



Discusiones sobre la soberanía hídrica: contribuciones de una cuestión sociocientífica a la formación de la responsabilidad personal y social

Daniela Jaramillo López

Trabajo de grado presentado para optar al título de Licenciado en Ciencias Naturales

Asesores

Diana María Rodríguez Ramírez, Magíster (MSc) en Educación

Ángel Enrique Romero Chacón, Doctor (PhD) en Historia y Epistemología de la Ciencia

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación

Licenciatura en Ciencias Naturales

Medellín, Antioquia, Colombia

2024

Cita	(Jaramillo López, 2024)
Referencia	Jaramillo López, D. (2024). <i>Discusiones sobre la soberanía hídrica: contribuciones de una cuestión sociocientífica a la formación de la responsabilidad personal y social</i> [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Grupo de Investigación Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza (ECCE).

Centro de Investigaciones Educativas y Pedagógicas (CIEP).



Centro de Documentación Educación

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos

Agradecimientos

Al agua en todas sus formas, agua que vive en mí y me abraza en la posibilidad deliberada de encontrarme través de mis pasiones.

A los estudiantes de octavo por imaginar junto a mí, otros posibles horizontes y devolverme la esperanzada resignificada desde la transformación a través de la educación.

A quienes me acompañaron en este proceso desde las aulas: a mis asesores Diana María Rodríguez y Ángel Enrique Chacón, quienes fueron equilibrio entre la rigurosidad académica y la pasión por la escuela. A María Mercedes Jiménez por motivarme a ser mejor desde muchos escenarios.

A quienes me acompañaron estos últimos días y durante estos casi 5 años: mis amigas, Annie y Lola que son refugio y mi familia; sobre todo, gracias mami por tu genuina fortaleza y por acompañarme desde el amor, veo mi felicidad a través de la tuya, siempre estaré para ti.

Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
1 Planteamiento y justificación del problema.....	14
2 Objetivos.....	21
2.1 Objetivo general:.....	21
2.2 Objetivos específicos:.....	21
3 Estado del arte.....	22
4 Marco conceptual.....	30
4.1 Naturaleza de la ciencia y su aporte a la construcción social del conocimiento científico.....	31
4.2 El devenir: de CTS a Cuestiones Sociocientíficas	43
4.3 La soberanía hídrica: una CSC que debe ser llevada al aula.....	49
4.3.1 El agua: generalidades y propiedades	50
4.3.2 Recursos hídricos en Colombia	53
4.3.3 El estrés hídrico	54
4.3.4 Soberanía hídrica.....	55
4.3.5 Descripción de la CSC.....	57
4.4 Desarrollo de la responsabilidad personal y social	61
5 Metodología.....	64
5.1 Paradigma investigativo y método.....	64
5.2 El caso y su contexto.....	65
5.3 Técnicas e instrumentos	66
5.3.1 Observación.....	67
5.3.2 Grupo focal.....	68
5.3.3 Grupo de discusión.....	68
5.4 Criterios de análisis de la información	70
5.5 Red de Categorías.....	73
5.6 Criterios de credibilidad	74
5.6.1 Validez interna.....	75
5.6.2 Confiabilidad interna	76
5.6.3 Triangulación.....	77
5.7 Propuesta pedagógica para el registro de la información.....	79
5.8 Consideraciones éticas	83
7 Conclusiones.....	104

Referencias.....109

Lista de tablas

Tabla 1. Fases iniciales de la construcción del estado del arte	23
Tabla 2. Relación entre núcleos temáticos y algunos criterios	24
Tabla 3. Codificación de los participantes	66
Tabla 4. Codificación de las técnicas e instrumentos.....	69
Tabla 5. Ejemplo de matriz de red de categorías y análisis.....	71
Tabla 6. Red de categorías, subcategorías e indicios.	74

Lista de figuras

Figura 1. Características de ciencia según Matthews (2012).....	38
Figura 2. Aspectos epistémicos y no epistémicos abordados	40
Figura 3. Valores de pH para disoluciones	52
Figura 4. Valores de pH para disoluciones	52
Figura 5. Triangulación de la información.	78
Figura 6. Enfoque didáctico basado en prácticas científicas.....	79
Figura 7. Resultados rúbrica analítica para la secuencia didáctica 1.....	88
Figura 8. Actividad 4: Propiedades del agua.....	95
Figura 9. Resultados rúbrica analítica para la secuencia didáctica 2.....	98
Figura 10. Feria de la ciencia.....	100
Figura 11. Carta construida por los estudiantes.....	102

Siglas, acrónimos y abreviaturas

CSC: Cuestiones sociocientíficas

CTS: Ciencia, tecnología y sociedad

CTS-A: Ciencia, tecnología, sociedad y ambiente

DBA: Derechos básicos de aprendizaje

EBC: Estándares básicos de competencias

HFC: Historia y filosofía de la ciencia

MEN: Ministerio de educación nacional

NOS: Naturaleza de la ciencia

Resumen

En las últimas décadas, la enseñanza de las ciencias naturales ha experimentado una transformación significativa a partir de la comprensión de la naturaleza de la ciencia, pasando de una visión estática hacia una más holística e integral; en particular, la consideración de las reflexiones interdisciplinarias realizadas desde la filosofía, historia y sociología de la ciencia, se han convertido en un sustento fundamental para la transformación de los currículos, por tanto, el énfasis de la educación desde la tradición ciencia, tecnología y sociedad, se ha desplazado hacia la confrontación de las cuestiones sociocientíficas.

La presente investigación analizó la contribución de una cuestión sociocientífica centrada en discusiones sobre la soberanía hídrica a la responsabilidad personal y social de los estudiantes del grado octavo de la Institución Educativa Alfonso Upegui Orozco, ubicada en el corregimiento de San Cristóbal en la ciudad de Medellín, donde mediante un abordaje cualitativo a través del estudio de caso instrumental, se desarrolló una propuesta pedagógica desde un enfoque didáctico basado en prácticas científicas.

Para el análisis e interpretación de la información, se examinaron los enunciados de ocho participantes, donde se reveló cómo los estudiantes integran aspectos epistémicos y no epistémicos en las discusiones sobre la soberanía hídrica. Esto, contribuye a una comprensión más profunda de la naturaleza de la ciencia en contextos escolares y promueve la formación de ciudadanos críticos y éticamente responsables, capaces de enfrentar los desafíos científicos y tecnológicos de la sociedad contemporánea.

Palabras clave: naturaleza de la ciencia, enseñanza de las ciencias, cuestiones sociocientíficas, soberanía hídrica, responsabilidad personal y social.

Abstract

In the past few decades, the teaching of natural sciences has experienced a significant transformation in the understanding of the nature of science, changing from a static vision, to a holistic and integral one. In particular, the consideration of interdisciplinary thoughts from philosophy, history and sociology of science have become a fundamental support for the transformation of the curriculum. Therefore, the emphasis of education from the tradition of science, technology and society has been shifted towards the confrontation of socio-scientific issues.

This research analyzed the contribution of a socio-scientific issue focused on discussions about water sovereignty, to the personal and social responsibility of eighth grade students of the Alfonso Upegui Orozco School, located in San Cristobal in Medellin. Through a qualitative approach as instrumental case study, a pedagogical proposal was developed from a didactic approach based on scientific practices.

For the analysis and interpretation of the information, the statements of the eight graders were examined through content analysis and was found how students integrate epistemic and non-epistemic aspects in the discussions on water sovereignty. This contributes to a deeper understanding of the nature of science, contextualizing scientific knowledge and promoting the formation of critical and ethically responsible citizens, capable of facing the scientific and technological challenges of contemporary society.

Keywords: Nature of science, science teaching, socio-scientific issues, water sovereignty, personal and social responsibility.

Introducción

La enseñanza de las ciencias enfrenta un desafío significativo cuando se centra exclusivamente en la acumulación y repetición de conceptos, ya que, esto puede limitar el crecimiento intelectual, social y cultural de los estudiantes. Este enfoque restringido deja de lado una formación más holística que prepare a las personas para enfrentar los desafíos de la vida cotidiana y tomar decisiones socialmente responsables en asuntos que involucran conocimiento científico y tecnológico. Es crucial reconocer que la educación científica debe trascender la mera memorización de hechos y fomentar el pensamiento crítico, la reflexión ética y la comprensión de las implicaciones sociales y ambientales de la ciencia y la tecnología. De lo contrario, se corre el riesgo de perpetuar un modelo educativo obsoleto que no logra equipar a los estudiantes con las habilidades y competencias necesarias para enfrentar los desafíos del siglo XXI.

Ante esta mirada, se aborda las cuestiones sociocientíficas en la presente investigación que, según Jiménez-Aleixandre (2010) hacen referencia a dilemas o controversias sociales que tienen en su base nociones científicas, y que requieren de un análisis interdisciplinario para su comprensión y resolución; Además, no tienen una única respuesta y suelen involucrar aspectos éticos, sociales, políticos y culturales, además de consideraciones científicas y tecnológicas. En el contexto de la enseñanza de la ciencia, las cuestiones sociocientíficas desafían el enfoque tradicional centrado en la transmisión de conocimientos científicos y tecnológicos descontextualizados, más bien, promueven una mirada más crítica y reflexiva sobre la ciencia y la tecnología, invitando a los estudiantes a considerar sus implicaciones adyacentes, así como su papel como ciudadanos responsables en la toma de decisiones informadas.

La integración exitosa de las cuestiones sociocientíficas en el currículo de los contextos educativos, resulta esencial en la preparación de los estudiantes para que puedan comprender y abordar los desafíos científicos y sociales mencionados. Sin embargo, esta tarea se ve obstaculizada por una serie de barreras que dificultan su implementación efectiva; ejemplo de ello tiene que ver con la resistencia al cambio de muchos docentes y directivos administrativos al adoptar nuevos enfoques pedagógicos en el tránsito de nuevas integraciones curriculares aportados desde la naturaleza de la ciencia, sumado a esta

situación, se identifica que los profesores de ciencias actúan y condicionan el desarrollo de su docencia según las concepciones que tienen sobre la NOS (Hodson, 2003; Aduriz-Bravo, 2005; Martínez y Acevedo, 2005; Romero et al., 2016; Gallego, Pérez, Torres y Amador-Rodríguez, 2019 y Lires, 2024).

Es así, como se integra la comprensión de la naturaleza de la ciencia, que según Acevedo y García (2016) “es un metaconocimiento sobre la ciencia, que surge de las reflexiones interdisciplinarias realizadas desde la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia” (p.1), crucial para contextualizar las cuestiones sociocientíficas dentro del ámbito educativo. La ciencia no se limita a la adquisición de conocimientos objetivos, sino que también implica un proceso dinámico y socialmente construido que está influenciado por factores culturales, políticos y éticos. Además, la tradición de la educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) y su extensión hacia la educación en Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTS-A) han promovido la inclusión de perspectivas sociocientíficas en el currículo educativo.

Estas tradiciones reconocen la interdependencia entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el medio ambiente, y abogan por una educación científica que prepare a los estudiantes para comprender y participar de manera crítica en los debates sociocientíficos. En consecuencia, la integración efectiva de las cuestiones sociocientíficas en el currículo requiere un esfuerzo concertado para superar estas barreras y adoptar enfoques pedagógicos que fomenten la comprensión crítica y la participación de los estudiantes en los debates científicos y sociales de su tiempo.

En este sentido, las cuestiones sociocientíficas enriquecen y amplían la enseñanza de la ciencia al conectarla con la realidad cotidiana de los estudiantes y fomentar el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, análisis y argumentación. A pesar de estos avances teóricos y pedagógicos, la desarticulación de estas cuestiones en el currículo educativo persiste en muchos establecimientos educativos, tal es el caso de la institución donde tiene lugar esta investigación que si bien se encuentra en un proceso de reestructuración curricular, aún se presenta en algunas clases de ciencias una desarticulación entre los contenidos científicos y algunas problemáticas sociales relevantes y en consecuencia, la promoción de la responsabilidad personal y social de los estudiantes.

En particular, se destaca la preocupación relacionada con el uso del agua, exacerbada por la reciente expansión urbanística que ha dado lugar a la construcción de propiedades horizontales. Esta situación conlleva una serie de impactos negativos en los ecosistemas, en el tejido social y en la calidad de vida de los habitantes de la zona. De esta manera, la problemática se presenta como un dilema entre considerar el agua como un bien transable o como un recurso vital para los seres vivos del territorio, lo que afecta directamente la soberanía sobre este recurso esencial.

Por consiguiente, el objetivo de esta investigación fue analizar la contribución de una cuestión sociocientífica centrada en discusiones sobre la soberanía hídrica a la formación de la responsabilidad personal y social en los estudiantes del grado Octavo de la Institución Educativa Alfonso Upegui Orozco. Esto, a partir de la implementación de una propuesta pedagógica bajo el enfoque didáctico basado en prácticas científicas (Acevedo y García, 2016).

