecuencias sociales se convirtió en un elemento esencial de la educación ciudadana. A partir de aquí, la sociedad continuó experimentando avances en ciencia y tecnología, sin tener cuidado de consolidar una alfabetización científica, generando en la ciudadanía interpretaciones y conceptos erróneos acerca de las repercusiones de dichos avances en la sociedad y el medio ambiente. Sumado a esto, la enseñanza de las ciencias se continuó llevando a cabo mediante metodologías tradicionales centradas en la mera transmisión y memorización de contenidos, apartados del contexto. De esta manera, resulta pertinente establecer como foco de la presente revisión la educación CTSA y la forma en que promueve el desarrollo de la alfabetización científica. Esta educación plantea una metodología que puede contribuir desarrollar a este pensamiento crítico y reflexivo.

Resumen y consolidación de un marco teórico:

Figura 1.
Esquema del proceso de recolección de información.



Nota. Este gráfico corresponde al esquema del proceso de recolección de información. Basado de Moher et al. (2009), retomado por Díaz y Fernández (2024) y adaptado al presente estudio.

Síntesis de la información:

La revisión documental se desarrolló desde la primera semana de septiembre hasta la mediados de octubre, período durante el cual se recopilaron ocho (8) tesis doctorales y trece (13) artículos científicos relacionados al estudio.

Resultados:

A continuación, se presentan los aspectos más destacados identificados en los documentos revisados relacionados con el enfoque CTSA y la alfabetización científica:

Tabla 1.

Relación de artículos y tesis doctorales seleccionadas.

Tipo	Documento revisado	Elementos relevantes
<i>Tesis</i>	La Relatividad General: alfabetización científica y tecnológica en la Educación Media en Colombia.	Utilizando los recursos didácticos y las estrategias adecuadas, los estudiantes logran comprender los conceptos, principios y aplicaciones de contenidos relacionados a la enseñanza de las ciencias, teniendo presente reflexiones epistemológicas y evaluando sus repercusiones sociales y tecnológicas (Castañeda, 2024).
<i>Tesis</i>	Módulo aprendamos a investigar para alfabetización científica en estudiantes del VII ciclo.	Lograr una alfabetización científica (AC) en los estudiantes requiere proyectar el aprendizaje desde una mirada de construcción de conocimientos. Por tal razón, se deben desarrollar situaciones problemáticas que respondan a los intereses de los alumnos (Hidalgo, 2021).
<i>Tesis</i>	De los neuromitos a la alfabetización científica de docentes en formación.	El aumento de lectura científica en los estudiantes fomenta el desarrollo de habilidades de autorregulación del aprendizaje, ayudando a lograr un pensamiento crítico en los mismos

<i>Tipo</i>	<i>Documento revisado</i>	<i>Elementos relevantes</i>
		(Torrijos, 2024)
<i>Tesis</i>	El desarrollo de habilidades de pensamiento crítico en educación primaria mediante temas de NdCyT.	La aplicación de modelos didácticos permite que los estudiantes adquieran los contenidos en ciencias de una manera significativa y contribuye a mejor aproximación a las concepciones de la naturaleza de la ciencia y la tecnología NdCyT (Ortega, 2022).
<i>Tesis</i>	Episodios Científicos históricos como recurso para fortalecer una perspectiva reflexiva sobre la naturaleza de la ciencia.	Una educación basada en la historia de las ciencias ayuda a abordar la enseñanza y aprendizaje de forma contextualizada, ya que contribuye a la formación de ciudadanos como sujetos sociales, con sentido crítico y reflexivo, atentos al cuidado de la naturaleza (Rodríguez, 2024).
<i>Tesis</i>	Investigación de los factores que afectan a la alfabetización científica en estudiantes de secundaria mediante Modelamiento de Ecuaciones Estructurales.	La alfabetización científica es importante para el desarrollo de futuras habilidades en ciencia, donde los docentes cobran un rol fundamental proponiendo actividades en las que los estudiantes puedan habituarse con la metodología científica (Quispe, 2024).
<i>Tesis</i>	La didáctica del área de ciencias naturales en la educación secundaria: aportes teóricos desde los estilos de aprendizaje.	El desempeño docente en la enseñanza de las ciencias naturales está relacionado con la implementación de la tecnología y la didáctica en su práctica pedagógica, ya que le permite tener en cuenta las responsabilidades propias de la educación, atendiendo el desarrollo de nuevas habilidades y competencias requeridas por su contexto y los cambios en su ejercicio formativo (Rodríguez, 2025).
<i>Tesis</i>	Alfabetización científica en alumnos de secundaria: diseño y aplicación de actividades prácticas utilizando laboratorios escolares electrónicos.	Para lograr resultados óptimos en alfabetización científica es importante emplear como eje de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias la indagación y la experimentación científica (Zárate, 2022).
<i>Artículo</i>	Alfabetización	Es relevante considerar la interacción ciencia,

