

Impacto de la enseñanza CTS de soluciones químicas en comprensiones científicas y tecnológicas de estudiantes brasileños

Impact of STS teaching of chemical solutions on brazilian students' scientific and technological understandings

João Guilherme Nunes Pereira,¹ Caroline de Goes Sampaio¹ y Yair Alexander Porras Contreras²

Resumen

En Brasil, la Base Nacional Común Curricular (BNCC) promueve múltiples enfoques pedagógicos en Ciencias Naturales durante la Educación Secundaria. En este contexto, las estrategias de enseñanza han integrado la relación entre Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), favoreciendo enfoques temáticos aplicados. Este artículo analiza una actividad sobre soluciones químicas basada en el enfoque CTS, investigando sus contribuciones a la comprensión de los saberes científicos y tecnológicos en sus contextos sociales con estudiantes de 2º año de la Educación Secundaria en el curso técnico integrado en Química del Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Ceará (IFCE), en Estado de Ceará, Brasil. Se adoptó un estudio de caso con enfoque mixto, de carácter exploratorio y descriptivo, con la participación de 17 estudiantes. A partir del Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS), los resultados mostraron un aumento en los índices de comprensión promedio de los ítems adecuados y plausibles entre pretest y posttest. En contraste, la mayoría de los ítems ingenuos redujeron sus índices, lo que indica que la actividad fomentó reflexiones críticas sobre cuestiones CTS. Los hallazgos sugieren que estrategias didácticas basadas en CTS pueden mejorar la comprensión de conceptos científicos y su aplicación en la sociedad, promoviendo un aprendizaje contextualizado y significativo.

Palabras clave: aprendizaje, enfoque CTS, educación secundaria, soluciones químicas.

Abstract

In Brazil, the Common National Curriculum Base (BNCC, acronym in portuguese) promotes multiple pedagogical approaches in Natural Sciences during Secondary Education. In this context, teaching strategies have integrated the relationship between Science, Technology, and Society (STS), favoring applied thematic approaches. This article analyzes an activity on Chemical Solutions (CS) based on the STS approach, investigating its contributions to understanding scientific and technological knowledge in its social contexts with second-year Secondary Education students in the integrated technical course in Chemistry at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Ceará (IFCE, acronym in Portuguese), in the state of Ceará, Brazil. A case study with a mixed-methods approach, of an exploratory and descriptive nature, was adopted, involving 17 students. Based on the Opinions Questionnaire on Science, Technology, and Society (COCTS, acronym in spanish), the results showed an increase in the average comprehension indices of the appropriate and plausible items between the pre-test and post-test. In contrast, most naïve items reduced their indices, indicating that the activity fostered critical reflections on STS issues. The findings suggest that STS-based didactic strategies can enhance the understanding of scientific concepts and their application in society, promoting contextualized and meaningful learning.

Keywords : learning, STS approach, secondary education, chemical solutions.

CÓMO CITAR:

Nunes Pereira, J. G., de Goes Sampaio, C., y Porras Contreras, Y. A. (2026, enero-marzo). Impacto de la enseñanza CTS de soluciones químicas en comprensiones científicas y tecnológicas de estudiantes brasileños. *Educación Química*, 37(1). <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2026.1.91276>

¹ Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Ceará Brasil.

² Universidad Pedagógica Nacional de Colombia Colombia.

Introducción

En Brasil, el panorama educativo de la escuela secundaria ha experimentado transformaciones significativas con la promulgación de la Base Nacional Común Curricular (BNCC) en 2018 y sus nuevas directrices para los procesos de enseñanza y aprendizaje. Estas orientaciones promueven enfoques didácticos fundamentados en la contextualización, con el objetivo de fomentar la construcción significativa del conocimiento en estrecha relación con los desafíos cotidianos de los estudiantes (Brasil, 2018). En el ámbito de las ciencias naturales, la Química se configura como un espacio privilegiado para el desarrollo de comprensiones más profundas y complejas, permitiendo a los estudiantes analizar fenómenos químicos de manera integrada, amplia y coherente con cuestiones sociocientíficas (Stadler y Azevedo, 2021).

Diversos estudios han evidenciado las dificultades que enfrentan los estudiantes en el aprendizaje de la Química durante la Educación Secundaria en Brasil, resaltando la necesidad de desarrollar habilidades de pensamiento crítico a partir de un enfoque contextualizado (Yamaguchi y Nunes, 2019; Chaves y Meotti, 2019; Almeida, Neves y Yamaguchi, 2022). En este sentido, la literatura destaca dos aspectos fundamentales para promover un aprendizaje profundo en Química: (i) la contextualización del conocimiento, que permite vincular los conceptos científicos con situaciones del mundo real (Finger y Bedin, 2019), y (ii) el enfoque colaborativo en el trabajo escolar, que favorece la construcción colectiva del conocimiento y el desarrollo de competencias socioemocionales (Richetti y Alves Filho, 2014).

Algunos estudios reconocen el aporte del enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) en la contextualización y el trabajo colaborativo, en el marco de la formación científica de los ciudadanos (Aikenhead, 1994; Autoría). Esta perspectiva permite incorporar elementos epistemológicos, filosóficos y metodológicos en la comprensión de los impactos derivados de los avances científicos y tecnológicos sobre la sociedad, sin desconsiderar el papel de las comunidades en la configuración de dicho conocimiento (Palacios et al., 2003; Chrispino, 2017; García-Franco, Chamizo y Catalá-Rodes, 2024). Enseñar conceptos químicos desde estos preceptos requiere, por tanto, el ingenio de docentes comprometidos con la contextualización entre creencias y saberes, articulados en vínculos tecnocientíficos de interés social (Acevedo et al., 2005; Linsingen, 2007).