Para el análisis e interpretación, se examinaron los enunciados de ocho estudiantes a través del registro de la información desde diferentes instrumentos que, posteriormente fueron analizados a través de estrategias como el análisis del contenido, la rúbrica analítica y matrices que posibilitaron develar como los participantes integran aspectos epistémicos y no epistémicos en las discusiones sobre la soberanía hídrica. Esto, contribuye a una comprensión más profunda de la naturaleza de la ciencia contextualizando el conocimiento científico y promoviendo la formación de ciudadanos críticos y éticamente responsables, capaces de enfrentar los desafíos científicos y tecnológicos de la sociedad contemporánea, lo cual implica para Hodson (2013,2021) y Ratcliffe y Grace (2003), tener en cuenta aspectos como la claridad en la exposición de ideas, la argumentación fundamentada en evidencia científica, la empatía hacia diferentes puntos de vista y la consideración de las implicaciones éticas y sociales de las decisiones, que va más allá de un enfoque CTS-A al enmarcar las consideraciones éticas en contextos que son propios del estudiante a partir del abordaje de cuestiones sociocientíficas.

1 Planteamiento y justificación del problema

A continuación, se describe el contexto de la enseñanza de las ciencias naturales desde el componente curricular y la necesidad de integrarlo a los enfoques de Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTS-A) desde el abordaje de las cuestiones sociocientíficas (en adelante CSC), que permite enseñar *contenidos de ciencia* para adquirir una comprensión sólida de algunos conceptos, y teorías fundamentales, *sobre la ciencia* que implica reconocer las circunstancias sociales e intelectuales que rodean el origen y el desarrollo de teorías científicas, y *hacer ciencia* que involucra la participación y desarrollo de experiencias en torno a la investigación científica (Hodson, 2021), explorando la manera en que esta integración puede fomentar una comprensión más profunda de la Naturaleza de la Ciencia (en adelante NOS) y promover la participación ciudadana informada en la toma de decisiones.

En particular se discute la problemática asociada a la enseñanza de las ciencias y la desarticulación con el componente ambiental desde los Estándares Básicos de Competencias (EBC), y se propone integrar la CSC sobre el fenómeno del estrés hídrico y su incidencia en las discusiones sobre la soberanía hídrica y como esto converge en el contexto de la Institución Educativa Alfonso Upegui Orozco en el desarrollo de competencias para el siglo XXI.

En las últimas décadas, la enseñanza de las ciencias naturales ha experimentado una transformación significativa a partir de la manera en que se concibe la naturaleza de la ciencia (NOS), ya que, anteriormente, se solía tener una visión estática y rígida de la ciencia, considerándola como un producto finalizado e inmutable. Sin embargo, en la actualidad se reconoce la importancia de adoptar una perspectiva más dinámica, entendiendo que no solo se trata de adquirir un conjunto de conocimientos científicos acumulados, sino también de profundizar en la comprensión sobre lo que el filósofo Alan Chalmers denominó *esa cosa llamada ciencia*, reflexionando sobre el proceso de construcción del conocimiento científico. (Izquierdo et al., 2016).

Todo profesor de ciencias tiene una visión de la NOS que responde a un sistema de creencias y supuestos propios; en consecuencia, las valoraciones y formas de responder en el aula son coherentes con estos modelos intuitivos de enseñanza, pero muchas veces no es

consciente de ello. Por tal razón, la transformación descrita, le ha significado un conjunto de desafíos y problemáticas al transitar hacia la integración de nuevas metodologías y enfoques que permitan abordar la NOS en el currículo escolar como en su práctica educativa, pues la comprensión de esta naturaleza no debería ser intuitiva, es más, muchos de los hallazgos de la ciencia son diferentes o contrarios, de la comprensión que se tienen de ellos. Se requiere, entonces, ofrecer los escenarios adecuados para que los maestros interioricen el funcionamiento de la ciencia, y en efecto, se refleje en su enseñanza (Tamayo et al., 2010).

En consonancia con la anterior, los currículos, metodologías y enfoques en la enseñanza, deberían enfatizar en la importancia de involucrar a los estudiantes en cuestiones de la sociedad civil que estén vinculadas con las ciencias, resaltando la importancia de comprender la interrelación entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente. Esto subraya la prioridad de los aprendizajes que abordan estas conexiones complejas en lugar de simplemente centrarse en conocimientos científicos aislados (Conceição, 2019).

A su vez, los Estándares Básicos de Competencias (EBC) y los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) presentados por el Ministerio de Educación Nacional (MEN), deberían ser congruentes con el componente curricular aportado desde la NOS, ya que a menudo, la enseñanza de las ciencias se centra más en transmitir información y conceptos teóricos que en desarrollar habilidades prácticas y competencias relevantes para el mundo actual, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la colaboración, la toma de decisiones y la alfabetización digital, importantes para disminuir la brecha entre la educación científica y las demandas de un mundo cada vez más complejo.

Continuando con la idea anterior, los EBC toman en consideración tres aspectos fundamentales: el entorno biológico, que aborda procesos vitales; el entorno físico, que comprende procesos físicos y químicos; y la interrelación entre ciencia, tecnología y sociedad (CTS). Sin embargo, esta estructura no integra plenamente el componente ambiental, a pesar de su importancia crítica en respuesta a las preocupaciones cada vez mayores sobre los problemas socioambientales a escala global. Al desarticular el componente ambiental, el conocimiento se presenta de manera fragmentada, siendo necesaria una mirada más holística donde, además de abordar el impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad y el

ambiente, se discutan cuestiones controversiales que abordan competencias destinadas a la educación científica de la ciudadanía (Izquierdo, 2016).

Del mismo modo, se enfatiza en la necesidad de articular las nuevas finalidades proclamadas para la educación de la ciudadanía al componente curricular enunciado desde el MEN, que incluye entre otras cuestiones, la decodificación crítica de los mensajes sobre ciencia y tecnología presentes en los medios de comunicación masiva, la interpretación teórica de fenómenos naturales y la toma de decisiones fundamentada sobre cuestiones sociocientíficas; al respecto, Lundström (2012) afirma que “se ha enfatizado que la educación científica debería contribuir a la comprensión pública de la ciencia o la alfabetización científica y, por lo tanto, facilitar la toma de decisiones de un individuo” (p.194).

En ese marco, se resalta la pretensión de que la persona científicamente educada debería tener la capacidad de tomar decisiones fundamentadas sobre cuestiones sociales, ambientales, éticas, económicas y políticas que convergen con el conocimiento científico y sirven de contexto para discutir y poner de forma explícita y reflexiva la NOS (Díaz, 2014). No obstante, la orientación de estas cuestiones debe alejarse de un uso convencional de la educación científica, al ser insuficiente para responder a las necesidades, demandas e intereses de la vida contemporánea y es necesario en cambio, articular un enfoque mucho más politizado que defienda los valores sociales, la crítica y la acción sociopolítica (Hodson, 2013).

A su vez, el abordaje del componente CTS en la enseñanza de las ciencias, ha evidenciado un impacto en la calidad de vida de las personas y los ecosistemas. Sin embargo, las comunidades no representan una participación efectiva en la discusión y en la toma de decisiones que respondan a problemáticas ambientales. Razón por la cual, se expone la necesidad de democratizar el acceso al conocimiento científico, lo que implica fomentar un debate público más inclusivo y diverso sobre las CSC. Este enfoque busca promover un intercambio de ideas que sea pluralista, relacional y basado en el diálogo, permitiendo así una comprensión más completa y participativa de los temas científicos en la sociedad (Conceição, 2019).

El abordaje de las CSC permite mejorar la alfabetización científica de la sociedad y responde a la necesidad de democratizar el conocimiento científico, que, a su vez, tienen un claro componente ambiental (España y Prieto, 2010). Un ejemplo de ello es la situación actual atravesada por el recurso hídrico en Colombia, dado que el país cuenta con abundantes aguas que descienden de montañas conformando diferentes cuerpos hídricos: lagunas, riachuelos, quebradas, lagos y grandes ríos que atraviesan todo el territorio nacional sustentando la agricultura y la vida para todas las personas del territorio.

Sin embargo, esta riqueza “tiene otro significado para los mercaderes de la vida” (Acosta, 2014), los extractivistas y empresarios de la construcción y la energía eléctrica que ponen en riesgo la administración adecuada del recurso acuífero disponible en el territorio y su distribución equitativa y de calidad internacional (Development Research Centre, 2001) e incluso, la toma de decisiones sobre las causas que podrían estar generando estrés hídrico en el territorio, situación que evidencia la necesidad de propuestas concretas desde diferentes áreas y actores de estudio.

Lo expuesto anteriormente constituye un área de interés para instituciones, movimientos ciudadanos, comunidad científica y el ámbito educativo (Vilches, 2011). No obstante, se observa una falta de integración de esta problemática en los documentos curriculares debatidos y en los contextos educativos. Esta omisión impide abordar cuestiones relacionadas con la contaminación de suelos, ríos y mares, que impactan negativamente en la calidad del aire y contribuyen al cambio climático acelerado. Además, del estudio los fenómenos que conllevan consecuencias como el agotamiento de suelos aptos para la agricultura, la pérdida de biodiversidad, la degradación generalizada de los ecosistemas y desequilibrios insostenibles derivados entre otras causas, a la urbanización acelerada.

Las problemáticas descritas anteriormente, obedecen a una búsqueda desde la literatura de investigaciones que han referenciado los temas de interés. Ahora, desde una lectura de la experiencia en el contexto de la práctica pedagógica final inscrita a las prácticas laborales VIII y IX de la Licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad de Antioquia, se identificaron algunas problemáticas socioambientales controversiales relacionadas con la soberanía hídrica, que pueden ser sensibles a propuestas educativas en el contexto de la Institución Educativa Alfonso Upegui Orozco ubicada en la Ciudad de Medellín en el

corregimiento de San Cristóbal, caracterizada por su creciente expansión urbanística dadas las condiciones de desplazamiento intraurbano.

Dicha situación, ha llevado a la construcción de numerosas unidades residenciales en la zona y la población de la montaña, lo que conlleva a la tala de bosque de manera indiscriminada, la alteración en el curso de las quebradas como es el caso de la canalización en la quebrada San Pedro que antes servía de fuente acuífera a las fincas de la vereda, la contaminación de sus aguas y, por tanto, una mayor densidad demográfica que representa una alteración en el medio y en las prácticas comunitarias e institucionales.

Una mayor densidad demográfica en la Vereda Pajarito deviene de una creciente -y reciente- expansión urbanística en la zona, caracterizada por la construcción de propiedad horizontal y, en consecuencia, se evidencia una alteración en el curso de fuentes hídricas presentes en la zona, la contaminación de quebradas y charcos, así como una mayor demanda de agua en relación con la expansión demográfica existente, lo cual se refleja a nivel institucional con la disponibilidad del recurso hídrico, a nivel local porque es necesario racionalizar y atender a cambios estructurales en los medios de obtención y gestión del agua, y a nivel nacional donde se puede presentar la misma dicotomía entre el uso del agua como una mercancía o un bien al servicio de los seres vivos del planeta.

Esta situación, preocupa a la comunidad educativa por ser un tema de interés público, donde —entre otras características— hay discrepancias entre los sectores implicados, valores y razonamientos éticos, están vinculados competencias y conocimientos científicos de los estudiantes y se pueden abordar las dimensiones locales, mundiales y nacionales articulado al tratado de libre comercio en Colombia, la potabilización y propiedades del agua, y otros contenidos disciplinares emergentes.

Para ello, se integra el proyecto educativo institucional (PEI) de la Institución Educativa Alfonso Upegui Orozco que apuesta por una transformación curricular apoyada en el abordaje de los Objetivos de Desarrollo Sostenible como el de Agua Limpia y Saneamiento en sus prácticas educativas, donde se manifiesta la problemática del uso y gestión del agua. Para tal fin, se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la contribución de una cuestión sociocientífica centrada en discusiones sobre la soberanía hídrica a la formación de

la responsabilidad personal y social de los estudiantes del grado Octavo de la Institución Educativa Alfonso Upegui Orozco?

En este sentido, las cuestiones sociocientíficas se configuran en los currículos institucionales pasando de una concepción del conocimiento fragmentado, hacia uno más holístico e integrador, presentando funciones didácticas que sirven en el estado de tránsito del maestro y maestra de ciencias hacia una transformación de la enseñanza. Ello es así porque las ideas científicas fundamentadas desde el devenir histórico de las cuestiones sociocientíficas sirven de puente entre una cultura científica y otra humanista, relacionada con instituciones y dinámicas sociales definidas (Izquierdo, 2016).

Lo anterior implica que estas ideas no se limitan solo al ámbito científico, sino que están vinculadas a dimensiones sociales, políticas, éticas y culturales. De esta manera, las CSC articuladas a la NOS, según Izquierdo (2016) “colaboran a identificar y superar obstáculos epistemológicos que dificultan la comprensión, la retención, la aplicación y la transferencia de los contenidos científicos escolares” (p.100). Por lo tanto, al comprender y discutir estas ideas, los estudiantes pueden integrar conocimientos científicos con perspectivas humanísticas, lo que contribuye a una comprensión más completa y contextualizada de los desafíos contemporáneos, que engloban diversas problemáticas sociales, políticas, económicas o ambientales que tienen un conocimiento científico de base.