PORTAFOLIO DE INVESTIGACION

<i>Tipo</i>	Documento revisado	Elementos relevantes
	científica, C-T-S-A y pensamiento crítico.	tecnología, sociedad y ambiente CTSA al analizar controversias socio-científicas y el desarrollo de un pensamiento crítico en el alumnado (García et al., 2022).
<i>Artículo</i>	Relaciones ciencia-tecnología-sociedad en la educación científica colombiana.	Los episodios históricos como contexto didáctico pueden emplearse para enseñar las perspectivas de la naturaleza de las ciencias, componente fundamental de la educación ciencia, tecnología y sociedad CTS (Álvarez et al., 2021)
<i>Artículo</i>	La experimentación en ciencias naturales como estrategia de alfabetización científica.	Las prácticas experimentales son un escenario de aprendizaje valioso para involucrar a los alumnos con el estudio de las ciencias naturales y mantener su enfoque investigativo es fundamental para incentivar el interés para conseguir un correcto desarrollo de la alfabetización científica (Neira, 2021).
<i>Artículo</i>	La enseñanza de las ciencias desde el enfoque CTSA en el sector provincial colombiano.	Para conseguir una educación en ciencias pertinente y de calidad se hace imprescindible lograr espacios de reflexión entre los docentes de educación media, donde se haga énfasis en la importancia que tiene en la enseñanza de las ciencias su relación con el desarrollo global del contexto cercano (Benítez, 2020)
<i>Artículo</i>	La CTS en la enseñanza de la ciencia en instituciones de educación media de Latinoamérica, 2018-2022.	La CTS en la enseñanza de las ciencias genera un cambio de formación y valores, logrando una democratización de los ciudadanos con toma de decisiones relacionadas a los problemas sociales relativos a la ciencia y la tecnología (Naranjo et al., 2023).
<i>Artículo</i>	Ciencia ciudadana y educación CTS/CTSA: mirando aportes, desafíos y oportunidades.	La ciencia ciudadana que involucra a los alumnos y a los maestros con iniciativas relacionadas a contextos del mundo real, es una opción para fomentar la educación en ciencias con enfoque CTS/CTSA al inducir al estudiante a la comprensión de la ciencia y las prácticas de investigación científica (Morais, 2022).
<i>Artículo</i>	Enfoque CTSA como estrategia el aprendizaje de la	Los estudiantes presentan motivación al implementar el enfoque CTSA para la enseñanza de las asignaturas relacionadas a

<i>Tipo</i>	Documento revisado	Elementos relevantes
<i>Artículo</i>	química en estudiantes de secundaria. Relaciones CTS en la educación científica colombiana.	las ciencias, facilitando el aprendizaje significativo (Murillo y Tirado, 2020). Los docentes en su proceso formativo se deben apropiar de metodologías y estrategias didácticas que favorezcan la comprensión del enfoque CTSA y su aplicabilidad en su práctica formativa (Vargas y Álvarez, 2021).
<i>Artículo</i>	Del CTSA educativo a la ambientalización del contenido y la formación ciudadana ambiental.	La perspectiva educativa de la educación CTSA ha permitido analizar el plano social y ambiental de la ciencia y la tecnología, favoreciendo la alfabetización científica y ambiental (Parga y Mora, 2020).
<i>Artículo</i>	Desarrollo del Enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en la Enseñanza de Genética.	La metodología de resolución de problemas integrada con el enfoque CTS, muestra una eficacia considerable en la promoción del aprendizaje significativo y contextualizado (Velásquez, 2025)
<i>Artículo</i>	Del CTSA educativo a la ambientalización del contenido y la formación ciudadana ambiental.	Los enfoques CTS/CTSA establecen una evolución de los contenidos relacionados a las ciencias y la tecnología, pasando de un contenido tradicional de enseñanza de las ciencias a una educación contextualizada (Parga, 2022).
<i>Artículo</i>	Construyendo la Didáctica de las Ciencias: hacia una Educación Científica basada en Evidencias.	En los sistemas educativos actuales prevalece el empleo de métodos de enseñanza tradicional, por lo cual, es necesario la formación de un profesorado crítico que implemente en su práctica formativa experiencias que contribuyan al desarrollo de la alfabetización científica (Solbes, 2024).
<i>Artículo</i>	Competencias científicas en los currículos de Ciencias Naturales: estudio comparativo entre Brasil, Chile y Colombia.	En países como Colombia, Chile y Brasil se priorizan sobre otras las competencias procedimentales y cognitivas, este hecho sugiere la implementación de una formación científica, donde los currículos estén alineados a los desafíos y demandas de la sociedad (Zompero et al., 2022).