En consonancia con los argumentos presentados, el propósito del presente artículo es analizar una actividad sobre soluciones químicas basada en el enfoque CTS, investigando sus contribuciones a la comprensión de saberes científicos y tecnológicos en sus contextos sociales con estudiantes del 2º año de la Educación Secundaria, en el curso técnico integrado en Química del Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Ceará (IFCE), Campus Maracanaú, Brasil. De este modo, se pretende responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿En qué medida el contenido químico, abordado desde el enfoque CTS como eje generador de criticidad y reflexividad, puede fomentar comprensiones científicas y tecnológicas en los estudiantes? El estudio integra distintos campos sociales del conocimiento en su argumentación, evidenciando aplicaciones de la Química en la vida cotidiana y su relevancia social, favoreciendo una comprensión holística y contextualizada de los fenómenos científicos y tecnológicos mediante prácticas como la argumentación y la indagación.

Estado de la Cuestión: el Enfoque CTS y la Educación Científica

A lo largo del siglo XX, la humanidad vivió una intensa fase de descubrimientos científicos y desequilibrios de orden político, social, económico y ambiental, los cuales evidenciaron lo que se denominó «crisis de civilización». Este escenario reveló un cambio en el paradigma de sociedad y en los fundamentos de la educación científica. En ese contexto, surgió el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), orientado a integrar dimensiones sociales y culturales en la comprensión de la ciencia y la tecnología (Cutcliffe, 2001). El enfoque CTS surgió inicialmente en América del Norte y Europa, entre los años 1960 y 1970, con el objetivo de estructurar métodos de enseñanza de la ciencia que contribuyeran a la formación ciudadana (Santos y Mortimer, 2001). La progresión del movimiento provocó que la conciencia ciudadana se enfocara en intereses situados en un tiempo y espacio específico, ratificando que el «enfoque CTS concibe la ciencia y la tecnología como proyectos complejos que tienen lugar en culturas históricas y específicas» (Chrispino, 2017, p. 06).

El movimiento CTS incorporó una perspectiva social de los cambios impulsados por los avances tecnocientíficos, en especial los «riesgos que puede traer el uso no responsable de conocimientos y tecnologías» (Chrispino, 2017, p. 86), así como los intereses sociales involucrados (Aikenhead, 1994; Cutcliffe, 2001; Linsingen, 2007). En este contexto, el enfoque CTS asumió particularidades regionales, con énfasis en las corrientes norteamericana, europea y latinoamericana (Chrispino, 2017). La tradición europea surgió en los años 1970, con una base sociológica e histórica sobre la ciencia, destacando a la Universidad de Edimburgo y a investigadores como Bloor, Barnes y Shapin, que reflexionaron sobre la sociología del conocimiento (García, Cerezo y López, 1996). Inspirados en Kuhn, promovieron cuestionamientos epistemológicos y una crítica interdisciplinaria al positivismo (Linsingen, 2007; Guerreiro et al., 2021).

La tradición norteamericana, por su parte, se centró en las consecuencias del desarrollo científico y tecnológico sobre la sociedad y el medio ambiente, proponiendo que dichos desafíos socioambientales debían ser enfrentados mediante la consolidación de una ciudadanía participativa, que integrara la ciencia y la tecnología como componentes de la vida social (García-Franco, Chamizo y Catalá-Rodes, 2024). Esta corriente fue considerada activista, al respaldar manifestaciones sociales en las décadas de 1960 y 1970, que impulsaron movimientos ecologistas y contraculturales (Linsingen, 2007). El enfoque CTS en América del Norte se consolidó como un campo de estudio a partir de la década de 1960, especialmente en Estados Unidos y Canadá, siendo considerado altamente influyente al incorporar temas como medio ambiente, cultura, género y salud en la agenda científica y tecnológica (Ribeiro, Santos y Genovese, 2017).

En América Latina, el enfoque CTS también tuvo sus inicios en la década de 1970, cuando académicos comenzaron a cuestionar el papel de la ciencia y la tecnología frente a los problemas éticos y sociopolíticos de la región. Investigadores se dedicaron a analizar cómo la ciencia y la tecnología contribuían a la reproducción de relaciones de poder, opresión y desigualdad en el contexto latinoamericano (Sutz, 1998; Vaccarezza, 2011). Según Rodríguez y Del Pino (2017), las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad permiten estructurar políticas inclusivas mediante la participación ciudadana y la toma de decisiones fundamentadas en argumentos científicos y tecnológicos.

Los enfoques educativos basados en la perspectiva CTS, orientados al desarrollo del pensamiento crítico, han ganado notoriedad a medida que las interrelaciones entre ciencia, tecnología y sociedad se tornan cada vez más evidentes (Mansour, 2009; Strieder, Torija y Quílez, 2017). En este sentido, se han desarrollado investigaciones en diversas regiones del mundo, como el proyecto de García-Carmona (2008) en España, que busca promover una comprensión realista y contextualizada mediante la enseñanza problematizadora de las ciencias; el estudio de Solbes, Burbano y Zambrano (2019) sobre el enfoque CTS en los currículos de ciencias modernas en Colombia; y el análisis de Lorenzetti, Siemsen y Oliveira (2017) respecto a la alfabetización científica y tecnológica en materiales didácticos para la enseñanza de la Química en Brasil.

En estas concepciones, el enfoque CTS se consolida en el siglo XXI como una base esencial para la reflexión crítica y el abordaje de desafíos políticos, sociales y ambientales, como el conflicto entre Ucrania y Rusia, la adopción de procesos industriales sostenibles vinculados a la Química Verde, y los debates sobre el escepticismo y la confianza en la ciencia tras la pandemia de la COVID-19 (Moreira, Aires y Lorenzetti, 2017; Martins, 2022). La interrelación entre ciencia, tecnología y sociedad permite una comprensión más profunda de los impactos antropogénicos sobre el medio ambiente y promueve la formulación de soluciones frente a conflictos políticos y daños ecológicos. Así, una educación científica basada en la perspectiva CTS impulsa el desarrollo de una ciudadanía crítica y comprometida, promoviendo la reflexión sobre el uso responsable de los recursos naturales y la adopción de posturas éticas y socialmente responsables (García-González, 1998).