Ahora bien, la discusión ambiental sobre el uso del agua y la soberanía hídrica no solo permite abordar temas del plan de estudios de ciencias naturales, sino que también ofrece la oportunidad de explorar problemas sociales contemporáneos. Este enfoque responde a los nuevos objetivos de la alfabetización científica, que buscan desarrollar habilidades del siglo XXI relacionadas con las maneras de vivir en sociedad. Al hacerlo, fomenta que los estudiantes adquieran la capacidad de tomar decisiones informadas y consideren su bienestar personal y el de la comunidad. Además, promueve la responsabilidad personal y social al adoptar una actitud crítica y ética al evaluar las distintas opciones disponibles y sus impactos en el entorno y la sociedad.

En la misma línea y articulado a la idea de tener en cuenta un currículo científico escolar, es crucial destacar la importancia de trascender la simple toma de decisiones informadas y considerar que los estudiantes exploren y desarrollen sus propias nociones, así

como sus necesidades, sueños y aspiraciones específicas, orientadas hacia una acción sociopolítica. El estímulo a la acción temprana en el ámbito escolar aumenta significativamente la probabilidad de que los estudiantes se conviertan en ciudadanos comprometidos. Esto se logra al proporcionarles oportunidades para involucrarse desde el abordaje de CSC contextualizadas y al presentar ejemplos de acciones y contribuciones exitosas de otras dimensiones (Hodson, 2013).

Un paso esencial en la formación de la cultura científica y la acción sociopolítica es cuestionar el determinismo tecnológico mediante una crítica social y política, lo cual implica reconocer que se puede influir en la dirección de la tecnología para reducir significativamente sus efectos adversos en el medio ambiente y la sociedad, teniendo presentes las cuestiones de libertad, igualdad y justicia, para asegurar que estas consideraciones estén en el centro de la discusión. Lo que conlleva, no solo a transmitir conocimientos científicos, sino también a fomentar habilidades y actitudes que orienten a los estudiantes para abordar críticamente los problemas sociales desde una perspectiva científica, y así, poder participar activamente en la esfera política y social (Hodson, 2021).

Hoy, la enseñanza de las ciencias debe transitar hacia el propio quehacer del estudiante, pero no como un individuo aislado sino colectivo, desde una práctica participativa (Castro, 2005); de esta manera, incluir el componente ambiental a partir del abordaje de las cuestiones sociocientíficas en la formación de los estudiantes y su calidad de vida tiene varios propósitos, pues al articular las discusiones sobre el impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad y el ambiente, los estudiantes pueden tomar decisiones informadas respecto a las temáticas trabajadas, teniendo en cuenta aspectos científicos, técnicos, económicos, políticos y éticos que posibilitan la participación individual y social de una manera responsable y autónoma (Martínez, 2006).

2 Objetivos

2.1 Objetivo general:

Analizar la contribución de una cuestión sociocientífica centrada en discusiones sobre la soberanía hídrica a la formación de la responsabilidad personal y social en los estudiantes del grado Octavo de la Institución Educativa Alfonso Upegui Orozco.

2.2 Objetivos específicos:

- Identificar en los enunciados de los estudiantes reflexiones sobre los intereses políticos y económicos detrás del recurso hídrico en Colombia.
- Reconocer los conocimientos científicos escolares utilizados por los estudiantes en torno al estrés hídrico en el contexto en relación con el responsabilidad personal y social.
- Describir las propuestas y acciones que plantean los estudiantes en torno a la recuperación de la soberanía hídrica en su contexto.

3 Estado del arte

Un estado del arte según Hoyos (2000), da cuenta de un compendio de conocimientos situados en un momento histórico particular, centrado en un área específica. Estos conocimientos son dinámicos, reflejando el desarrollo sociohistórico del conocimiento científico, y pueden dar lugar al surgimiento de nuevos campos de indagación en el área estudiada. En la investigación, es importante seguir ciertos principios para guiar el proceso: plantear objetivos claros, mantener coherencia interna en todas las etapas, recolectar información de manera fiel para integrar unidades de análisis y núcleos temáticos, y finalmente, comprender la temática en su totalidad para establecer conclusiones desde una perspectiva global.

La misma autora en su guía teórico-práctica sobre la construcción de estados de arte, propone cinco fases que garantizan la vinculación de las estrategias metodológicas con la teoría y la práctica. Así, enuncia y explica las fases preparatoria, descriptiva, interpretativa por núcleo temático, de construcción teórica global, y de extensión y publicación que constituyen el procedimiento o pasos a seguir en la consecución de una meta.

En la etapa inicial, conocida como preparatoria, se establecen las pautas para llevar a cabo el estudio teniendo en cuenta un sustento teórico, allí se enuncia el objeto de estudio, las palabras claves, se establecen ecuaciones de búsqueda, se determinan las bases de datos a utilizar, así como el rango temporal y espacial pertinente, y se delimitan los núcleos temáticos comprendidos en el tema central. La segunda etapa o descriptiva, da cuenta de los diferentes tipos de estudio y referentes que han abordado la temática y en la tercera etapa denominada como interpretativa por núcleo temático, se pretende ampliar el horizonte de estudio por cada unidad de análisis.

Las etapas finales del proceso, que implican la consolidación teórica y la difusión de los resultados, se centran en presentar un panorama completo de la investigación y en ofrecer orientación para futuras líneas de estudio, así como en compartir los hallazgos con la comunidad académica y el público en general (Hoyos, 2000). Para esta investigación, se enfatizará en las tres primeras fases, sintetizadas a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1.*Fases iniciales de la construcción del estado del arte*

Fase	Finalidad
Preparatoria	Orientar con sustento teórico sobre como habrá de realizarse el estudio
Descriptiva	Dar cuenta de los diferentes tipos de estudio y referentes que han abordado la temática
Interpretativa por núcleo temático	Ampliar el horizonte de estudio por unidad de análisis

** En esta Tabla se describen las fases 1,2 y 3 propuestas por Hoyos (2000) que se utilizan en la construcción del estado del arte.*

En la fase preparatoria, la búsqueda de unidades de análisis se realizó en español, inglés y portugués. Además, se orientó bajo las siguientes palabras claves: naturaleza de la ciencia, enseñanza de las ciencias, cuestiones sociocientíficas, soberanía hídrica, activismo sociopolítico y responsabilidad personal y social. Después, se formularon tres ecuaciones de búsqueda con diferentes operadores: (Enseñanza de las ciencias OR Didáctica de la ciencia) AND (Naturaleza de la ciencia OR Alfabetización científica); (Cuestiones sociocientíficas OR Cuestiones socio-científicas OR Asuntos sociocientíficos) AND (Soberanía hídrica OR Estrés hídrico OR Uso del agua); (Activismo sociopolítico OR Formación sociopolítica) AND (Responsabilidad personal y social).

Estas expresiones se ingresaron en diferentes motores nacionales e internacionales, entre los que están DIALNET, SciELO, RODERIC, SPRINGER y Redalyc. Asimismo, se escogieron 2 artículos desde un motor de búsqueda “no convencional” como Research Gate y 1 libro desde el Repositorio Institucional CONICET Digital, que son importantes para nutrir la comprensión epistemológica de la Naturaleza de la Ciencia y la pertinencia de investigaciones recientes de las Cuestiones Sociocientíficas en el campo educativo.

Además, el rango temporal de las unidades de análisis es entre los años 2014 a 2023 es decir, un contexto temporal de 10 años respecto al 2024. Por otra parte, los documentos

presentados tienen un contexto espacial nacional e internacional, con una fuerte influencia de países latinoamericanos, europeos y oceánicos.

Para terminar con la fase preparatoria, se identificaron los temas principales que organizan la información en los siguientes núcleos temáticos: en primer lugar, enseñanza de las ciencias y naturaleza de la ciencia, en segundo lugar, cuestiones sociocientíficas y soberanía hídrica y, por último, activismo sociopolítico en el desarrollo de la responsabilidad personal y social. La relación de los núcleos temáticos con cada unidad de análisis y los referentes se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2.

Relación entre núcleos temáticos y algunos criterios

Referentes	Contexto		Motor de búsqueda
	Temporal	Espacial	
Núcleo 1. Enseñanza de las Ciencias y Naturaleza de la Ciencia			
Díaz-Moreno, N., & Jiménez-Liso, R.	2014	España	Research Gate
Patricio Pujalte, A., Bonan, L., Porro, S., & Adúriz-Bravo, A.	2014	Brasil	SciELO
Acevedo Díaz, J. A., & García-Carmona, A.	2016	España	DIALNET
Izquierdo Aymerich, M., García Martínez, Á., Quintanilla Gatica, M., & Aduriz Bravo, A.	2016	Colombia	Repositorio Institucional CONICET Digital
Amador-Rodríguez, R. Y., & Adúriz-Bravo, A.	2017	España	DIALNET
Núcleo 2. Cuestiones Sociocientíficas y Soberanía Hídrica			
Santos, J. C., Conrado, D. M., & Nunes-Neto	2016	Portugal	RODERIC
Conrado, D. M., & Nunes-Neto, N.	2018	Brasil	SciELO
Navarro, Y. A. P., Martínez, L. V. S., & Pérez, L. F. M.	2018	Colombia	DIALNET
Conceição, T., Baptista, M., & Reis, P.	2019	España	DIALNET
Arango, P. A. H.	2021	Colombia	SciELO
Torres Merchán, N. Y., Pedreros Benavides, E. Y., & Valderrama, D. A.	2023	Colombia	SciELO
Núcleo 3. Activismo Sociopolítico en el desarrollo de la Responsabilidad Personal y Social			
Reis, P.	2014	Portugal	DIALNET
Hodson, D.	2021	Nueva Zelanda	SPRINGER
Arango, J.S.	2021	Colombia	Research Gate

Parga Lozano, D. L

2022

Argentina Redalyc

**Se describen las unidades de análisis por núcleo temático con su respectivo año, contexto espacial y temporal, colectivo de análisis y motor de búsqueda.*

Siguiendo con la fase preparatoria, se tiene que, al revisar la literatura, se encontraron 15 documentos de alta relevancia relacionados con el tema de investigación, la delimitación temática establecida y las ecuaciones de búsqueda. Estos documentos se constituyen en 2 libros y 13 artículos de revista, de los cuales se tienen 4 artículos de España, 4 artículos y 1 libro de Colombia, 1 artículo y 1 libro de Brasil, 1 artículo de Argentina, 2 artículos de Portugal y 1 artículo de Nueva Zelanda, es decir, un total de 8 investigaciones de América del Sur, 6 del Suroeste de Europa y 1 de Oceanía, lo cual representa un crecimiento significativo de las producciones académicas sobre la NOS, la enseñanza de las ciencias y las CSC en las últimas décadas, situación que refleja el interés y la relevancia de comprender este campo temático sobre todo, en el contexto latinoamericano.

Además, estas investigaciones pertenecen a los colectivos de análisis Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, International Journal of Science Education, Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista, Ciência & Educação, Indagatio Didáctica, EDUFBA, Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, Revista Tecné, Episteme y Didaxis, así como revistas de carácter nacional como Zona Próxima y Uni-pluriversidad de la Universidad de Antioquia, publicados en motores de búsqueda nacionales e internacionales tal y como se muestra en la Tabla 2.

Para darle paso a la fase interpretativa por núcleos temáticos y para ampliar el horizonte del estudio, se presenta el análisis de las unidades abordadas. El primer núcleo temático que atiende a la enseñanza de las ciencias y la naturaleza de la ciencia incluye en primer lugar un acercamiento a la NOS como una línea de investigación de la didáctica de las ciencias, en particular a las imágenes inadecuadas de ciencia y científico construidas históricamente, que reflejan según Pujalte (2014) “un epifenómeno de una particular imagen de ciencia, en el sentido de que la gente personifica y pone en el estereotipo de científico que dibuja su propia imagen de ciencia” (p.536), imágenes asociadas a roles de género, sistemas de poder e imaginarios estereotipados del quehacer científico.

Asimismo, se revisaron dos investigaciones posteriores (Acevedo Díaz, J., Gracia-Carmona, A, 2016; Izquierdo et al.,2016) que desarrollan la NOS desde indagaciones que

van más allá del epifenómeno mencionado por Pujalte y aportan a las comprensiones situadas en la ciencia escolar y la formación del profesorado de ciencias respectivamente. Estas investigaciones representan una contribución importante en la relación temática que se teje en el primer núcleo, pues vislumbran los asuntos de la NOS que se deberían enseñar para una nueva “cultura científica”, y se reivindica el papel de la tradición CTS en la misma enseñanza.

En relación con el párrafo anterior, se exponen dos aspectos relevantes que se configuran en la NOS desde dos perspectivas. En primer lugar, se establece que la principal contribución a la NOS proviene de la filosofía de la ciencia, por lo que es conveniente enseñar las *ideas epistemológicas clave*, es decir, las ideas específicas que dan lugar al pensamiento sobre la ciencia y acerca de la ciencia (Izquierdo et al., 2016). En segundo lugar, autores como Acevedo y García (2016), hacen referencia a la inclusión de asuntos sociológicos de la ciencia, esto es, los valores propios y contextuales del conocimiento, consecuencia del carácter humano de la propia ciencia que han sido integrados desde la tradición CTS.