Nota. Esta tabla corresponde a la relación de artículos y tesis doctorales seleccionadas.

Combinación de los Resultados:

La bibliografía consultada aborda la temática desde diversas perspectivas que, revisadas desde una mirada crítica del docente como facilitador del proceso de enseñanza de las ciencias, permitió agrupar los enfoques en cuatro grandes ejes temáticos que son: La educación CTSA como estrategia para el rediseño curricular y la enseñanza contextualizada; El desarrollo de competencias científicas y ciudadanas mediante el enfoque CTSA; La alfabetización científica y el pensamiento crítico en contextos socio científicos; y La ciencia ciudadana como extensión del enfoque CTSA para la participación social, aspectos que se desglosan a continuación:

Figura 2.

Ejes temáticos de la investigación.



Nota. Este gráfico corresponde a los ejes temáticos de la investigación.

Como se mencionó con anterioridad, **la educación CTSA como estrategia para el rediseño curricular y la enseñanza contextualizada** es fundamental para lograr una transformación educativa, en respuesta a las falencias de las prácticas convencionales de enseñanza de las ciencias, que generalmente se enfocan en contenidos aislados y descontextualizados de la realidad social y ambiental de los estudiantes. De esta manera, el diseño curricular se transforma en un proceso integral y situado que favorece aprendizajes significativos y pertinentes al contexto social, cultural y natural en el que viven los estudiantes. En ese contexto, la aplicación del enfoque CTSA en el sector provincial colombiano es un campo para concretar la articulación entre el conocimiento científico y las realidades/problemas territoriales. Este enfoque permite el desarrollo de un currículo localizado y pertinente de acuerdo a las desigualdades educativas de calidad (Benítez, 2020).

Como una contribución a la educación CTSA, la "ambientalización" va más allá de la inclusión de contenidos ambientales en la enseñanza de las ciencias, esta integra dichos contenidos desde la interdisciplinariedad y la educación. Por lo cual, se puede ver a la escuela como un lugar para conversar y reflexionar acerca de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (Parga, 2022). La ambientalización curricular no solo humaniza la enseñanza de las ciencias, sino que refuerza la capacidad de acción ciudadana de los estudiantes, en concordancia con las metas de una educación contextualizada y transformadora.

Por otra parte, aprender química desde el enfoque CTSA en estudiantes de secundaria muestra cómo la contextualización puede cambiar la forma de aprender, cuando la enseñanza vincula los contenidos científicos con contextos socioeconómicos y culturales reales, especialmente en el ámbito rural, los estudiantes ven la ciencia como algo útil y aplicable, lo que favorece la comprensión y el interés (Murillo y Tirado, 2020). En ese mismo sentido, existe la necesidad de considerar los diferentes estilos de aprendizaje en la enseñanza de ciencias naturales para fortalecer el enfoque CTSA y desarrollar una enseñanza activa, reflexiva y crítica. Por tal razón, el currículo a diseñar debe considerar esta diversidad, integrando metodologías y contenidos que se ajusten a las maneras de aprender de cada estudiante (Rodríguez, 2025). Esto es particularmente importante para la alfabetización científica, debido a que permite que el aprendizaje sea más accesible, situado y significativo, desarrollando competencias para comprender y hacer frente a asuntos científicos, tecnológicos y ambientales.

Finalmente, mediante la elaboración de nodos didácticos integradores se favorece un aprendizaje contextualizado y reflexivo que vincula la teoría con la práctica pedagógica para desarrollar competencias que ayuden a dar respuesta a las necesidades sociales y educativas actuales (Vargas y Álvarez, 2021). Esta estrategia, fomenta una educación mucho más flexible, interdisciplinaria y conectada con la realidad.

La segunda idea o eje temático está relacionado con **el desarrollo de competencias científicas y ciudadanas mediante el enfoque CTSA**, las cuales son necesarias para transformar la educación científica en una educación con sentido social. Desde la mirada CTSA, formar competencias científicas implica adaptar el aprendizaje a las necesidades e intereses de los estudiantes para alcanzar una educación inclusiva y pertinente. El empleo del enfoque CTSA en la enseñanza de ciencias para alumnos de secundaria, contribuye a su motivación y aprendan de manera significativa. (Zompero et al., 2022). Esta adaptación mejora no solo los niveles de comprensión científica, sino que desarrolla la capacidad crítica y la participación activa, características necesarias para una ciudadanía científica y ambiental.