Metodología

Esta pesquisa es desarrollada por el Grupo de Investigación en Enseñanza de la Química e Innovación (GPEQI) del Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Ceará (IFCE), patrocinada por el Gobierno de Brasil. Los principios metodológicos que orientan el presente estudio se enmarcan en el paradigma mixto, con un enfoque exploratorio y descriptivo. La investigación se desarrolló a través de un estudio de caso, según las descripciones de Yin (2015), el cual tiene por objeto comprender y describir de manera exhaustiva un fenómeno social en un grupo de individuos.

Muestra

La muestra de esta investigación estuvo compuesta por 17 estudiantes del 2º año de secundaria del curso técnico integrado en Química (turnos Mañana/Tarde) del Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Ceará (IFCE), en el estado de Ceará, Brasil. Su inclusión se basó en la matrícula regular en dicho curso, el consentimiento informado de los participantes y la autorización de sus tutores legales.

Instrumento de recogida y análisis de datos

El instrumento utilizado para la recolección de datos fue un cuestionario aplicado antes y después de la implementación de esta propuesta didáctica, con el objetivo de identificar las comprensiones CTS de los estudiantes. Estuvo compuesto por cinco preguntas seleccionadas del Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS), extraídas de su banco internacional desarrollado por diversos investigadores del área (Manassero y Alonso, 2001; Alonso, Manassero y Díaz, 2005). Para el análisis, se emplearon procedimientos del Modelo de Respuesta Múltiple (MRM) (Figura 1).

FIGURA 1. Significados y procedimientos para el cálculo del MRM.

Fuente: Manassero y Alonso (2001, p. 20).

Notas:

aj: puntuación actitudinal directa para la oración «Adecuado» j.

pj: puntuación actitudinal directa para la oración «Plausible» j.

nj: puntuación actitudinal directa para la oración «Ingenua» j.

Na, *Np* y *Nn*: número de oraciones pertenecientes a cada una de las categorías «Adecuado», «Plausible» o «Ingenuo».

Σ : suma de las puntuaciones directas de $j = 1$ a $j = Na$ ($j = Np$ o $j = Nn$) para el conjunto de oraciones pertenecientes a cada una de las categorías «Adecuado», «Plausible» o «Ingenuo».

Categorías	Número de posiciones	Escala de valoración: significado de las puntuaciones										Cálculo de las puntuaciones directas			Cálculo de los índices de actitud de categoría		
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	Máximo	Fórmula	Mínimo	Máx.	Índices	Min.	
Escala directa																	
		Total	Casi total	Alto	Parcial alto	Parcial	Parcial bajo	Bajo	Casi nulo	Nulo							
Adecuadas	N_a	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	$+4N_a$	$\sum a_j$	$-4N_a$	1	$I_a = \sum a_j / 4N_a$	-1	
Plausibles	N_p	-2	-1	0	1	2	1	0	-1	-2	$+2N_p$	$\sum p_j$	$-2N_p$	1	$I_p = \sum p_j / 2N_p$	-1	
Ingenuas	N_n	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	$+4N_n$	$\sum n_j$	$-4N_n$	1	$I_n = \sum n_j / 4N_n$	-1	
Total	N														$\text{Índice de actitud global de cada ítem}$	1	
																$I = (I_a + I_p + I_n) / 3$	-1

Las puntuaciones de los ítems se clasifican en tres categorías: Adecuada (A), Plausible (P) e Ingenua (I), según criterios específicos para cada pregunta, con base en una escala de valoración del 1 al 9. A partir de estas puntuaciones, se generan índices actitudinales para cada ítem, los cuales también pueden ser agrupados para formar un índice global por cuestión o por categoría. En este estudio, se analizaron de forma individual los índices de cada ítem, calculando el promedio de las respuestas en función del total de participantes (17 estudiantes). Las respuestas adecuadas reflejan conocimientos pertinentes desde una perspectiva histórica, filosófica y epistemológica de la ciencia. Las opciones plausibles, aunque no completamente correctas, presentan cierta conexión parcial con el conocimiento científico. Por su parte, las respuestas ingenuas expresan ideas poco reflexionadas o percepciones erróneas sobre la ciencia (Alonso, Díaz y Manassero, 2006). Las preguntas seleccionadas del COCTS se organizan según criterios de contenido, tema y subtema, como se detalla en la Tabla 1.

Pregunta	Contenido	Tema	Subtema
10111	Definiciones de ciencia y tecnología	Ciencia y tecnología	Ciencia
10311			Innovación y desarrollo
20511	Sociología externa de la ciencia	Influencia de la sociedad en la ciencia/tecnología	Instituciones educativas
40411		Influencia de la ciencia/tecnología en la sociedad	Solución de problemas
40421		Influencia de la ciencia escolar en la sociedad	Caracterización escolar de la ciencia.

Se puede ver, en la Tabla 1, que las preguntas 10111 y 10311 comprenden las definiciones de Ciencia y Tecnología (CyT), junto con aspectos de innovación y desarrollo en estas áreas. Las preguntas 20511, 40411 y 40421, por otro lado, integraron temas pertinentes a la sociología externa de la ciencia, abordando las influencias CTS en las instituciones educativas, la resolución de problemas sociales y la caracterización escolar de la ciencia.

Actividad pedagógica y construcción de comprensiones

La propuesta didáctica que orientó este estudio fue organizada en seis (6) momentos secuenciales de investigación, los cuales integraron actividades pedagógicas y

TABLA 1. Parámetros incorporados en las preguntas seleccionadas de COCTS.