De igual manera, otra investigación (Amador-Rodríguez, R. Y., & Adúriz-Bravo, A., 2017) examina las nuevas perspectivas en la comprensión de la NOS y su importancia en la enseñanza de las ciencias. Los autores destacan la evolución de las concepciones tradicionales de la ciencia hacia una visión más dinámica y contextualizada, que reconoce la ciencia como una empresa humana influenciada por factores sociales, culturales e históricos. Además, enfatizan en la necesidad de integrar estas concepciones emergentes en la formación de docentes y en la práctica educativa, para fomentar una comprensión más completa y crítica de la ciencia en los estudiantes; estas perspectivas se abordan en el marco conceptual de la presente investigación.

De esta manera, se infiere del primer núcleo temático que la enseñanza de las ciencias se encuentra en constante evolución, no solo enfocada en transmitir conocimientos teóricos, sino también en cultivar una comprensión profunda de la NOS, ya que integrarla al currículo no solo implica entender cómo se construye el conocimiento científico, sino también reconocer su interacción con la sociedad y el ambiente.

En consecuencia, se aborda el segundo núcleo temático que atiende a las cuestiones sociocientíficas y a la soberanía hídrica, incluyendo en primer lugar un artículo de los autores Santos, J. C., Conrado, D. M., & Nunes-Neto (2016), donde se analiza la integración de CSC a la enseñanza de ciencias en la educación primaria, centrándose específicamente en el tema

de la contaminación del agua. Los autores, describen una experiencia educativa diseñada para promover la alfabetización científica entre los estudiantes al abordar problemas ambientales relevantes para su comunidad con actividades prácticas y reflexiones críticas, donde se adquieren conocimientos científicos y desarrollan habilidades para analizar y proponer soluciones a problemas del mundo real, lo que fortalece su comprensión de la ciencia en un contexto social y promueve su participación en la sociedad.

Este estudio subraya la importancia de abordar las CSC en la educación primaria para mejorar la alfabetización científica de los estudiantes pues, al integrar temas relevantes y significativos como la contaminación del agua en el currículo escolar, se fomenta una comprensión más profunda de la ciencia y su aplicación en la vida cotidiana (Santos et al., 2016). Lo cual converge con lo planteado por Arango (2021), quien destaca la relevancia de abordar estos temas para fomentar la comprensión de la ciencia y su aplicación práctica en el entorno, argumentando que, al involucrar a los estudiantes en la exploración y resolución de problemas ambientales locales, se promueve un aprendizaje significativo que fortalece su conciencia ambiental y los capacita para enfrentar desafíos científicos y ambientales con un enfoque informado y responsable.

Además, autores como Conceição, T., Baptista, M., & Reis, P. (2019), realizaron una investigación en España, que alude a las CSC situadas, analizadas y defendidas desde las controversias sociocientíficas y la situación actual que ocupan dentro de la didáctica de las ciencias experimentales como herramienta didáctica y en concreto, en su uso como contexto en la enseñanza de las ciencias, que muestra avances en el conocimiento del contenido científico, así como en la comprensión de la NOS, al ocuparse de hacer frente a la alfabetización científica.

En la investigación mencionada, se reconoce el papel crucial que juega la discusión sobre la problemática de la contaminación del agua como catalizadores para el activismo socio-científico. Los autores exploran cómo la conciencia y la participación ciudadana se ven influenciadas por la comprensión de los problemas ambientales, específicamente en el contexto de la contaminación del agua. A través de un enfoque interdisciplinario que integra elementos de las ciencias naturales y sociales, el artículo evidencia cómo los individuos, en particular los estudiantes, pueden involucrarse en acciones activistas para abordar y mitigar la contaminación del agua (Conceição et al., 2019).

Así, el segundo núcleo temático permite establecer que las CSC vinculadas a la soberanía hídrica, no solo fortalecen la alfabetización científica de los estudiantes y una comprensión más profunda de la NOS, sino que también los capacita para participar de manera activa y responsable en la toma de decisiones relacionadas con la ciencia y el ambiente en su comunidad y en diferentes contextos. Además, al involucrar a los estudiantes en la resolución de problemas del mundo real, se promueve el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y ciudadanía activa, preparándolos para enfrentar los desafíos ambientales y sociales del futuro con un enfoque informado y responsable (Santos et al., 2016).

Por ende, el tercer núcleo temático tiene que ver con el activismo sociopolítico en el desarrollo de la responsabilidad personal y social. Así, se discuten estudios como el de Reis (2014), quien aborda de manera integral la necesidad de reestructurar la formación docente y el diseño curricular para fomentar una acción sociopolítica efectiva sobre CSC en la educación. Reis argumenta que la formación de los docentes debe incluir una comprensión profunda de las intersecciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el medio ambiente, capacitándolos para abordar de manera crítica y reflexiva los dilemas éticos, sociales y políticos inherentes a las cuestiones científicas contemporáneas.

En su análisis, Reis resalta la urgencia de redefinir el papel del docente como facilitador del aprendizaje crítico y el compromiso cívico de los estudiantes en relación con las cuestiones sociocientíficas. Propone un enfoque pedagógico que promueva la alfabetización científica crítica, la capacidad de análisis y la toma de decisiones informadas, preparando a los estudiantes

para enfrentar los desafíos sociopolíticos y ambientales con un sentido de responsabilidad y acción. Asimismo, aboga por una mayor colaboración entre los docentes, las instituciones educativas y la comunidad en general, reconociendo que el activismo sociopolítico efectivo requiere un enfoque interdisciplinario y una participación de todos los actores involucrados en el proceso educativo (Reis, 2014).

Además, destaca la importancia de un currículo escolar que no solo transmita conocimientos científicos, sino que también promueva la participación de los estudiantes en la esfera pública, alentándolos a analizar, debatir y tomar medidas sobre problemas sociocientíficos relevantes para su comunidad y el mundo en general. En este sentido, se

aborda el estudio realizado por Derek Hodson, quien propone un plan de estudios de 4 etapas para desarrollar la acción sociopolítica desde la formación sociopolítica en su investigación titulada “Going Beyond STS Education: Building a Curriculum for Sociopolitical Activism”, donde sostiene que las CSC deben ir encaminadas hacia la acción sociopolítica y sugiere un modelo que posibilita integrar estas ideas al currículo y menciona a su vez, el aprendizaje sobre la acción, aprendizaje a través de la acción y aprendizaje a partir de la acción (Hodson, 2021), componentes que serán abordados en el marco conceptual.

Al respecto, se destaca la pertinencia de orientar las CSC hacia el activismo sociopolítico, ya que, este enfoque brinda a los jóvenes ciudadanos, tanto en entornos educativos como no escolares, la capacidad de analizar críticamente la sociedad en la que viven, así como los valores que la sustentan, permitiéndoles cuestionarse sobre qué aspectos podrían y deberían cambiar para avanzar hacia una sociedad más democrática y justa, y promover formas de vida sostenibles desde una perspectiva medioambiental (Hodson, 2021).

Asimismo, la investigación de Arango (2021) explora la integración del enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTS-A) en la enseñanza de Ciencias Naturales, centrándose en el abordaje de cuestiones sociocientíficas como medio para promover el activismo sociopolítico entre los estudiantes. Particularmente, este enfoque permite examinar problemas científicos desde una perspectiva más amplia, que considera aspectos sociales, éticos y políticos. Al abordar estas cuestiones en el aula de Ciencias Naturales, se busca fortalecer la alfabetización científica de los estudiantes y al mismo tiempo fomentar su capacidad para participar activamente en la esfera pública, abogando por cambios sociales y políticos relacionados con cuestiones científicas y ambientales.

En síntesis, la investigación abordada ofrece una perspectiva valiosa sobre cómo la educación científica puede contribuir al desarrollo de ciudadanos activos y responsables en la sociedad actual, resaltando la importancia de una educación científica que trascienda la mera transmisión de conocimientos técnicos y promueva la reflexión crítica y la acción ciudadana informada. Al integrar el enfoque CTS-A y el abordaje de Cuestiones sociocientíficas en las clases de Ciencias Naturales, se busca empoderar a los estudiantes para que se conviertan en agentes de cambio, capaces de enfrentar los desafíos sociopolíticos y ambientales de manera informada y comprometida (Arango, 2021).

4 Marco conceptual

Esta investigación se inscribe en la línea de Epistemología, Historia y Enseñanza de las Ciencias, dentro del grupo de Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza (ECCE), que busca profundizar en el origen y evolución de teorías y enfoques dentro de las disciplinas científicas, con la intención de desarrollar estrategias alternativas para su enseñanza y aprendizaje, adaptadas al contexto cultural contemporáneo. Uno de los objetivos de esta profundización es destacar la importancia de los estudios históricos y epistemológicos de las ciencias como ejes articuladores para la comprensión y análisis de los principales paradigmas del conocimiento científico y como fuente para construir alternativas pedagógicas para su enseñanza y aprendizaje (ECCE,2019).

El enfoque planteado desde la línea de investigación se conecta con los temas que se abordarán más adelante, al establecer vínculos entre la epistemología e historia de las ciencias y la enseñanza de las ciencias a través del análisis y la comparación de las modalidades de producción del conocimiento en comunidades científicas y la formación de pensamiento científico en contextos escolares. Esta relación, brinda al investigador la posibilidad de conectar con las disciplinas metacientíficas, porque asume esas reflexiones como fundamento, estableciendo nexos entre el estudio de la ciencia y sobre la ciencia.

En vista de las contribuciones mencionadas de la epistemología y la historia a la enseñanza de las ciencias, se reconoce el papel educativo que estas disciplinas pueden tener y se abordan a partir de la noción de la NOS, con el propósito de identificar los aportes, componentes y fundamentos pertinentes para quienes están involucrados en la educación científica con objetivos de investigación, innovación y formación docente. Esto, a partir de las perspectivas desarrolladas en diferentes investigaciones (Acevedo Díaz, J., Gracia-Carmona, A, 2016; Izquierdo et al., 2016) con sus preocupaciones y particularidades puntuales.

A continuación, se presentan cuatro apartados que se constituyen en el fundamento conceptual de esta investigación y que tienen que ver con: la relación entre la construcción social e historia del conocimiento científico y la NOS, el devenir histórico de la tradición CTS hasta las CSC, abordando la cuestión en particular sobre la soberanía hídrica y el desarrollo de competencias del siglo XXI como la responsabilidad personal y social.

4.1 Naturaleza de la ciencia y su aporte a la construcción social del conocimiento científico

El devenir histórico de la dinámica científica, se constituye en procesos dinámicos y complejos, caracterizado por una sucesión de transformaciones paradigmáticas y debates filosóficos. En la antigüedad, la ciencia estaba vinculada estrechamente con la filosofía natural, que buscaba explicaciones sobre el mundo a través de la razón y la observación. Con el surgimiento de la ciencia moderna durante el Renacimiento y la Ilustración, la observación empírica y el método científico se convirtieron en pilares fundamentales, dando paso al positivismo y a la creencia en una ciencia objetiva y universalmente válida (Kuhn, 2019).

Antes de la Segunda Guerra Mundial, la comprensión del conocimiento científico estaba muy influenciado por la idea de ciencia bajo la perspectiva de la lógica y la evidencia empírica verificable. El positivismo lógico, también llamado empirismo lógico, tuvo un impacto significativo en la historia y filosofía de la ciencia (HFC), donde esta aparecía, según Nietos (1995) “como un dato al margen de la sociedad, concebida como un desarrollo enfocado exclusivamente en las contribuciones de ciertas figuras excelsas” (p.3), es decir, personas con renombre pertenecientes a una comunidad científica preocupadas por los métodos y la búsqueda de la verdad.

Según esta concepción positivista, el avance científico se entiende como un proceso dirigido por un estricto conjunto de normas de racionalidad que operan de manera independiente de influencias externas, ya sean de naturaleza social, política, psicológica, ideológica, u otras. Desde este enfoque tradicional, la ciencia se centra en la búsqueda de la verdad en las teorías, evaluando su coherencia, justificación y validez, sin otorgar tanto énfasis a su potencial utilidad o aplicabilidad en el ámbito sociopolítico (García, 2001).

En la segunda mitad del siglo XX el desarrollo de la sociología de la ciencia hizo posible una nueva mirada en la HFC desde una perspectiva del quehacer real del científico: las demandas expuestas por la sociedad, los recursos necesarios para implementar alguna actividad o resultantes de esta, sus motivaciones y el impacto del contexto. La filosofía de la ciencia orienta nuevos aspectos de la actividad del científico que va más allá del empirismo lógico, e incluye la innovación tecnológica y la relación entre los conocimientos, sus

aplicaciones y la enseñanza, reconociendo esta última como una práctica científica (Izquierdo, 2016).

En este contexto, se llevó a cabo una transición científica caracterizada por el crecimiento de instituciones, recursos humanos y financieros, además de un acelerado auge de producciones académicas y literatura científica, que vinculaban a la ciencia con la tecnología como factores determinantes en la dinámica del mundo. La construcción del conocimiento científico entonces toma distancia de visiones reduccionistas de técnicas y métodos que aludían a verdades absolutas, irrefutables y comprobables a través de la experimentación.