Además, la educación de competencias ciudadanas desde esta perspectiva se fundamenta en la habilidad para juzgar científicamente los avances científicos y tecnológicos, sus consecuencias sociales y ambientales, y para participar en las decisiones democráticas. La educación CTSA fomenta estas habilidades al incluir elementos como las cuestiones socialmente vivas (CSV) o las socio-científicas (CSC), que abordan incertidumbres y dilemas complejos, promoviendo el razonamiento ético y la argumentación fundamentada en evidencias (Parga y Mora, 2020). De este modo, el estudiante aprende a moverse en situaciones sociales complejas, a reconocer las consecuencias sociales de la ciencia y la tecnología.

Un punto importante es que los currículos deben considerar la diversidad de habilidades y conocimientos de los estudiantes para que construyan conocimientos científicos a partir de sus propias experiencias. Como señala Velásquez (2025), cuando se habla de la didáctica de las ciencias naturales en la educación media, hacen énfasis en estrategias didácticas que atiendan a estilos de aprendizaje diversos y desarrollen competencias científicas y ciudadanas desde la perspectiva CTSA. Esta mirada pedagógica refuerza que la formación de competencias científicas y ciudadanas necesita un currículo flexible y adaptable, que guíe la enseñanza hacia el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la comprensión contextualizada.

También es importante mencionar las investigaciones que analizan los factores que influyen en el desarrollo de competencias científicas, como los estructurales por ecuaciones, que dan cuenta de la asociación entre variables afectivas, cognitivas y contextuales en estudiantes de secundaria. Estos estudios demuestran que la competencia científica no solo involucra conocimientos conceptuales, sino también aspectos motivacionales y contextuales, los cuales el enfoque CTSA integra para mejorar la formación científica (Quispe, 2024). Finalmente, la capacitación docente es un factor indispensable, ya que el desarrollo de competencias científicas y ciudadanas depende de las prácticas y habilidades pedagógicas de los profesores para aplicar enfoques CTSA de manera pertinente y efectiva. La formación y actualización permanente en este enfoque es necesaria para desarrollar una educación científica acorde a los retos sociales, tecnológicos y ambientales actuales (Torrijos, 2024).

Hablar de **alfabetización científica y pensamiento crítico en contextos socio-científicos** implica formar ciudadanos capaces de analizar, reflexionar y participar en problemas contemporáneos complejos que involucran ciencia, tecnología, sociedad y ambiente. Estas dimensiones son esenciales para formar ciudadanos capaces de analizar fenómenos desde una perspectiva crítica y basada en evidencias, sensibles y comprometidos éticamente con el mundo. Para que los estudiantes sean alfabetizados científicamente deben contar con las herramientas para analizar críticamente la información científica, distinguir entre hechos y participar informadamente en las decisiones sociales sobre las implicaciones de la ciencia y la tecnología en la sociedad y el medio ambiente. La argumentación y el pensamiento crítico conectan el aprendizaje con la vida diaria y el tratamiento de problemas sociales y ambientales (García et al., 2022).

En esta dirección, la alfabetización científica, desde la perspectiva CTSA, tiene que tener en cuenta tanto las habilidades cognitivas como las de acción ciudadana. La pedagogía de ciencias en centros educativos de nivel medio tiene que abandonar el enfoque memorístico de transmisión del contenido y progresar hacia uno que sea participativo, investigativo y reflexivo, vinculado con los problemas auténticos de las comunidades (Naranjo et al., 2022).

La experimentación es un método de alfabetización científica, aprender haciendo fomenta el pensamiento crítico porque supone formular preguntas, crear hipótesis, examinar resultados y reflexionar acerca de los procesos naturales y sociales que

forman parte de la ciencia. La experimentación implica el desarrollo de habilidades procedimentales y la metacognición, debido a que hace consciente al estudiante del camino del método científico (Neira, 2021).

La enseñanza empleando la naturaleza de la ciencia y la tecnología promueve actitudes de indagación, análisis y reflexión en estudiantes de los primeros niveles educativos, además, recalca la importancia de desarrollar el pensamiento crítico desde las primeras fases del aprendizaje. Con ellas se desarrollan habilidades interpretativas y argumentativas, con el fin de generar una cultura científica que pueda proyectarse en los niveles superiores del sistema educativo (Ortega, 2022). Esto hace evidente la necesidad de integrar como elemento fundamental de currículo en ciencias la capacitación en pensamiento y no solo como un aspecto transversal.