Fuente: Elaborado por los autores (2025).

procedimientos metodológicos dirigidos a la construcción y evaluación de conocimientos desde el enfoque CTS. Estos momentos contemplaron desde la autorización ética y aplicación del instrumento de recolección de datos, hasta el desarrollo de actividades didácticas con base en la enseñanza de contenidos químicos en contextos sociocientíficos. La Tabla 2 presenta una descripción sintética de cada uno de estos momentos.

Momento de investigación	Descripción
1º	Presentación de la propuesta de investigación y entrega de los términos de consentimiento y autorización de los responsables
2º	Aplicación previa de COCTS con estudiantes
3º	Clase sobre relaciones CTS de soluciones químicas
4º	Clase de discusión entre estudiantes sobre los contenidos tratados en CTS
5º	Clase de presentación de seminarios sobre contenidos en CTS
6º	Aplicación posttest del COCTS con estudiantes

TABLA 2. Descripción de momentos de investigación.

Fuente: Elaborado por los autores (2025).

Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación (CEP) del Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Ceará (IFCE), obteniendo el Certificado de Presentación de Apreciación Ética (CAAE) nº 64608322.0.0000.5589. Tras la aprobación ética, se presentó la propuesta de investigación a los estudiantes y se obtuvieron las autorizaciones correspondientes. Para la recolección de datos, se aplicó el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS), permitiendo analizar las comprensiones científicas y tecnológicas de los participantes en las fases de pretest y postest.

La actividad pedagógica se estructuró en tres momentos principales, con el objetivo de fortalecer la comprensión de los participantes sobre el enfoque CTS en el estudio de soluciones químicas, divididos en: (i) Clase sobre relaciones CTS de soluciones químicas, (ii) Clase de discusión entre estudiantes sobre los contenidos tratados en CTS y (iii) Clase de presentación de seminarios sobre contenidos en CTS. Su diseño se fundamentó en los aportes de Aikenhead (1994), particularmente en los momentos 3, 4 y 5 de enseñanza (Tabla 2).

El tercer momento, con una duración total de cuatro horas, se centró en el desarrollo de una clase expositiva, centrada en el diálogo y orientada a la comprensión de conceptos científicos esenciales vinculados al enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). En esta etapa, se presentó una definición detallada del enfoque CTS dentro del campo de la Química, destacando su relevancia para el análisis crítico de fenómenos tecnocientíficos. Asimismo, se discutió cómo este enfoque puede integrarse en diversas áreas del conocimiento, favoreciendo una visión interdisciplinaria de los saberes científicos. Se enfatizó particularmente la presencia de la Química en situaciones cotidianas, problemáticas sociales y contextos tecnológicos, lo que permitió una mayor conexión entre teoría y práctica. También se abordaron contenidos específicos relacionados con soluciones químicas, como concentración molar, fracción molar, solubilidad y otras propiedades fisicoquímicas, que sirvieron de base para las etapas posteriores de la propuesta didáctica.

El cuarto momento tuvo una duración de dos horas y se caracterizó por la implementación de estrategias activas centradas en la resolución de cuestiones

sociocientíficas. Inspirados en el modelo de enseñanza de Aikenhead (1994), los investigadores diseñaron diez preguntas problematizadoras de autoría propia relacionadas con soluciones químicas y contextualizadas desde el enfoque CTS, que abordaran la salud humana, el aire atmosférico, los medicamentos, los productos alimenticios y las sustancias químicas generales en el laboratorio y en la vida cotidiana. Estas preguntas fueron discutidas en profundidad por los estudiantes, quienes se organizaron en tres equipos colaborativos (dos grupos de seis y uno de cinco integrantes). Las dinámicas promovieron el análisis crítico, el desarrollo del pensamiento argumentativo y la integración de saberes científicos con problemáticas sociales reales. Al finalizar, cada grupo expuso sus reflexiones al resto de la clase, fomentando el debate colectivo bajo la mediación de los investigadores.

El quinto momento, con una duración de dos horas, consistió en una exposición argumentativa mediante la presentación de un seminario, en el cual los estudiantes fueron invitados a enseñar dos o tres temas específicos de la Química. Esta estrategia favoreció el protagonismo estudiantil y permitió la producción de ocho reflexiones que relacionaban aspectos científicos, tecnológicos y sociales de los contenidos abordados (Figura 2). Dichas reflexiones fueron analizadas y discutidas colectivamente, promoviendo un aprendizaje colaborativo y una visión crítica de la ciencia. Además, la actividad fortaleció habilidades como la argumentación, la comunicación oral y el pensamiento autónomo, consolidando la comprensión de los participantes sobre la interrelación entre la ciencia, la tecnología y su impacto en la sociedad.

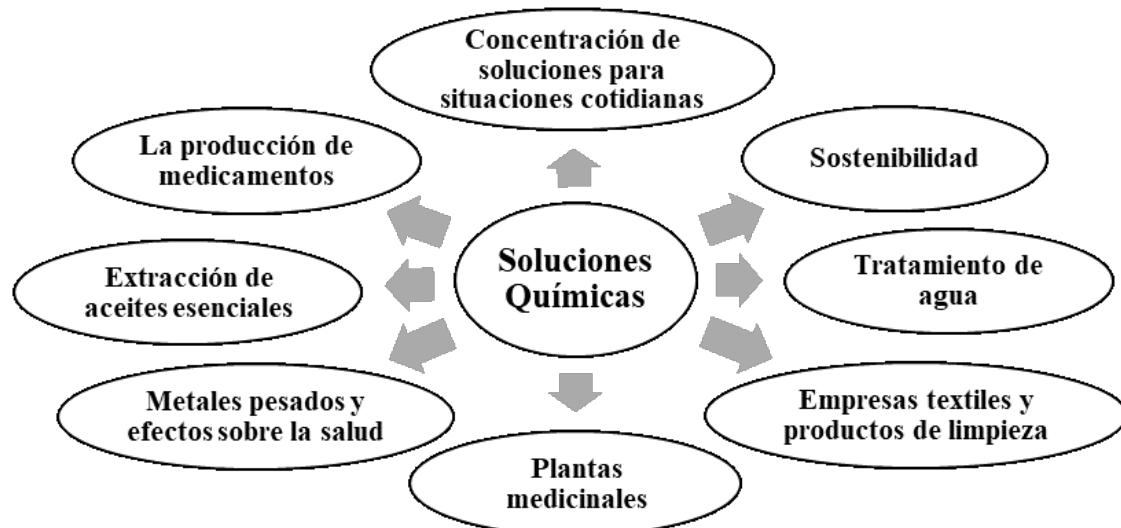


FIGURA 2. Temas del enfoque CTS que involucran soluciones químicas.