El auge científico que marcó el siglo XX, no solo se manifestó en descubrimientos y avances, sino también en la consolidación de diversos organismos dedicados a la ciencia y la tecnología en el continente americano, con el objetivo de promover, coordinar, financiar, gestionar y elaborar políticas en ciencia y tecnología como parte integral de la estrategia de desarrollo nacional. Entre ellos se destacan la National Science Foundation en Estados Unidos en 1950, el Instituto Nacional de Investigaciones Científicas en México en 1950, el Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico y Tecnológico (CNPq) en Brasil en 1951, y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) en Argentina en 1958 (Gallegos, 2013).

En efecto, algunos pensadores como Karl Popper, Imre Lakatos, Stephen Toulmin y en particular, Ludwik Fleck y Thomas Kuhn, asumieron posturas e introdujeron elementos claves sobre la construcción del conocimiento científico, haciendo que varios de los postulados positivistas comenzaran a tambalearse. Para autores como Ludwik Fleck un hecho científico se construye colectivamente a partir de cualquier comunidad de personas no necesariamente científicas, que intercambian ideas o establecen interacciones intelectuales dando lugar al desarrollo histórico de cualquier campo de pensamiento. Según Fleck (1979), la esencia radica en la comunidad intelectual y su manera de pensar, donde esta comunidad influye en el estilo de pensamiento; así, sugiere que hay una conexión estilística entre todos los conceptos dentro de un período histórico, lo que implica que estos conceptos están arraigados en un contexto histórico y no pueden separarse de la cultura y el pensamiento de esa época.

Lo anterior, se retomó de la monografía titulada (El surgimiento y desarrollo de un hecho científico) escrita y publicada por primera vez Fleck (1935) y abordada 35 años después por Kuhn (1970), lo que conllevó a su traducción en 1979. Este estudio tiene relevancia sociológica significativa, ya que aborda la reflexión sobre las ideas que debían establecerse en la sociología de la comunidad científica, cuando esta disciplina incorporaba el contenido científico a sus discusiones; ideas que influyeron en gran medida los trabajos posteriores de Kuhn, concluyendo que, los hechos históricos evidencian cómo el conocimiento científico se construye colectivamente.

El colectivo de pensamiento se convierte en el sujeto del conocimiento científico, pues, son estas interacciones y colaboraciones las que permiten el avance y evolución de este (Fleck, 1979). Este autor reconoce que la construcción del conocimiento no depende de individuos aislados, sino que surge de la interacción de un colectivo. Ejemplo de ello, tiene que ver con el estudio de la sífilis, donde las diferentes ideas alrededor de la enfermedad, derivan de *colectivos de pensamiento* diversos anclados a un *estilo de pensamiento* que converge con el contexto, donde está involucrada la sociedad religiosa y sus creencias hacia el castigo por el pecado, la fraternidad astrológica o los practicantes y teóricos de la medicina, es decir que aunque este hecho histórico en particular se le atribuye a un solo pensador, Fleck reconoce que la generación de conocimiento implica la participación de múltiples actores.

Por otro lado, Thomas Kuhn, marcó un hito crucial con sus estudios, donde cuestionaba gran parte de los principios de la visión tradicional de la ciencia. Su crítica se centra en la falta de contextualización histórica y la desconexión de la teoría con la práctica científica real, desafiando así la idea de una ciencia puramente objetiva y universal. Este estudio provocó un movimiento sísmico en el pensamiento científico, abriendo las puertas a una comprensión más matizada y dinámica de la ciencia (García, 2001).

Kuhn, en particular es conocido por su trabajo sobre *La Estructura de las Revoluciones Científicas*, publicado en 1962, que impactó significativamente en amplios dominios del saber durante la segunda mitad del siglo XX y sigue siendo una referencia relevante y fuente de inspiración para la comprensión del desarrollo científico. En su estudio, Kuhn introduce el concepto de *paradigma*, que se refiere a un conjunto de creencias, valores y técnicas compartidas dentro de una comunidad científica en un momento dado. Según Kuhn, la ciencia normal se lleva a cabo dentro de los límites de un paradigma establecido,

pero eventualmente pueden surgir anomalías que desafían el paradigma dominante. Estas anomalías pueden conducir a una crisis y, finalmente, a una revolución científica en la que se abandona el antiguo paradigma y se adopta uno nuevo (Kuhn, 2019).

La influencia de Fleck en Kuhn puede verse en la apreciación de ambos filósofos por la naturaleza social y contextual del conocimiento científico. Ambos destacan la importancia de los factores sociales, culturales e históricos en la formación y evolución de las teorías científicas. Además, Kuhn adopta el concepto de paradigma de Fleck y lo desarrolla aún más en su propio marco teórico sobre las revoluciones científicas. Así, mientras que Fleck enfatiza la construcción social del conocimiento científico y la influencia del pensamiento colectivo en la práctica científica, Kuhn desarrolla estas ideas al introducir el concepto de paradigma y argumentar que las revoluciones científicas son impulsadas por crisis dentro de estos paradigmas establecidos (Obregón, 2002).

Este cuestionamiento llevó a una apreciación más dinámica de la actividad científica, reconociendo su carácter contingente, contextual y en constante evolución. Además, en las últimas décadas, la filosofía de la ciencia ha abordado temas como la interdisciplinariedad, la pluralidad de métodos y la importancia de la ética y la responsabilidad social en la práctica científica, ampliando aún más la comprensión de la ciencia como una empresa humana compleja y multifacética (Kuhn, 2019).

Ahora bien, estos conocimientos científicos se desarrollan en las aulas de clase, pues al considerar la enseñanza y el aprendizaje como un proceso donde se relacionan diferentes perspectivas y culturas, el aprendizaje se asume como *el traspaso de fronteras* (Molina y Mojica, 2013), es decir, el puente que une el mundo de la ciencia con los contextos propios de los estudiantes. Estos puentes se configuran con la pretensión de ampliar la alteridad mediante la consideración de aspectos epistemológicos, pues se enriquece la comprensión y la perspectiva de los estudiantes al conectar sus experiencias con las prácticas científicas, transponiendo didácticamente conceptos complejos y, sobre todo, se influye en la forma que se percibe y se desarrolla el conocimiento científico en la comunidad académica.

Según Acevedo-Díaz (2008), el conocimiento científico escolar se refiere al conjunto de conocimientos científicos que son enseñados y aprendidos en el contexto educativo, específicamente en las escuelas y otros entornos educativos, abarcando conceptos, teorías y enfoques que son seleccionados, adaptados y presentados de manera accesible para los

estudiantes de acuerdo con su etapa educativa. Se diferencia del conocimiento científico en que este último se refiere al conjunto de conocimientos producidos por la comunidad científica a través de la investigación y la experimentación, que son validados mediante la revisión por pares y están sujetos a un riguroso proceso de evaluación y verificación. Según estas ideas, se asume el conocimiento científico escolar como la adaptación del conocimiento científico que es sensible a propuestas pedagógicas en entornos educativos y se diseñan para ser accesibles y comprensibles para los estudiantes.

A medida que la discusión sobre la dinámica científica y las perspectivas de la HFC avanza, se proporciona un contexto enriquecedor para reflexionar sobre cómo se desarrolla el conocimiento científico y cómo se concibe la ciencia en diferentes momentos históricos y culturales. Esta conexión, promueve una comprensión más profunda y holística de la NOS, ya que, permite examinar cómo la ciencia se construye, se valida y se aplica en la práctica, así como su interacción con la sociedad y el ambiente. Por consiguiente, se definen algunas comprensiones de la NOS destacando la evolución de las concepciones tradicionales de la ciencia hacia una visión más dinámica y contextualizada. Amador y Aduriz (2017), resaltan cuatro perspectivas emergentes para la comprensión de la NOS desde la línea de investigación centrada en el ámbito didáctico de las ciencias con diferentes presupuestos teóricos y metodológicos sobre el tema:

- La mirada de Matthews propone ir de naturaleza de la ciencia a FOS “*rasgos de la ciencia*”, propuesto con el fin de apartarse en primer lugar de la amalgama confusa de características provenientes de distintas esferas como la epistemología, sociología, psicología, ética, finanzas y filosofía, todas agrupadas en una sola lista de NOS. En segundo lugar, la tendencia a favorecer una de las posiciones existentes dentro de una controversia polémica o debatida, como es el caso de la metodología científica. En tercer lugar, la suposición de una solución específica para el problema de la demarcación, y, por último, la asunción de que el aprendizaje de la NOS puede ser evaluado únicamente mediante la capacidad de los estudiantes para identificar un conjunto predeterminado de enunciados sobre la misma (Matthews, 2012).
- La segunda mirada es la de Allchin, quien sugiere el uso de casos históricos o eventos científicos actuales como recursos para entender la NOS. Mediante esta propuesta, el

autor busca promover un cambio en la forma en que se evalúa esta mirada, desplazándose desde un enfoque basado en afirmaciones declarativas (como los principios de Lederman) hacia un análisis funcional e interpretativo (Allchin, 2011).

- Irzik y Nola critican la visión consensuada de la NOS propuesta por Lederman, argumentando que esta enseña solo las características menos controvertidas y aceptadas en los documentos curriculares y en las propuestas de alfabetización científica. En cambio, proponen adoptar un enfoque epistemológico basado en la idea de "parecidos de familia", inspirada en la filosofía de Wittgenstein. Esta idea implica reconocer similitudes entre diferentes aspectos de la ciencia, aunque también acepta que pueden existir diferencias significativas (Irzik y Nola 2011).
- Por último, la cuarta mirada es la de Adúriz-Bravo, quien propone seis *Campos teóricos estructurantes* comprendidos por preguntas fundamentales de carácter metateórico que resultan especialmente pertinentes para la enseñanza de las ciencias, ya que, exploran reflexiones generales sobre la esencia misma de estas disciplinas, y son adecuadas para ser abordadas en las aulas de todos los niveles educativos. (Adúriz-Bravo, 2005).

Esta última mirada converge con las connotaciones de otras investigaciones (Izquierdo et al., 2016; Acevedo & García, 2016) en cuanto se reconoce la importancia de las reflexiones de carácter metateórico en la enseñanza de la ciencia. Además, a partir de estas investigaciones se exponen dos aspectos relevantes sobre la inclusión de aspectos epistémicos y no epistémicos desde dos perspectivas. En primer lugar, Izquierdo et al., (2016) establecen que la principal contribución a la NOS proviene de la filosofía de la ciencia, por lo que es conveniente enseñar las *ideas epistemológicas clave*, es decir, las ideas específicas que dan lugar al pensamiento sobre la ciencia y acerca de la ciencia, dado que, en la investigación científica, la teoría y la experiencia están íntimamente soldadas y se implican y condicionan mutuamente.

Las ideas epistemológicas clave intentan explicar los fenómenos del mundo identificando patrones en los hechos observados bajo la influencia del espíritu de la época, relacionados con los sesgos individuales de los científicos, los recursos disponibles en cada contexto y el análisis de situaciones concretas que posibilita predicar sobre la propia ciencia.

En este sentido, se reconoce que la ciencia se desenvuelve en un contexto específico, donde el análisis de situaciones concretas proporciona el marco para realizar predicciones y avanzar en el conocimiento científico. Este enfoque permite una comprensión más completa y crítica de la ciencia, integrando tanto sus dimensiones teóricas como prácticas, y resaltando la importancia de considerar el contexto histórico y social en la construcción del conocimiento científico (Izquierdo et al., 2016).

En segundo lugar, se parte del reconocimiento de que la concepción de la NOS ha venido imponiendo una concepción sobre todo epistemológica (Lederman, 2007), centrada en el significado de la ciencia, las invenciones conceptuales y en las características del conocimiento científico elaborado. Sin embargo, autores como Acevedo y García (2016) argumentan a favor de una ampliación de esta visión para incluir aspectos sociológicos de la ciencia y los valores tanto inherentes como contextuales del conocimiento. Estos elementos, derivados de la naturaleza humana de la ciencia, se integran dentro de la tradición CTS.

Los asuntos sociológicos o no epistemológicos de Acevedo y García (2016) convergen con las ideas epistemológicas clave de Izquierdo, García Martínez, Quintanilla y Aduriz Bravo (2016), en tanto configuran la noción de la NOS tomando distancia de visiones reduccionistas centradas solo en los aspectos cognitivos y epistemológicos que simplifican la complejidad de la actividad científica. Los estudios de Acevedo y García (2016) no engloban estas ideas en un mismo concepto, sino que los referencian desde los asuntos epistemológicos y sociológicos, sin desconocer la relación implícita entre ambos. En esta investigación se asumirá la propuesta de Acevedo y García (2016) quienes definen la NOS como:

Un metaconocimiento sobre la ciencia, que surge de las reflexiones interdisciplinarias realizadas desde la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia por expertos en estas disciplinas, y por algunos científicos. La empresa científica es poliédrica y dinámica, por lo que es difícil definir con precisión el concepto de NDC, aunque, de manera general, trata de todo aquello que caracteriza a la ciencia como la construcción de una forma especial de conocimiento (p,1).