La inclusión de historias de la ciencia como herramienta educativa es útil para promover la alfabetización científica (Rodríguez, 2024). Desde el inicio, las narraciones históricas de la ciencia permiten a los estudiantes reconocer la ciencia como una actividad humana, con sus controversias, incertidumbres y condicionamientos sociales. Conocer estos contextos históricos hace reconocer la historicidad del conocimiento, reforzar la reflexión ética de la responsabilidad social de la ciencia y desarrollar el pensamiento crítico para juzgar la naturaleza perfectible del conocimiento científico.

En otro nivel educativo, se propone que la educación debe generar experiencias de indagación orientada y autonomía investigativa a través de módulos didácticos de investigación aplicada. Estas experiencias nutren la curiosidad y el pensamiento crítico,

ya que los estudiantes construyen y comparten su comprensión científica. En otras palabras, ser alfabetizado científicamente significa entender la ciencia y asimilarla culturalmente para convertirse en un ciudadano que puede participar en la sociedad (Hidalgo, 2021).

El enfoque CTSA influye en la educación media colombiana para diferenciar entre la información objetiva y la manipulación mediatizada por intereses sociales o económicos. Además, la enseñanza de la física desde paradigmas como el de la relatividad general puede abrir espacios para pensar en las dimensiones filosóficas y éticas del conocimiento científico (Castañeda, 2024). Los resultados que usualmente se encuentran en estas investigaciones muestran que la alfabetización científica y el pensamiento crítico se deben trabajar de forma integrada y transversal en todos los niveles educativos. La clave consiste en combinar estrategias experimentales, históricas, de investigación y tecnológicas que induzcan a los estudiantes a apropiarse del conocimiento científico como cultura y ciudadanía.

El cuarto y último eje temático que se aborda en la presente revisión bibliográfica es el relacionado con **la ciencia ciudadana como extensión del enfoque CTSA para promover la participación social**. Al abordar la investigación de manera auténtica en contextos reales y asuntos específicos, la ciencia ciudadana como estrategia pedagógica va más allá del aula y los temas curriculares. Esto permite que las comunidades, los alumnos y los profesores participen en procesos de investigación genuinos, lo cual promueve una alfabetización científica con un sentido social y

aprendizajes significativos. La ciencia ciudadana amplía la perspectiva CTSA al incorporar a los alumnos en proyectos de ciencia reales, colaborar con científicos de verdad y recopilar y examinar datos en fenómenos públicos. Esta participación genera un compromiso con el medio ambiente y la sociedad, lo cual hace que los ciudadanos tengan una mayor capacidad para actuar basándose en evidencias científicas (Morais, 2022). En ese sentido, cuando los estudiantes participan en actividades prácticas y colaborativas usando laboratorios escolares electrónicos, promueven el aprendizaje activo, la indagación autónoma y el desarrollo de competencias científicas y sociales integradas, dando un paso hacia la formación de personas capaces de vincular el conocimiento científico con la realidad social, desarrollando un aprendizaje crítico y participativo (García, 2025).

Finalmente, la revisión bibliográfica reconoce que, a pesar de los avances en la creación e implementación de la educación CTSA, aún existen vacíos y desafíos, muchos de ellos asociados a la sistematización de experiencias, la formación de profesores y la legitimación normativa para escalarla a nivel institucional y social.

Argumentación Crítica de los Resultados:

En esta revisión bibliográfica sobre el impacto de la educación CTSA en la alfabetización científica se encuentran seis criterios para entender, analizar y profundizar en las dimensiones que alfabetizan científicamente. Estos criterios son: rediseño curricular contextualizado; personalización y adaptabilidad del aprendizaje;

desarrollo de la alfabetización científica y el pensamiento crítico; inclusión de la ciencia ciudadana para la participación social; formación y responsabilidad docente; y brecha digital y desafíos tecnológicos. Cada uno contribuye a construir un marco coherente para el análisis crítico de la formación científica en la educación contemporánea.

El primer criterio, el cual es el rediseño curricular contextualizado, destaca la necesidad de vincular la enseñanza científica con problemas y realidades sociales, culturales y ambientales del entorno del estudiante. Esta contextualización permite dejar de lado un currículo fragmentado y desvinculado de la vida real para fomentar aprendizajes relevantes y significativos que fortalecen la alfabetización científica. Los documentos analizados coinciden en que la interrelación CTSA brinda al alumno herramientas cognitivas para entender el mundo en el que vive, y también transformarlo por medio de la ciencia.

El segundo principio hace énfasis en la adaptación de los diferentes tipos de aprendizaje a las necesidades y contextos particulares. La integración de tecnologías innovadoras, como las herramientas de IA, apoya esta adaptación curricular y la inclusión. Esta estrategia apoya un aprendizaje adaptable a las necesidades de cada estudiante y contexto, haciendo accesible, equitativa y motivadora la alfabetización científica para grupos diversos de estudiantes y contextos socioculturales diversos.