Fuente: Elaborada por los autores (2025).

Los temas presentados en la Figura 2 reflejan una articulación coherente entre lo contenido químico y cuestiones sociocientíficas relevantes, como el impacto ambiental, la salud humana y la sostenibilidad. Esta selección temático-conceptual evidencia el potencial del enfoque CTS para contextualizar el aprendizaje. Además, permite a los estudiantes relacionar la Química con situaciones cotidianas y desafíos globales. Así, se fomenta una comprensión crítica y socialmente situada del conocimiento científico.

Variaciones en los Índices Actitudinales (Ia) tras la Intervención Didáctica CTS

La Tabla 3 se divide en la pregunta, la clasificación de los ítems para cada pregunta, el número de estudiantes que respondieron al ítem y los índices actitudinales (Ia) promedio tanto del pretest como del postest en los 17 estudiantes, lo que indica un aumento, disminución o estabilidad respecto de los datos obtenidos.

Pregunta	Ítem	Clasificación	Promedio de Ia	
			Pretest	Postest
10111	A	P	-0,094	0,076
	B	A	0,279	0,352
	C	P	-0,047	0,035
	D	P	-0,017	0,058
	E	I	0	-0,125
	F	P	-0,082	-0,058
	G	P	0,041	0,058
	H	A	0,117	0,191
	I	I	0,235	0,066
10311	A	I	-0,107	-0,166
	B	I	-0,137	-0,171
	C	I	-0,195	-0,195
	D	P	-0,051	-0,007
	E	P	-0,022	0,014
	F	A	0,676	0,617
	G	P	0,033	0,073
	H	P	-0,051	0,044
20511	A	P	0,068	0,107
	B	P	-0,019	0,019
	C	A	0,338	0,720
	D	P	-0,097	-0,029
	E	I	0,036	0,058
	F	I	0,007	-0,010
	G	I	0,091	0,073
	H	I	0,011	0,003
40411	A	P	-0,068	-0,009
	B	A	0,132	0,191
	C	A	0,183	0,227
	D	P	-0,009	0,039
	E	I	0,051	-0,095
	F	I	0,176	0,014
	G	P	-0,019	-0,009

TABLA 3. Resultados del Índice Actitudinal (Ia) de las Preguntas seleccionadas del COCTS.

Fuente: Elaborado por los autores (2025).

Leyenda: A (Adecuado), P (Plausible) y I (Ingenuo).

40421	A	I	-0,323	-0,544
	B	P	0,051	0,066
	C	A	0,257	0,352
	D	P	-0,066	0,044
	E	P	0,036	0,088
	F	P	0,007	0,014
	G	A	-0,014	0,080

En la pregunta 10111, que abordaba la definición de ciencia y su vínculo con el desarrollo social, se observó un aumento en los ítems adecuados B (de 0,279 a 0,352) y H (de 0,117 a 0,191), lo que indica una mejora en la comprensión de los estudiantes sobre el carácter sistemático, explicativo y socialmente validado de la ciencia. Este progreso refleja una superación de visiones reduccionistas, favoreciendo el reconocimiento de la ciencia como una construcción colectiva en constante revisión, tal como señalan Acevedo et al. (2005). La reducción del ítem ingenuo I (de 0,235 a 0,066), junto con la caída del ítem E (de 0,000 a -0,125), refuerza esta transformación conceptual, evidenciando el abandono de perspectivas empíricas o dogmáticas y el inicio de una visión más crítica y contextualizada del conocimiento científico.

En la pregunta 10311, sobre los impactos de la ciencia en la Investigación y Desarrollo (I+D), se registró una disminución de ítems ingenuos como A (de -0,107 a -0,166), B (de -0,137 a -0,171) y C (estable en -0,195), lo que evidencia el alejamiento de concepciones simplistas sobre la ciencia como progreso incondicional. En contrapartida, el crecimiento del ítem plausible H (de -0,051 a 0,044) indica una apertura hacia la comprensión de los efectos ambivalentes de la I+D, reconociendo tanto beneficios como riesgos – como la producción de armas – en consonancia con las reflexiones de Chrispino (2017) sobre el papel ético y social del conocimiento. De este modo, este desplazamiento conceptual apunta a una alfabetización científica crítica, en la que el estudiantado considera los impactos sociales, económicos y ambientales de la ciencia y la tecnología.

En la pregunta 20511, se identificó un incremento considerable en el ítem adecuado C (de 0,338 a 0,720), junto con mejoras en los ítems plausibles A (de 0,068 a 0,107) y B (de -0,019 a 0,019), evidenciando una mayor percepción del vínculo entre el conocimiento científico escolar y el desarrollo nacional. Este resultado valida la relevancia de una enseñanza contextualizada de las ciencias, en línea con las propuestas de Fourez (1995) y Auler y Delizoicov (2015). Sin embargo, el leve aumento del ítem ingenuo E (de 0,036 a 0,058) sugiere la persistencia de percepciones negativas sobre la obligatoriedad del estudio de las ciencias, posiblemente heredadas de prácticas pedagógicas tradicionales y descontextualizadas (Carvalho y Gil-Pérez, 2000), lo que indica la necesidad de continuar profundizando en prácticas educativas más dialógicas y significativas.