De hecho, Acevedo & García (2016) mencionan que la tradición de la Ciencia-Tecnología-Sociedad en la enseñanza de las ciencias (CTS-EC) ha abrazado desde sus inicios todos los elementos ahora reconocidos como fundamentales para una comprensión más completa de la NOS. Dentro de este marco, se abarcan reflexiones sobre la generación del conocimiento científico, los métodos para su validación, los valores implicados en la práctica científica, las interacciones con la tecnología, la dinámica de la comunidad científica, la interrelación entre la sociedad y la ciencia y tecnología, así como las contribuciones de la ciencia al desarrollo cultural y social. Acevedo & García (2016) mencionan que “la tradición CTS-EC ha integrado, desde un principio, todos esos aspectos que ahora se reivindican para una mejor comprensión de la NOS” (p.4), es decir que las cuestiones de la NOS considerada por la tradición enunciada, ya habían integrado las expuestas por Matthews, estructuradas en cuatro grandes grupos: epistemología, ciencia y tecnología, sociología interna de la ciencia y sociología externa de la ciencia.

Ahora bien, esta propuesta posibilita pensar sobre qué enseñar sobre la NOS, reflexionando sobre la ciencia misma y señalando la necesidad de transitar más allá de los asuntos centrados en los aspectos cognitivos y epistemológicos e integrar otros componentes sociológicos o no epistemológicos (Acevedo y García, 2016), como los aportados por Matthews (2012) que se describen en la Figura 1.

Figura 1.

Características de ciencia según Matthews (2012)

Siete elementos de la lista de Lederman sobre NDC	Once aspectos añadidos por Matthews
1. Base empírica.	8. Experimentación.
2. Teorías científicas y leyes.	9. Idealización.
3. Creatividad.	10. Modelos.
4. Dependencia de la teoría.	11. Valores y cuestiones socio-científicas.
5. Integración cultural.	12. Matematización.
6. El método científico.	13. Tecnología.
7. Provisionalidad.	14. Explicación.
	15. Cosmovisiones y religión.
	16. Elección de teorías y racionalidad.
	17. Feminismo.
	18. Realismo y constructivismo.

*Tomado de Acevedo Díaz, J. A., & García-Carmona, A. (2016).

<https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/18010/01-823-Acevedo.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Como se observa, la lista de Lederman sobre los siete elementos de la NOS proporcionan una estructura clave para comprender cómo opera la ciencia en la práctica. Por otro lado, Matthews añade once aspectos a esta comprensión, importantes desde este abordaje. En la presente investigación, se retoma el número once que tiene que ver con los valores y cuestiones sociocientíficas, que se definirá más adelante.

Para abordar reflexiones sobre la enseñanza de la NOS, se han propuesto dos enfoques bien diferenciados, el enfoque implícito y el enfoque explícito- reflexivo. Con el primero se puede conseguir una comprensión de la NOS mediante una enseñanza basada en la adquisición de habilidades en los procesos de la ciencia, involucrando a los estudiantes en actividades de indagación científica, lo que según Hodson (2021), significa enseñar y aprender ciencia. Por otra parte, con el enfoque explícito se puede conseguir una mejor comprensión de la NOS mediante una enseñanza directa e intencionada de sus aspectos, utilizando distintos elementos de la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia, es decir un metaconocimiento de la ciencia (Acevedo y García 2016), que en palabras de Hodson significa enseñar y aprender sobre las ciencias.

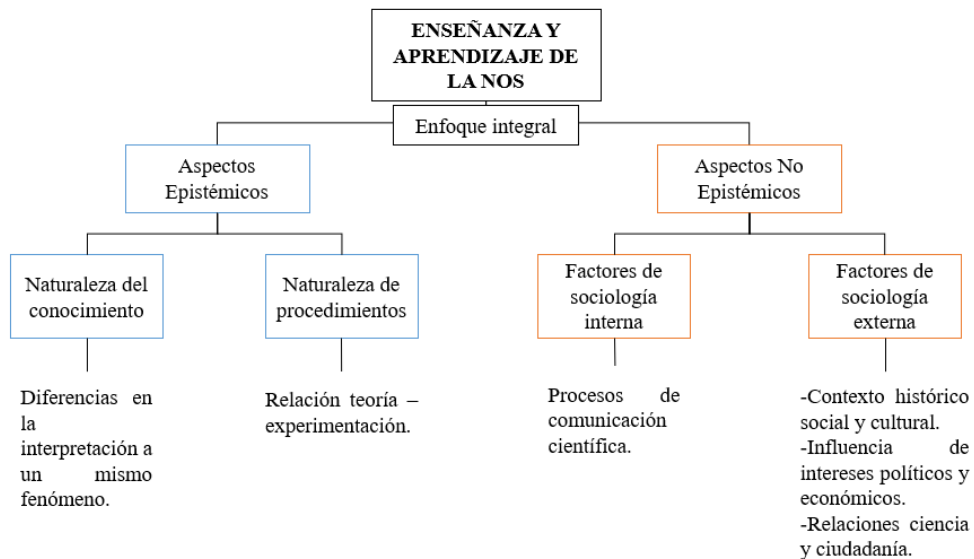
Actualmente, existe un consenso sobre la enseñanza de la NOS que sugiere abordar el enfoque explícito-reflexivo, ya que, el propósito de mejorar las visiones acerca de la NOS debe ser planeado e intencionado en lugar de asumirse como un efecto colateral de determinada perspectiva de enseñanza de las Ciencias (Acevedo-Díaz, 2008). Es decir, que en lugar de tratar la comprensión de la NOS como un efecto secundario no intencionado de un enfoque particular de enseñanza de las ciencias, se reconoce la importancia de abordarla directamente como parte integral del currículo. En otras palabras, la enseñanza de la NOS debe ser una meta educativa explícita y consciente, diseñada para mejorar la comprensión de los estudiantes sobre cómo funciona la ciencia y cómo se construye el conocimiento científico.

Sin embargo, la inclusión de la NOS en la enseñanza de las ciencias no puede restringirse a un enfoque particular. Es igualmente problemático la identificación de la NOS solo con los procedimientos de indagación científica desde el enfoque implícito, como la metareflexión de los procedimientos de ciencia sin abordar los contenidos disciplinares mismos (enfoque explícito); por tal razón es importante hablar de un enfoque integral de la

NOS como se muestra en la Figura 2, que posibilite articular y reflexionar sobre los aspectos epistémicos como no epistémicos (Acevedo-Díaz, 2008; Rodríguez y Romero, 2023).

Figura 2.

Aspectos epistémicos y no epistémicos abordados



**Se establece una relación entre el enfoque integral con los aspectos epistémicos y no epistémicos. Elaboración propia.*

Así, la naturaleza del conocimiento y la naturaleza de los procedimientos son aspectos epistémicos fundamentales que se refieren a la esencia y la forma como se obtiene el conocimiento en un campo particular, como la ciencia. La idea de *Diferencias en la interpretación a un mismo fenómeno* en la naturaleza del conocimiento se refiere a cómo diferentes individuos o comunidades científicas pueden interpretar y comprender un fenómeno particular de manera distinta. Esto se debe a que la construcción del conocimiento científico está influenciada por una serie de factores, como las experiencias previas, los marcos teóricos, los métodos de investigación y los valores individuales o culturales de los científicos (Matthews, 2012). El fenómeno que se analiza en este trabajo tiene que ver con la potabilización del agua, el estrés hídrico y su interpretación desde las discusiones sobre la soberanía hídrica.

Por otro lado, la relación teoría-experimentación en la naturaleza de los procedimientos, se refiere a la estrecha interacción entre la teoría y la experimentación en el

proceso científico. Este aspecto epistémico señala que las teorías científicas y la experimentación están intrínsecamente vinculadas, y que una influye en la otra de manera recíproca, lo cual se incluye en la investigación a la hora de evaluar algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del agua procedente de las fuentes hídricas veredales, a través de diversas estrategias metodológicas.

Ahora bien, lo concerniente a los factores de sociología interna y externa de los aspectos no epistémicos se refieren a las influencias sociales que afectan el desarrollo y la práctica de la ciencia dentro y fuera de la comunidad científica. Estas ideas se explican desde la obra de Kuhn (1962) que fue descrita en párrafos anteriores, pues, los factores de sociología interna se refieren a las dinámicas sociales dentro de la comunidad científica, como las jerarquías disciplinarias, las normas de evaluación de la investigación y la influencia de líderes científicos. Estos factores internos pueden influir en la aceptación o rechazo de nuevas ideas científicas durante los períodos de cambio revolucionario en la ciencia. Por ejemplo, los procesos de comunicación científica se abordan desde la simulación del TLC del agua en Colombia, donde diferentes partes de la sociedad asumen postura influenciados por sus jerarquías disciplinarias y el grupo de discusión para debatir las ideas en torno a la soberanía hídrica.

Los factores de sociología externa se refieren a las influencias sociales que provienen fuera de la comunidad científica, como los cambios en la opinión pública, las presiones políticas o económicas y los avances tecnológicos. Estos factores externos pueden afectar el financiamiento de la investigación, las políticas científicas y la percepción pública de la ciencia, entre otros aspectos. A partir de este factor se aborda el contexto histórico social y cultural de la problemática del uso el agua, la influencia de intereses políticos y económicos en el estrés hídrico de la vereda y las relaciones entre ciencia y ciudadanía cuando los estudiantes integran los factores epistémicos y no epistémicos a la hora de proponer un accionar sociopolítico.

En definitiva, los estudios sobre historia, filosofía y sociología de la ciencia se encuentran inmersos en el quehacer de la comunidad científica desde la práctica de aspectos epistémicos como no epistémicos (Acevedo & García 2016), sin embargo, el carácter polisémico de la NOS presenta desafíos significativos en su enseñanza, dado que, la diversidad de perspectivas sobre su constitución y cómo se debe abordar en el aula, plantea

preguntas importantes sobre qué aspectos deben priorizarse y cómo se pueden integrar de manera efectiva en el currículo científico. Estos dilemas reflejan la complejidad inherente de la NOS y la necesidad de una reflexión continua sobre cómo mejorar la educación científica para los estudiantes. Además, Mody (2015) resalta que la práctica científica como tal, es ambigua, contradictoria, poco ordenada y más razonable que racional al basarse generalmente en la evidencia empírica y el razonamiento lógico.

Ante esta situación, se asume la propuesta de García & Carmona (2021) sobre un enfoque didáctico basado en prácticas científicas, bajo la corriente didáctica que sostiene que la participación en prácticas científicas posibilita aprender ciencia y, en el marco del desarrollo de metodologías específicas que contribuyan a la reflexión más profunda de los procesos de enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, así como en la práctica docente en relación con su papel en la investigación educativa. Este enfoque converge con la idea de aprender ciencia haciendo ciencia, integrando los asuntos epistémicos y no epistémicos, con el propósito de fomentar experiencias de aprendizaje que integren aspectos cognitivos como la formulación de hipótesis y la elaboración de modelos, con factores afectivos, conductuales, éticos, comunicativos, organizativos y económicos que igualmente influyen o intervienen en los procesos de construcción y justificación de conocimiento científico.

Según García & Carmona (2021), participar en prácticas científicas no significa apelar a un conjunto de reglas, sino a la capacidad crítica de evaluar la construcción del conocimiento científico, integrando la dimensión no epistémica como un componente esencial en la conceptualización sobre la NOS y, solo tendrá sentido sí:

Ayuda a los estudiantes a desarrollar una comprensión amplia y profunda de lo que sabemos, de cómo lo sabemos y de los constructos que guían la práctica de la ciencia; constituye un medio más efectivo para desarrollar ese conocimiento; y presenta una imagen más auténtica de la ciencia (p.4)

Acevedo & García (2016) proponen que el diseño de secuencias a partir de este enfoque contenga: objetivos suficientemente claros que permitan justificar la inclusión de la NOS en las clases de ciencias, actividades, evaluación y transposición didáctica. Respecto a la evaluación, recomiendan evaluar formativamente las comprensiones de la NOS a la vez que se evalúan otros contenidos de ciencia durante el curso escolar, de este modo, los estudiantes asumirán estas comprensiones como una parte fundamental en la educación y

podrán tomarla en serio. El instrumento de evaluación más usado en la investigación de la NOS incluye los expuestos en la Figura 1.

Para esto, se tiene en cuenta la viabilidad didáctica de estos factores en el contexto escolar mediante la formulación de objetivos de aprendizaje epistémicos y no epistémicos específicos en relación con el diseño de actividades, un plan de evaluación apropiado y un ejercicio complementario a la transposición didáctica, asumiendo un proceso más humano en la enseñanza de la ciencia desde la recontextualización de la HFC, que según Rodríguez y Romero (2023), consiste en retomar la información desde su fuente primaria para transponerla didácticamente en el aula; en este sentido, se atiende a un contexto disciplinar ligado al fenómeno del estrés hídrico y a las propiedades del agua, un contexto metacientífico desde el abordaje de las CSC y por último, a un contexto pedagógico con el desarrollo de la responsabilidad personal y social, resaltando la importancia de la inclusión de los aspectos epistémicos y no epistémicos en la enseñanza de la NOS. En conclusión, el enfoque didáctico basado en prácticas científicas promueve una imagen más real y completa de la ciencia; algo, sin duda, esencial para lograr una alfabetización científica acorde con las necesidades del siglo XXI.