Un tercer criterio, referido al desarrollo de la alfabetización científica y el pensamiento crítico, destaca la importancia de competencias que van más allá del conocimiento de hechos, incluyendo habilidades para analizar información, razonar

científicamente y tomar decisiones fundamentadas sobre asuntos socio-científicos. Las investigaciones seleccionadas revelan que la alfabetización debe integrar contenidos interdisciplinarios con métodos activos, experimentales e histórico-contextuales que estimulen la reflexión ética, el diálogo y la participación activa de los estudiantes, elementos indispensables para formar ciudadanos críticos y conscientes.

En cuarto lugar, la ciencia ciudadana es concebida como una extensión del enfoque CTSA que invita a los estudiantes y la comunidad a participar activamente en procesos de producción de conocimiento científico. Esta participación real en proyectos científicos fortalece la alfabetización desde prácticas colaborativas y contextualizadas para fomentar un compromiso activo con el bienestar social y ambiental. No obstante, se apuntan vacíos en la formación docente para guiar estas iniciativas y la necesidad de diseñar políticas educativas claras que institucionalicen y apoyen la ciencia ciudadana como herramienta de transformación educativa y social.

El quinto criterio concierne a la formación continua y la responsabilidad ética de los docentes, quienes deben poseer competencias técnicas, pedagógicas y éticas para integrar el enfoque CTSA y las tecnologías emergentes en sus estrategias educativas. La responsabilidad docente es comprometerse con una educación científica, inclusiva y relevante, y usar las tecnologías con sentido y contexto, respetando la diversidad y la justicia social educativa.

Finalmente, el sexto criterio alude a la brecha digital y a las barreras tecnológicas de acceso y desarrollo de competencias científicas y ciudadanas. Esta

brecha tecnológica impacta generalmente a estudiantes que habitan en zonas rurales y contextos vulnerables, impidiendo su participación en una educación científica de calidad. La revisión señala la urgencia de políticas inclusivas y programas de capacitación que reduzcan estas brechas y entrenen tanto a estudiantes como a docentes en el manejo crítico y ético de las tecnologías en educación.

Estos seis criterios, enunciados de manera crítica, muestran que la educación CTSA tiene el potencial de transformar la alfabetización científica a través de prácticas contextualizadas, personalizadas, críticas, participativas y tecnológicamente enriquecidas. La dificultad de estos retos no puede esconder las posibilidades que abren estas prácticas educativas para formar ciudadanos competentes, reflexivos y comprometidos con el mundo actual.

CONCLUSIONES

Esta investigación, titulada "Influencia de la educación CTSA en el desarrollo de la alfabetización científica", demuestra que el enfoque CTSA (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente) es un modelo educativo capaz de unir los saberes científicos con las realidades concretas del ámbito social, cultural y ambiental. Lo que demuestra esta revisión de la literatura es que la educación CTSA no solo permite adquirir conocimientos científicos, sino también desarrollar habilidades ciudadanas, éticas, críticas y argumentativas para enfrentar problemáticas complejas a nivel social y científico. Aún más en contextos latinoamericanos, caracterizados por disparidades

educativas y socioeconómicas, existe la necesidad de una educación pertinente, estimulante y contextualizada que forme ciudadanos críticos, informados y comprometidos con el desarrollo sostenible.

Los sistemas educativos deben incorporar la educación CTSA como una herramienta para rediseñar el currículo, dándole prioridad a un aprendizaje que tenga relevancia y esté contextualizado. Supone ir más allá de métodos de enseñanza aislados y unir el aprendizaje con problemas y contextos locales para lograr una alfabetización científica integral. La personalización del aprendizaje es crucial, así como la adaptación a las necesidades, estilos y ritmos individuales de cada estudiante. Para ello, se pueden emplear metodologías activas y herramientas tecnológicas que fomenten la equidad y la inclusión.

Se considera que el pensamiento crítico es una capacidad fundamental de la alfabetización científica y que debe ser promovido a través de todas las etapas educativas. La óptica CTSA cultiva habilidades para reflexionar, razonar y decidir basándose en pruebas científicas, lo que prepara a los alumnos para enfrentar los desafíos sociales y ambientales contemporáneos desde una perspectiva ética y crítica. La investigación orientada, la experimentación y el empleo de episodios históricos científicos se encuentran entre las estrategias pedagógicas que producen los mejores resultados, ya que facilitan la apropiación del carácter cambiante, social y humano de la ciencia.