Siguiendo con la pregunta 40411, se registró una caída en los ítems ingenuos E (de 0,051 a -0,095) y F (de 0,176 a 0,014), reflejando un distanciamiento de visiones tecnocráticas que conciben la ciencia como solución automática a los problemas sociales. Este cambio está en sintonía con las críticas propuestas de Fourez (1995) a la lógica salvacionista del pensamiento científico. Simultáneamente, los ítems adecuados B (de 0,132 a 0,191) y C (de 0,183 a 0,227) crecieron, demostrando una comprensión más

matizada sobre la interrelación entre ciencia, política y sociedad. Las actividades inspiradas en el modelo de Aikenhead (1994) parecen haber incentivado una apropiación crítica del conocimiento, con estudiantes que reconocen la dimensión valorativa y contextual de las decisiones científicas y tecnológicas.

En la pregunta 40421, se destacó el incremento del ítem adecuado C (de 0,257 a 0,352) y del plausible D (de -0,066 a 0,044), ambos indicativos de una mayor valoración del pensamiento sistemático para interpretar fenómenos cotidianos. La marcada disminución del ítem ingenuo A (de -0,323 a -0,544), que expresaba una visión mecanicista de la ciencia, señala el fortalecimiento de una perspectiva más cultural y crítica, tal como propone Aikenhead (1994). Este resultado, particularmente, muestra que los estudiantes empezaron a aplicar sus conocimientos a situaciones reales, lo que constituye un avance importante en su alfabetización científica.

En conjunto, los datos muestran que la intervención pedagógica con enfoque CTS no solo promovió aprendizajes sobre soluciones químicas mediante las clases, presentación de proyectos y argumentación de los mismos, sino que también fortaleció una comprensión crítica sobre el papel de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Así, apoyados en los conceptos de Acevedo et al. (2005) y Chrispino (2017), la alfabetización científica debe ir más allá de la adquisición de contenidos, abarcando la formación de ciudadanos capaces de analizar, cuestionar y actuar frente a dilemas sociocientíficos. El aumento de ítems adecuados y plausibles, junto a la disminución de los ingenuos, en este estudio confirma el potencial del enfoque CTS para fomentar comprensiones más elaboradas, contextualizadas y humanizadas del conocimiento, a través de un proceso descrito por los investigadores en tres constructos didácticos (Figura 3).

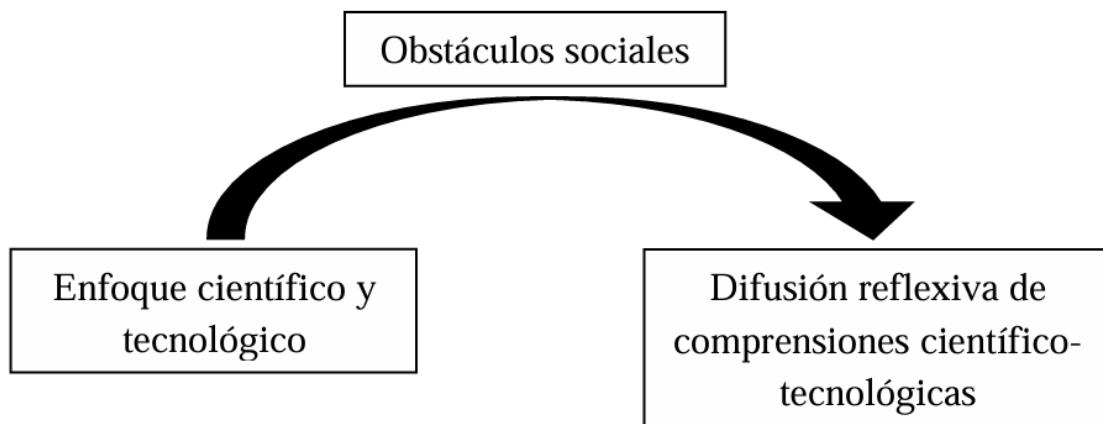


FIGURA 3. Proceso de constructos didácticos generador de comprensión CTS.

Fuente: Elaborado por los autores (2025).

Se considera que en el proceso (Figura 3), basado en las ideas de Aikenhead (1994), los estudiantes comenzaron a superar concepciones iniciales al reconocer que los procesos científicos y tecnológicos están mediados por decisiones sociopolíticas, intereses económicos y valores culturales. Esta apropiación crítica del conocimiento permitió problematizar los usos de la ciencia, en especial cuando sus aplicaciones y obstáculos sociales pueden implicar consecuencias éticas, ambientales o sociales. La comprensión científica pasó a incorporar dimensiones valorativas, mientras que la tecnológica se volvió más consciente de sus implicaciones. De esta manera se produjo una difusión reflexiva del conocimiento científico-tecnológico.

Se evidenció también un avance en la integración de saberes escolares con contextos significativos, superando visiones fragmentadas o acríticas. Las actividades contextualizadas facilitaron una mirada más compleja sobre los fenómenos, de acuerdo con Auler y Delizoicov (2015), al articular contenidos científicos con problemáticas reales. En este sentido, el estudio de soluciones químicas actuó como eje articulador de reflexiones CTS, promoviendo el entendimiento del conocimiento como una construcción situada, en vez de una colección de verdades absolutas.

En general, el crecimiento sostenido de ítems adecuados en todas las preguntas analizadas revela una evolución conceptual en la comprensión científica y tecnológica, mostrando que los estudiantes pasaron a identificar la ciencia como un cuerpo de saberes construidos colectivamente y con implicaciones sociopolíticas relevantes (Acevedo et al., 2005; Fourez, 1995; Auler y Delizoicov, 2015). Este cambio implica el abandono de visiones ingenuas y la adopción de perspectivas más críticas, según el modelo de alfabetización científica de Chrispino (2017). Así, el análisis de los ítems adecuados confirma la pertinencia de intervenciones críticas y contextualizadas para una formación científica comprometida con la transformación social.