Finalmente, estos aspectos se desarrollan empíricamente desde la tradición CTS (Acevedo y García 2016), por lo que se pone de manifiesto que la NOS retoma los aportes de esta tradición en la enseñanza de las ciencias e integra reflexiones interdisciplinarias de diversas áreas del conocimiento. A continuación, se define el devenir histórico de esta tradición, sus potencialidades y debilidades que hacen necesario transitar hacia la integración del componente ambiental y el abordaje de las CSC.

4.2 El devenir: de CTS a Cuestiones Sociocientíficas

La tradición Ciencia-Tecnología-Sociedad aparece a finales de la década de 1970 centrada en el desarrollo de un tema de estudio que expone las influencias de la ciencia, la tecnología y la sociedad, en un contexto donde la educación científica se encontraba en medio de debates intensos que incluían el propósito de la educación escolar, las políticas curriculares, la estructura del plan de estudios, los métodos de enseñanza y evaluación en ciencias, el rol de los educadores, las teorías de aprendizaje, la diversidad estudiantil y la

interpretación del concepto de "ciencia". Este contexto generó una profunda reflexión y un enriquecedor intercambio de ideas entre los profesionales dedicados a la enseñanza de la ciencia y la tecnología (Aikenhead, 2004).

Este enfoque se gestó en el contexto de una creciente conciencia sobre las repercusiones sociales de la tecnología, que incluían eventos y movimientos significativos como la Segunda Guerra Mundial, el movimiento ecologista, el movimiento de mujeres y las reformas curriculares, en su transformación hacia la *ciencia para la comprensión pública* y/o *ciencia ciudadana* (Fensham, 1988), es decir, la promoción de la alfabetización científica y tecnológica en el proceso de toma de decisiones y en la resolución de problemas relacionados con la ciencia y la tecnología (Arango, 2021).

James Gallagher (1971), señala un sentido general de la tradición CTS

Para futuros ciudadanos de una democracia, entender las interrelaciones entre ciencia, tecnología y sociedad puede ser tan importante como entender los conceptos y procesos de la ciencia. Una conciencia de las interrelaciones entre CTS debe ser prerequisite de la acción inteligente en el rol del futuro votante y elector de sus representantes (p.337).

Simultáneamente, algunos profesores han abogado por un plan de estudios impulsado por las cuestiones sobre la tradición CTS-A, donde se incorpore la dimensión ambiental de manera más explícita y una comprensión más integral de las interacciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente, reconociendo la importancia de abordar los desafíos ambientales en el contexto más amplio de la educación científica (Zeidler et al., 2005).

Sin embargo, otros autores (Shamos 1995; Hodson 1994) exponen críticamente que muchos de los temas abordados desde la tradición CTS, como la energía nuclear o el calentamiento global, pueden percibirse como poco emocionantes o relevantes para los estudiantes, ya que, están alejados de sus experiencias personales cotidianas. Aunque la educación CTS suele enfatizar el impacto de las decisiones en ciencia y tecnología en la sociedad, no siempre incorpora de manera explícita cuestiones éticas relacionadas con estas decisiones, ni considera el desarrollo moral o el carácter de los estudiantes, es decir que “no explota el poder pedagógico del discurso, la argumentación razonada y las consideraciones de la NOS” (Zeidler et al., 2005, p.6)

La consideración de la NOS según Hodson, se ha convertido en un sustento fundamental en la transformación de los currículos de ciencia, por tanto, el énfasis de la educación CTS-A se ha desplazado más hacia la confrontación de las cuestiones sociocientíficas, lo cual se debe a las expectativas y naturaleza cambiante de las sociedades, los avances tecnológicos, la creciente diversidad étnica en el contexto escolar, así como a “los cambios en nuestra comprensión de cómo los estudiantes adquieren y desarrollan comprensión científica compleja” (Hodson, 2013, p.650) y a la influencia de factores externos comprendidos desde diferentes instituciones. Es así, como la NOS se ocupa de la actividad científica asumiendo la ciencia como un proceso, además de tener en cuenta la esencia de los conocimientos científicos o la ciencia desde un carácter metadiscursivo, metateórico o metacientífico (Izquierdo, 2016).

Según Zeidler, Sadler, Simmons y Howes (2005), orientar la educación desde las CSC en contraste con la tradición CTS y CTS-A significa desarrollar el escepticismo, mantener la mente abierta, adquirir la capacidad para el pensamiento crítico, reconocer la multiplicidad de formas de investigación, aceptar la ambigüedad y capacitar a los estudiantes para vislumbrar como los problemas que tienen una base científica, hacen parte, en principios éticos y morales de sus propias realidades y problemáticas contextualizadas.

Se concluye entonces que a los problemas que combinan aspectos de ciencia, tecnología, sociedad y ambiente con una fuerte carga de valores, se les conoce comúnmente como *problemas socio-científicos* (España y Prieto, 2009) y la controversia que rodea a estos problemas proporciona un contexto propicio para el debate y la búsqueda de soluciones y acciones (Zeidler y Sadler, 2005). Estos problemas sociocientíficos se asumen en este trabajo bajo la definición de CSC aportada por Jiménez-Aleixandre (2010) como ese conjunto de controversias o dilemas éticos, políticos y ambientales que tienen en su base nociones científicas.

Ratcliffe y Grace (2003) consideran que una cuestión sociocientífica es aquella que tiene una base científica y un impacto potencialmente grande en la sociedad. A su vez, describen las características que deben tener estas cuestiones y que se asumirán en esta investigación:

- Tener una base en la ciencia, frecuentemente en las fronteras del conocimiento científico.

- Implicar la forma opiniones y tomar decisiones a nivel personal o social.
- Son frecuentemente reportados en los medios, con los consiguientes problemas de presentación con base en los propósitos del comunicante.
- Tratan con información incompleta debido a conflictos y evidencia científica e informes inevitablemente incompletos.
- Abordan las dimensiones locales, nacionales y globales con sus marcos sociales.
- Involucran algún análisis de costo-beneficio en el que el riesgo interactúa con los valores.
- Pueden implicar la consideración del desarrollo sostenible.
- Involucran valores y razonamiento ético.
- Puede requerir cierta comprensión de la probabilidad y el riesgo.
- Son frecuentemente de actualidad y tienen una vida transitoria (p. 3).

Por su parte, Fourez (1994), destaca que las CSC son una herramienta valiosa para la enseñanza en el aula, ya que, fomenta el trabajo colaborativo de naturaleza interdisciplinaria, ayudando a mejorar la comprensión de la influencia de situaciones controvertidas en la vida diaria. En la misma línea, Sadler (2004) hace alusión a las cuestiones sociocientíficas como “un movimiento centrado en capacitar a los estudiantes para manejar los problemas basados en la ciencia que dan forma a su mundo actual y los que determinarán en su mundo futuro” (p.514).

Abordar las CSC en el contexto escolar, donde una temática social es controvertida con vínculos conceptuales y/o procedimientos de ciencia, pone de manifiesto la comprensión de la NOS en tanto transpone esos contenidos metacientíficos con gran flexibilidad a modo de rescatar su sentido educativo (Izquierdo, 2016). Esto, haciendo hincapié en el papel del científico en su comunidad, donde sus interacciones están dadas por valores, poderes y normas sociales. De allí, la importancia de incluir el contexto sociológico, político, organizativo y económico de la ciencia en la educación científica, pues le permite al estudiante comprender la ciencia como un proceso más humano desde cuestionamientos meta científicos (España y Prieto. 2010).

En el mismo sentido, Kolstø (2001) alude a un marco de tópicos para revisar la dimensión científica del papel de las CSC en la enseñanza de las ciencias, que incluye las

actividades centradas en reconocer la ciencia como un proceso social, con limitaciones, valores y actitud crítica, que además de fortalecer el entendimiento de la NOS, mejora los procesos cognitivos y de comprensión conceptual, respondiendo así, a los objetivos de la alfabetización científica de la ciudadanía (Zenteno, 2010).

A su vez, el abordaje de las CSC como contexto en la enseñanza de las ciencias debería según Hodson (2003) orientarse hacia la acción sociopolítica, entendida como la transformación de valores y convicciones en prácticas responsables que fomentan el desarrollo de habilidades y actitudes para empoderarse, colaborar con otros en la búsqueda de cambios y trabajar hacia la construcción de un mundo más equitativo y sostenible. En este contexto, se aboga por una distribución más equitativa del poder, la riqueza y los recursos, promoviendo la participación, y el desarrollo de la responsabilidad individual y cívica, es decir llevar al sujeto a la acción desde la formación en valores fundantes y la justicia social como pilares fundamentales de la acción colectiva.

Ante esta orientación de las CSC hacia una acción sociopolítica, Hodson (2013,2021) promueve un enfoque basado en cuatro niveles de sofisticación, relevantes en la construcción de los objetivos de esta investigación:

- Apreciación del impacto social y ambiental del cambio científico y tecnológico, junto con el reconocimiento de que la ciencia y la tecnología son, hasta cierto punto, determinadas culturalmente.
- Reconocer que las decisiones sobre el desarrollo científico y tecnológico se adoptan en función de intereses particulares, que los beneficios que se obtienen para unos pueden ir en detrimento de otros y que los avances de la ciencia y la tecnología están inextricablemente vinculados a la distribución de la riqueza y el poder.
- Desarrollar puntos de vista propios y justificarlos a través de la discusión.
- Prepararse y tomar medidas sobre cuestiones sociocientíficas y ambientales (p.5).

El ultimo nivel sugiere una serie de estrategias para el aprendizaje de la acción, sobre la acción o a partir de la acción. En esta investigación se retoma el aprendizaje sobre la acción centrada en el aprendizaje de las habilidades y estrategias de la acción sociopolítica; de esta se destacan y utilizan las simulaciones, juegos de rol y el debate, y el aprendizaje a partir de

la acción lo cual comprende la participación directa de los estudiantes en proyectos fuera del aula y con resultados tangibles, como la feria de la ciencia.

Profundizando la idea anterior, Hodson (2013) afirma que la probabilidad de que los estudiantes se conviertan en ciudadanos activos se incrementa si se les alienta desde ahora con acciones desde la escuela, brindándoles oportunidades para ello. Se pueden distinguir acciones directas y acciones indirectas, la primera incluye cosas como reciclar, limpiar, usar bolsas reutilizables entre otras, y la segunda tiene que ver con escribir a los periódicos o realizar presentaciones a la junta de acción comunal del barrio. La implicación sociopolíticas de cada una de ellas deviene de su significado a corto o largo plazo, pues si bien, los maestros generalmente abogan por las acciones directas porque son importantes y tienen un impacto significativo, se puede desviar la atención de las causas principales de los problemas en el ámbito social, político y económico, que si se tienen en cuenta desde las acciones indirectas; por lo tanto, el enfoque óptimo podría ser la integración de ambas acciones y de forma colectiva.

Por otra parte, la manera de integrar los niveles de sofisticación con la propuesta pedagógica tiene que ver con lo que Hodson (2021) reconoce como las formas en que debería evolucionar el currículo, distinguiendo cuatro categorías principales en los objetivos de aprendizaje:

- Aprender ciencias: Este objetivo implica adquirir una comprensión sólida de los conceptos, ideas, principios y teorías fundamentales de la ciencia, así como la capacidad de utilizarlos de manera adecuada y efectiva en situaciones tanto del mundo real como simuladas.
- Aprender sobre la ciencia y la práctica científica: Se busca desarrollar una comprensión de las características de la investigación científica, el papel y el estatus del conocimiento que esta genera, las circunstancias sociales e intelectuales que rodean el origen y el desarrollo de teorías científicas importantes, así como las formas en que la comunidad científica establece y supervisa la práctica profesional. También se incluye una comprensión clara de las convenciones lingüísticas para la presentación, defensa, escrutinio y validación de las afirmaciones científicas, así como la conciencia de las complejas interacciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente.

- Hacer ciencia: Participar y adquirir experiencia en el diseño y realización de investigaciones científicas, la resolución de problemas, la modelización y la construcción de teorías, así como la comunicación de hallazgos y conclusiones a otros.
- Abordar las CSC: Se busca desarrollar habilidades críticas para enfrentar los aspectos científicos, personales, sociales, económicos, ambientales y ético-morales de los problemas sociocientíficos, así como encontrar formas efectivas, apropiadas y socialmente responsables de responder a ellos.

Por tal razón, la propuesta pedagógica presentada más adelante desde el enfoque basado en prácticas científicas tiene en cuenta los niveles de sofisticación, objetivos de aprendizaje y la orientación de las CSC hacia la acción sociopolítica propuesta en los diferentes trabajos realizados por Hodson. El tema en particular que se discute tiene mucho que ver con la forma en que se presenta y lleva al aula, por lo que a continuación se describen los asuntos que son controvertidos y sensibles de llevar la noción de NOS articulada a las CSC.