Por otro lado, la ciencia ciudadana emerge como una forma alternativa de los CTSA, en la que participan estudiantes, profesores y comunidades. Esta refuerza la alfabetización científica desde una mirada colaborativa y situada, de compromiso social y ambiental. Pero existen vacíos significativos en la capacitación docente y en la normativa institucional que impiden sistematizar y ampliar estas prácticas, y por lo tanto urge generar políticas educativas que respalden y regularicen la ciencia ciudadana en la educación formal.

Respecto a la capacitación del profesorado, se enfatiza en la importancia de mantener una actualización constante de sus habilidades éticas, técnicas y pedagógicas para poder implementar el enfoque CTSA de manera adecuada y eficaz. Para alcanzar una educación científica, crítica, inclusiva y contextualizada, es fundamental que el profesorado esté comprometido. Esto implica utilizar de manera responsable y reflexiva tecnologías emergentes, respetando la diversidad y la justicia educativa en términos sociales.

Uno de los desafíos identificados es la desigualdad en el acceso a recursos tecnológicos por parte de estudiantes que habitan en zonas rurales y territorios vulnerables. Disminuir estas diferencias con programas educativos y políticas inclusivas, llevará a la alfabetización científica y ciudadana de una manera mucho más equitativa.

Finalmente, la educación CTSA puede alfabetizar científicamente. Su efectividad depende de una integración contextualizada, personalizada, crítica y colaborativa, con profesores capacitados y políticas explícitas que aborden los desafíos sociales y

tecnológicos. Solo de este modo podrán formar ciudadanos capaces de analizar, reflexionar y actuar ante los problemas actuales con un sentido ético, científico y socialmente responsable. Esta revisión bibliográfica ofrece una base para investigaciones y prácticas pedagógicas futuras que aspiren a consolidar la educación CTSA en Colombia y Latinoamérica, con el fin de desarrollar una enseñanza científica que solucione los retos contemporáneos y ayude a crear sociedades más equitativas y sustentables.

REFERENCIAS

- Acevedo, J. A., Vázquez-Alonso, A., y Manassero-Mas, M. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 2(2), 80-111.
- Álvarez-Tobón, Y. N., Arroyave-Giraldo, D. I., y García-Carmona, A. (2021). Relaciones ciencia-tecnología-sociedad en la educación científica colombiana: una revisión del estado de la cuestión (2017-2021). *Revista Científica*, 42(3), 353-367.
- Bárcenas, J. C., y Barrios, J. E. (2024). Simulaciones PhEt y diálogo socrático para el desarrollo de competencias científicas y argumentativa en física. *Dialéctica*, 1(23).
- Benítez, O. A. (2020). La enseñanza de las ciencias desde el enfoque CTSA en el sector provincial colombiano. *#Tear Revista de Educação Ciência E Tecnologia*, 9(2).
- Castañeda-Zapata, E. (2024). *La Relatividad General: alfabetización científica y tecnológica en la Educación Media en Colombia*. [Tesis doctoral]. Universidad de Antioquia.
- Díaz Tejerina, D., y Fernández Río, J. (2024). El modelo pedagógico de educación física relacionado con la salud. Una revisión sistemática siguiendo las directrices PRISMA (Health-based physical education model. A systematic review according to PRISMA guidelines). *Retos*, 51, 129-135.
- García Fernández, B., Paños, E. y Ruiz-Gallardo, J.R. (2022). Alfabetización científica, C-T-S-A y pensamiento crítico. Conceptualización y aplicaciones en el ámbito educativo: la gestión del agua. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 6(2), 17-31.
- Hidalgo Caso, P. G. (2021). *Módulo aprendamos a investigar para alfabetización científica en estudiantes del VII ciclo, área: Ciencia Tecnología y Ambiente, Instituciones Educativas Públicas, la Oroya, 2018*. [Tesis doctoral]. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Londoño, O., Maldonado, L., y Calderón, L. (2014). *Guía para construir estados del arte*. International Corporation of Networks of knowledge. Bogotá.
- Martínez, J., Palacios, G., y Oliva, D. (2023). Guía para la revisión y el análisis documental: propuesta desde el enfoque investigativo. *Revista Ra Ximhai*, 19(1), 67-83.
- Ministerio de Educación Nacional – MEN. (2016). Derechos básicos de aprendizaje – ciencias naturales. Bogotá, Colombia: Ministerio de Educación Nacional de Colombia.
- Morais, C. (2022). Ciencia ciudadana y educación CTS/CTSA: mirando aportes, desafíos y oportunidades. *Revista Iberoamericana De Ciencia, Tecnología Y Sociedad - CTS*, 17(51), 157-178.