La reducción generalizada de los ítems ingenuos evidencia una resignificación conceptual que aleja al estudiantado de perspectivas mecanicistas, empiristas o tecnocráticas. Esta evolución indica una mayor conciencia sobre la ciencia como práctica humana condicionada por contextos históricos, éticos y políticos (Aikenhead, 1994; Acevedo et al., 2005). De acuerdo con Chrispino (2017), esta apropiación crítica del conocimiento permite desarrollar un pensamiento autónomo, reflexivo y contextualizado, apto para enfrentar dilemas complejos de la vida contemporánea.

El crecimiento de los ítems plausibles sugiere una transición hacia comprensiones más matizadas, donde los estudiantes comienzan a reconocer la ambivalencia inherente al desarrollo científico y tecnológico. Aunque estas respuestas aún no representen una comprensión plenamente crítica, marcan una apertura a la complejidad, coherente con los principios del enfoque CTS (Auler y Delizoicov, 2015). Así, tal movimiento puede interpretarse como una fase de consolidación, en la que el pensamiento estudiantil se desplaza del sentido común hacia una reflexión fundamentada y situada.

Conclusión

A partir de las concepciones científicas, tecnológicas y sociales de los estudiantes, se constató que la mayoría de los ítems clasificados como apropiados y plausibles evidenció un incremento en los índices de comprensión, mientras que los ítems ingenuos experimentaron una reducción significativa. Dichas variaciones fueron observadas tras la participación de los discentes en una actividad fundamentada en el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) sobre soluciones químicas, cuya metodología priorizó la argumentación científica y la problematización contextualizada, favoreciendo comprensiones más elaboradas e integradas.

Sustentados en los datos del instrumento aplicado, los autores infieren que el enfoque CTS, en el contexto de las soluciones químicas, desempeñó un papel relevante en la ampliación de las percepciones estudiantiles respecto a los aspectos científicos, tecnológicos y sociales vinculados a la Química, promoviendo atribuciones de significado social a sus

construcciones conceptuales. Se verificó además un aumento en la concordancia con los ítems apropiados y plausibles, y una disminución en la aceptación de los ítems ingenuos, lo que sugiere la superación de concepciones erróneas sobre Ciencia y Tecnología.

Los hallazgos de este estudio se respaldan en indicadores de cambio actitudinal en distintos perfiles de estudiantes, especialmente en lo que atañe a la apropiación de conceptos químicos y su articulación con dimensiones sociocientíficas. Se recomienda que futuras investigaciones analicen la aplicabilidad del enfoque CTS en otras temáticas y contextos, explorando metodologías integradoras que fortalezcan el aprendizaje significativo y la formación de una ciudadanía crítica y socialmente comprometida.

Referencias

- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Paixão, M. F., Acevedo, P., Oliva J. M., y Manassero, M. A. (2005). Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino das ciências. *Ciência & Educação (Bauru)*, 11(1), 1-15. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132005000100001>
- Aikenhead, G. S. (1994). What is STS science teaching?. In J. Solomon, y G. S. Aikenhead (Eds.). *STS Education: International perspectives on reform* (pp. 47-59). New York: Teachers College Press.
- Almeida, C. dos. S., Neves, B. F., y Yamaguchi, K. K. de. L. (2022). Relato de experiência: problemáticas e estratégias para o ensino de Química. *Pensar Acadêmico*, 20 (1), 80-92. <https://doi.org/10.21576/pa.2022v20i1.2304>
- Alonso, Á. V., Díaz, J. A. A., y Manassero, M. A. (2006). Aplicación del cuestionario de opiniones CTS con una nueva metodología en la evaluación de un curso de formación CTS del profesorado. *Tarbiya, Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 37, 31-65. <https://revistas.uam.es/tarbiya/article/view/7216>
- Auler, D., y Delizoicov, D. (2015). Investigação de temas CTS no contexto do pensamento latino-americano. *Linhos Críticas*, 21(45), 275-296. <https://doi.org/10.26512/lc.v21i45.4525>
- Brasil. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF. <http://portal.mec.gov.br/conselho-nacional-de-educacao/base-nacional-comum-curricular-bncc>
- Carvalho, A. M. P., y Gil-Pérez, D. (2000). *Formação de professores de Ciências: tendências e inovações* (4a. ed.). São Paulo: Cortez.
- Chaves, J. F., y Meotti, P. R. M. (2019). Dificuldades no ensino aprendizagem e estratégias motivacionais na disciplina de Química no Instituto Federal do Amazonas - Campus Humaitá. *EDUCAmazônia - Educação, Sociedade e Ambiente*, 22(1), 206-224. <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/educamazonia/article/view/5771>
- Chrispino, A., Lima, L. S., Alburquerque, M. B., Freitas, A. C. C., y Silva, M. A. F. B. (2013). A área CTS no Brasil vista como rede social: onde aprendemos?. *Ciência & Educação (Bauru)*, 19(2), 455-479. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132013000200015>