- Murillo Durán, M. C., y Tirado Santamaría, E. (2020). Enfoque Ciencia Tecnología Sociedad y Ambiente CTSA como estrategia el aprendizaje de la química en estudiantes de secundaria. *Cultura Educación Y Sociedad*, 11(2), 270–284.
- Naranjo Mora, M. J., Veloz Ronquillo, V. X., y De La Cruz Lozado, J. (2023). La CTS en la enseñanza de la ciencia en instituciones de educación media de Latinoamérica, 2018-2022. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 11378-11397.
- Neira Morales, J. C. R. (2021). La experimentación en ciencias naturales como estrategia de alfabetización científica. *UCMaule*, 60, 102-116.
- Ortega Quevedo, V. (2022). *El desarrollo de habilidades de pensamiento crítico en educación primaria mediante temas de naturaleza de la ciencia y la tecnología*. [Tesis doctoral]. Universidad de Valladolid.
- Parga Lozano, D. L. (2022). Del CTSA educativo a la ambientalización del contenido y la formación ciudadana ambiental. *Revista Iberoamericana De Ciencia, Tecnología Y Sociedad - CTS*, 17(51), 117–140.
- Parga Lozano, D., y Mora Penagos, W. (2020). Educación CTSA en Colombia. Un balance de 20 años. *Boletín de la AIA-CTS*, 12, 120-126.
- Quispe Victoria, F. (2024). *Investigación de los factores que afectan a la alfabetización científica en estudiantes de secundaria mediante Modelamiento de Ecuaciones Estructurales*. [Tesis doctoral]. Universidad Nacional de Huancavelica.
- Rodríguez Castellanos, A. (2025). *La didáctica del área de ciencias naturales en la educación secundaria: aportes teóricos desde los estilos de aprendizaje*. [Tesis doctoral]. Universidad Pedagógica Experimental Libertador– UPEL.
- Rodríguez Ramírez, D. (2024). *Episodios Científicos históricos como recurso para fortalecer una perspectiva reflexiva sobre la naturaleza de la ciencia*. [Tesis doctoral]. Universidad de Antioquia.
- Rubiano, S., y Barandiarán, J. (2022). CTS en América Latina, «un mundo en muchos mundos». *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 14(28), e2566.
- Solbes, J. (2019). Cuestiones socio-científicas y pensamiento crítico: Una propuesta para cuestionar las pseudociencias. *Tecné, Episteme Y Didaxis: TED*, (46), 81–99.
- Solbes, J. (2024). Construyendo la Didáctica de las Ciencias: hacia una Educación Científica basada en Evidencias. *Praxis & Saber*, 15(40), 1-17.
- Sued, G. E., y Zubieta, J. (2022). Estudiar las plataformas con un enfoque CTS: desafíos para los tiempos que corren y para los que vendrán. *Revista Iberoamericana De Ciencia, Tecnología Y Sociedad - CTS*, 17(50), 195–199.
- Torrijos Muelas, M. (2024). *De los neuromitos a la alfabetización científica de docentes en formación: hacia una educación basada en la evidencia*. [Tesis doctoral]. Universidad de Castilla-La Mancha.

- Vargas, C., y Álvarez, E. (2021). El enfoque CTSA como propuesta de eje orientador en el rediseño curricular por competencias de una carrera de pedagogía en ciencias. *Revista Electrónica De Investigación En Docencia Universitaria*, 3(1), 52-72.
- Vázquez-Alonso, A., y Manassero-Mas, M. (2019). La educación de ciencias en contexto: Aportaciones a la formación del profesorado. *Tecné, Episteme Y Didaxis: TED*, (46), 15–37.
- Vázquez-Alonso, A., y Manassero-Mas, M. (2012). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 2-31.
- Velásquez, P. (2025). Desarrollo del Enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en la Enseñanza de Genética: Propuesta Didáctica para la Educación Media. *Estudios Y Perspectivas Revista Científica Y Académica*, 5(2), 2828–2840.
- Zárate Moedano, R. (2022). *Alfabetización científica en alumnos de secundaria: diseño y aplicación de actividades prácticas utilizando laboratorios escolares electrónicos*. [Tesis doctoral]. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Zoido, P., Albornoz, F., Prieto, A., Almeyda, G., Hernández Cardozo, J. C., Oubiña, V., y Calderón, M. (2023). *Multiplicar aprendizajes: tutorías a distancia para potenciar la escuela*.
- Zompero, A., Parga, D., Werner, C., y Vildosola, X. (2022). Competencias científicas en los currículos de Ciencias Naturales: estudio comparativo entre Brasil, Chile y Colombia. *Praxis & Saber*, 13(34), e13401.