- Chrispino, A. (2017). *Introdução aos Enfoques CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade – na Educação e no Ensino*. (1a ed.). Madrid: Organização dos estados Ibero-americanos.
- Cunha, A. M., y Silva, D. (2009). Construção e validação de um questionário de atitudes frente as relações CTS. In *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências* (pp. 1-11). <https://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viienpec/VII%20ENPEC%20-%20202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/1195.pdf>
- Cutcliffe, S. H. (2001). The historical emergence of STS as an academic field in the United States. *Argumentos de Razón Técnica*, 4, 281-292. https://institucional.us.es/revistas/argumentos/5/art_11.pdf
- Finger, I., y Bedin, E. (2019). A contextualização e seus impactos nos processos de ensino e aprendizagem da ciência química. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 2(1), 8-24. <https://doi.org/10.5335/rbecm.v2i1.9732>
- Fourez, G. (1995). *A construção das ciências – Introdução à filosofia e à ética das ciências*. São Paulo: UNESP.
- Garcia, M. I. G., Cerezo, J. A. L., y López, J. L. (1996). *Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Editorial Tecnos.
- García-Carmona, A. (2008). Relaciones CTS en la Educación Científica Básica. II. Investigando los Problemas del Mundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 26 (3), 389-402. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciences.3750>
- García-Franco, A., Chamizo, J. A., y Catalá-Rodes, R. M. (2024). Ciencias, Tecnologías y Sociedades. La Nueva Escuela Mexicana. *Educación Química*, 35(Número especial), 124-146. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.4.88942e1>
- García-González, A. (1998). Educar para la democracia: La Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Investigación en la Escuela*, (34), 59-67. <https://doi.org/10.12795/IE.1998.i34.06>
- Guerreiro, I. L., Sampaio, C. de G., y Pérez, L. F. M. (2021). Ensino de ciências com enfoque CTSA: algumas reflexões. In C. de. G. Sampaio, M. C. da. S. Barroso, & L. G. A. Ariza (Org.), *Experiências em ensino ciências e matemática na formação de professores da Pós-Graduação do IFCE* (1a. ed., pp. 36-55). Fortaleza: EdUECE.
- Linsingen, I. V. (2007). Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. *Ciência & Ensino*, 1, número especial. <https://wiki.sj.ifsc.edu.br/images/2/23/Irlan.pdf>
- Lorenzetti, L., Siemsen, G. H., y Oliveira, S. (2017). Parâmetros de alfabetização científica e alfabetização tecnológica na educação em química: analisando a temática ácidos e bases. *ACTIO: Docência em Ciências*, 2 (1), 4-22. <https://doi.org/10.3895/actio.v2n1.5019>
- Manassero, M. A., y Alonso, A. V. (2001). Instrumentos y métodos para la evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 20 (1), 15-27. <https://raco.cat/index.php/Enseñanza/article/view/21779/21612>

- Mansour, N. (2009). Science-Technology-Society (STS): A New Paradigm in Science Education. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 29(4), 287-297. <https://doi.org/10.1177/0270467609336307>
- Martins, I. P. (2022). Educação CTS/CTSA ainda é tema para discussão?. *Revista CTS*, 17(50), 123-129. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92474727010>
- Moreira, A. M., Aires, J. A. A., y Lorenzetti, L. (2017). Abordagem CTS e o conceito química verde: possíveis contribuições para o ensino de química. *ACTIO: Docência em Ciências*, 2(2), 193-210. <https://doi.org/10.3895/actio.v2n2.6825>
- Palacios, E. M. G., Linsingen, I. V., Galbarte, J. C. G., Cerezo, J. A. L., Luján, J. L., Pereira, L. T. V., Gordillo, M. M., Osorio, C., Valdés, C., y Bazzo, W. A. (2003). *Introdução aos estudos CTS (Ciência, tecnologia e sociedade)*. Madri: Organização dos Estados Ibero-americanos.
- Ribeiro, T. V., Santos, A. T., y Genovese, L. G. R. (2017). A História Dominante do Movimento CTS e o seu Papel no Subcampo Brasileiro de Pesquisa em Ensino de Ciências CTS. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(1), 13-43. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec201717113>
- Richetti, G. P., y Alves Filho, J. de. P. (2014). Automedicação no Ensino de Química: uma proposta interdisciplinar para o Ensino Médio. *Educación Química*, 25(1), 203-209. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(14\)70559-2](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(14)70559-2)
- Rodríguez, A. S. M., y Del Pino, J. C. (2017). Abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS): perspectivas teóricas sobre educação científica e desenvolvimento na América Latina. *Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia*, 6(2). <https://doi.org/10.35819/tear.v6.n2.a2490>
- Santos, W. L. P., y Mortimer, E. F. (2001). Tomada de decisão para ação social responsável no Ensino de Ciências. *Ciência & Educação*, 7(1), 95-111. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000100007>
- Solbes, J., Burbano, Z. E. M., y Zambrano, G. E. R. (2019). Enseñanza de la estructura atómica de la materia en Colombia. *Revista Historia de la Educación Colombiana*, 22(22), 117-140. <https://doi.org/10.22267/rhec.192222.54>
- Stadler, J. P., y Azevedo, M. da. S. (2021). A presença de aspectos sociocientíficos em livros didáticos de Química para o Ensino Médio. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, número extraordinário, 119-126. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/15069>
- Strieder, R. B., Torija, B. B., y Quilez, M. J. G. (2017). Ciencia-tecnología-sociedad: ¿Qué estamos haciendo en el ámbito de la investigación en educación en ciencias?. *Enseñanza de las Ciencias*, 35 (3), 29-49. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2232>
- Sutz, J. (1998). Ciencia, Tecnología y Sociedad: argumentos y elementos para una innovación curricular. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 145-169. <https://doi.org/10.35362/rie1801095>
- Vaccarezza, L. S. (2011). Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en América Latina. *Ciencia & Tecnología Social*, 1(1). <https://periodicos.unb.br/index.php/cts/article/view/7801/6420>

Yamaguchi, K. K. de. L., y Nunes, A. E. da. C. (2019). Dificuldade em Química e uso de atividades experimentais sob a perspectiva de alunos do ensino médio no interior do Amazonas (Coari). *Scientia Naturalis*, 1(2), 172-182. <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/2502>

Yin, R. K. (2015). *Estudo de caso: planejamento e métodos* (5a. ed.). Porto Alegre: Bookman.