4.3 La soberanía hídrica: una CSC que debe ser llevada al aula

Muchos de los problemas suscitados desde las cuestiones sociocientíficas tienen un claro componente ambiental (España y Prieto. 2010), vinculados no solo con la sociedad en su conjunto, sino que también ofrecen un contexto propicio para estimular el desarrollo del pensamiento científico en las personas. Un ejemplo destacado de esta intersección entre lo social y lo científico es el tema del recurso hídrico, pues el agua es un recurso fundamental para la vida y el desarrollo humano, pero su disponibilidad y calidad están amenazadas por una serie de factores como la contaminación, la sobreexplotación de acuíferos y los efectos del cambio climático que da lugar a un fenómeno conocido como el estrés hídrico. Es importante reconocer que este problema no solo requiere soluciones científicas y tecnológicas, sino también un enfoque interdisciplinario que tenga en cuenta aspectos sociales, económicos y éticos.

4.3.1 El agua: generalidades y propiedades

El agua cubre más del 70 % de la superficie del planeta tierra, abarcando océanos, lagos, ríos, e incluso está presente en el aire y el suelo. Es el elemento vital que sustenta la vida, regulando el clima global y dando forma a la tierra con su poderosa fuerza, además, sus propiedades únicas la convierten en un componente indispensable: actúa como solvente excepcional, facilita procesos metabólicos, posee una alta capacidad calorífica, se expande al congelarse y su movimiento moldea el paisaje y afecta el clima. A pesar de su abundancia, solo el 2,5 % del agua en la Tierra es dulce, y de esa cantidad, los glaciares, la nieve y el hielo polar representan casi el 80 %, por lo que, el agua superficial accesible rápidamente es escasa, encontrándose principalmente en lagos y humedales (Fernández, 2012).

El agua es el solvente universal, puesto que, la mayoría de las sustancias pueden disolverse en esta, excepto los hidrófobos, solubles en lípidos. Se trata de una molécula compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno enlazados covalentemente (H_2O), teniendo una carga eléctrica positiva en un lado y una carga negativa en el otro, posibilitando su atracción con otras moléculas. Posee propiedades únicas que la hacen esencial para la vida tal como se conoce, por ejemplo, teniendo en cuenta los límites de temperatura y presión, existe en las tres fases, sólida, líquida y gaseosa, también, puede absorber una cantidad de calor importante sin aumentar demasiado su temperatura, lo que se traduce en su gran capacidad calorífica (Fernández, 2012).

Las propiedades físicas del agua se atribuyen principalmente a su capacidad para formar puentes de hidrógeno e incluyen su alta polaridad, su alta tensión superficial, es decir la tendencia a unirse en gotas en lugar de separarse en una capa delgada para disolver sustancias y moverse a través de las raíces de las plantas y a través de los vasos sanguíneos del cuerpo humano, y su elevada capacidad calorífica. En la misma línea, se caracteriza por ser incolora dada su capacidad de absorber con mayor facilidad longitudes de onda corta y la manera en que refleja la luz; además, el agua es una sustancia que no posee por sí misma un sabor o un olor determinado, en casos donde si presente un sabor puede deberse a una alteración de cualquier forma o porque ha arrastrado partículas de elementos contaminantes, minerales, plásticos u otros (Engel et al., 2006).

El agua, además de sus propiedades físicas, también exhibe importantes propiedades químicas, entre las que destacan su capacidad para actuar como reactivo en numerosas reacciones químicas, su potencial para disociarse en iones hidrógeno (H^+) y iones hidroxilo (OH^-), y su participación en reacciones de neutralización. Su importancia desde el punto de vista químico reside en que gran parte de los procesos que ocurren en la naturaleza y en la industria, tienen lugar entre sustancias disueltas en agua, esto es disolución, por lo que normalmente se establece que el agua es el disolvente universal (Eustaquio, 2019)

Según Chang (2011), el agua exhibe una singularidad como solvente, manifestando una notable versatilidad al actuar tanto como ácido como base. En reacciones con ácidos como el HCl y el CH_3COOH , se comporta como una base, mientras que ante bases como el NH_3 , adopta el papel de ácido. A pesar de su capacidad para disociarse en iones, el agua es un electrólito débil, lo que la convierte en un conductor de la electricidad. La concentración del ion hidrógeno es crucial en el análisis de las reacciones ácido-base, ya que revela el carácter ácido o básico de una solución. Dado que solo una ínfima fracción de moléculas de agua experimenta ionización, la concentración de agua ($[H_2O]$) se mantiene prácticamente constante.

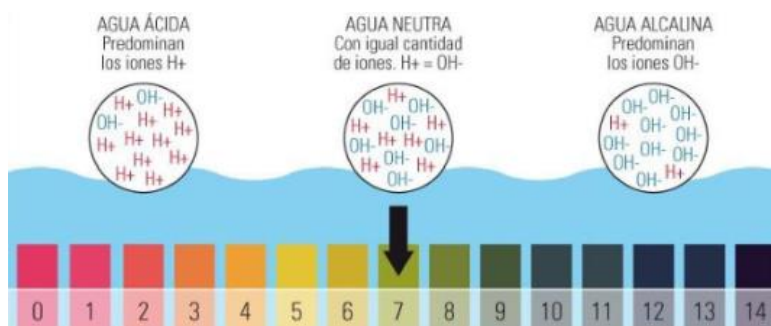
Las concentraciones de los iones H^+ y OH^- en soluciones acuosas suelen ser números muy pequeños, lo que dificulta su manejo. Por tal razón, se propuso una medida más práctica conocida como pH, definida como “el logaritmo negativo de la concentración del ion hidrógeno en mol/L): $pH = -\log [H_3O^+]$ o $pH = -\log [H^+]$ ” (Chang, 2011, p. 3659), donde el logaritmo negativo proporciona un número positivo para el pH, el cual de otra manera representaría un valor negativo debido al número tan pequeño de H^+ .

A continuación, se describen los valores del pH para las disoluciones ácidas y básicas a $25^\circ C$ según la concentración del ion hidrogeno en la **Figura 3**.

Figura 3.*Valores de pH para disoluciones*Disoluciones ácidas: $[H^+] > 1.0 \times 10^{-7} M$, pH < 7.00Disoluciones básicas: $[H^+] < 1.0 \times 10^{-7} M$, pH > 7.00Disoluciones neutras: $[H^+] = 1.0 \times 10^{-7} M$, pH = 7.00

*Tomado de <https://sacaba.gob.bo/images/wsacaba/pdf/libros/quimica/Chang-QuimicaGeneral7thedicion.pdf>
El pH aumenta a medida que $[H^+]$ disminuye.

El pH es una de las pruebas más comunes para conocer parte de la calidad del agua, La escala para medirlo es logarítmica, por lo que cada cambio, representa un cambio de 10 veces en la acidez, considerando los valores por debajo de 7.0 como ácidos, las soluciones con un pH de exactamente 7.0 neutras, y las soluciones con valores superiores de 7.0 hasta 14.0 se consideran básicas o alcalinos.

Figura 4.*Valores de pH para disoluciones*

*Tomado de: <https://zamsuambiental.com/importancia-de-la-medicion-de-la-calidad-del-agua/>. Se presenta la escala del pH para indicar la propiedad química ácida, neutra o básica en disoluciones.

El pH sirve como indicador de la calidad del agua para el sustento de la vida vegetal y animal. Cuando el agua presenta una acidez o alcalinidad excesiva, ya sea por causas naturales o contaminación antropogénica, puede generar efectos adversos significativos en la vida acuática; así, un rango de pH normal en cuerpos de agua varía entre 5.0 y 9.0, aunque se considera ideal que oscile entre 6.0 y 8.0 para asegurar un entorno saludable y equilibrado (Zamsu, 2022).

Finalmente, otras propiedades químicas importantes en el análisis de la calidad del agua tienen que ver la medición de la temperatura, la conductividad, el oxígeno disuelto y la

turbidez. La temperatura proporciona información sobre las condiciones ambientales para la vida acuática, siendo temperaturas templadas generalmente favorables. La conductividad indica la presencia total de sólidos disueltos, con altas concentraciones afectando negativamente el equilibrio acuático, los niveles de oxígeno disuelto reflejan la salud del cuerpo de agua, siendo valores óptimos beneficiosos para la diversidad biológica y, por último, la turbidez puede indicar problemas potenciales, ya que, afecta la disponibilidad de luz y, por ende, la fotosíntesis y el suministro de oxígeno en el agua (Chang, 2011).

4.3.2 Recursos hídricos en Colombia

Colombia es uno de los países con mayor riqueza hídrica en el mundo, gracias a su geografía montañosa, diversidad de pisos térmicos, abundantes precipitaciones y presencia de glaciares y nieves perpetuas. El país cuenta con una amplia red de ríos, lagos, lagunas, y humedales que conforman una parte importante de su ecosistema. Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) de Colombia, el país posee alrededor del 52% de los recursos hídricos superficiales de Suramérica y aproximadamente el 8% del total mundial. Esta vasta red hídrica abarca más de 3,200 ríos y arroyos, y cubre cerca del 48% del territorio nacional, contribuyendo significativamente a la biodiversidad y al ecosistema del país (IDEAM, s.f.).

De hecho, el país cuenta con grandes reservas de agua subterránea, lo que contribuye aún más a su riqueza hídrica. Sin embargo, esta riqueza tiene otro significado para los mercaderes de la vida (Acosta, 2014), los extractivistas y empresarios de la construcción y la energía eléctrica que ponen en riesgo la administración adecuada del recurso acuífero disponible en el territorio y su distribución equitativa y de calidad internacional (Development Research Centre, 2001) e incluso, la toma de decisiones sobre las causas que podrían estar transitando hacia el estrés hídrico del territorio.

El acceso al agua potable sigue siendo un desafío en algunas zonas del país, especialmente en áreas rurales y comunidades marginadas, la ministra de Vivienda, Ciudad y Territorio, Catalina Velasco, participó en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua en 2023 y afirmó que 12 millones de personas tienen acceso inadecuado al servicio de agua potable, que representa 25 % de la población del país; así mismo, 3,2 millones de

personas no tienen acceso a agua potable, problemática que se incrementa en el sector rural, donde la construcción de sistemas de acueducto y alcantarillado se enfrenta a desafíos logísticos y financieros debido a la difícil topografía y la dispersión de la población.

Como resultado, muchas comunidades dependen de fuentes de agua no tratada o poco seguras, lo que aumenta el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua. Por ende, la gestión sostenible de este recurso es crucial para garantizar su disponibilidad para las generaciones futuras, evitar fenómenos como el estrés hídrico y para proteger los ecosistemas acuáticos únicos de Colombia.

4.3.3 El estrés hídrico

El término *estrés hídrico* se emplea para describir la situación en la que la demanda de agua supera la cantidad disponible en un periodo de tiempo específico, o cuando su uso se ve limitado por problemas de calidad. Este fenómeno conlleva al deterioro de los recursos de agua dulce en términos de cantidad, lo que se refleja en la sobreexplotación de acuíferos y la reducción de caudales en ríos. Además, se generan problemas de calidad, como la eutrofización y la contaminación por materia orgánica e intrusión salina (Zarza & Novo, 2023). A pesar de que esta definición engloba el estrés hídrico en términos de oferta y demanda, también esta referida a la escasez física del agua.

El International Water Management Institute (IWMI) ha planteado una distinción entre dos formas de escasez: la física y la económica, lo cual reconoce que la disponibilidad del recurso está intrínsecamente ligada al acceso y a una gestión inadecuada del mismo (CAF, 2015). La escasez física de agua ocurre cuando la cantidad disponible no es suficiente para satisfacer la demanda, lo que incluye los requerimientos ambientales mínimos. Los indicadores de esta escasez incluyen la degradación ambiental severa, la disminución del nivel de las aguas subterráneas y la distribución desigual del agua que beneficia a ciertos grupos sobre otros (FAO, 2013).

La escasez económica de agua se manifiesta cuando hay una ausencia de inversión en infraestructuras hídricas o una capacidad humana insuficiente para satisfacer la demanda del recurso. Los indicadores de esta escasez incluyen el subdesarrollo de infraestructuras, tanto

a pequeña como a gran escala, y la distribución desigual del agua (FAO, 2013). Estas señales reflejan una debilidad institucional y sistemas de gobernanza ineficientes en la gestión de los recursos naturales, particularmente en el caso del agua (CAF, 2015).

Según la UNEP (2013), el estrés hídrico puede deberse a diversas causas, destacando entre ellas el cambio climático, pues conlleva a sequías más frecuentes y severas debido al aumento de la temperatura global y los cambios en los patrones de precipitación. Además, la sobreexplotación de los recursos hídricos, como los acuíferos para fines agrícolas, industriales y domésticos contribuyen al agotamiento de los suministros subterráneos de agua, exacerbando el problema. A su vez, la contaminación del agua también desempeña un papel crucial, dado que la presencia de químicos, desechos industriales y aguas residuales disminuye la disponibilidad de agua utilizable, incrementando la presión sobre los recursos hídricos.

Otro factor importante es la deforestación y la degradación del suelo que reducen la pérdida de cobertura forestal importante para retener agua y aumentan la escorrentía, lo que contribuye aún más al estrés hídrico. Finalmente, el crecimiento poblacional y la urbanización también ejercen una demanda creciente sobre los recursos hídricos, especialmente para usos domésticos, industriales y municipales, lo que agrava la situación al presionar aún más los suministros disponibles de agua.

Este fenómeno surge debido a una gestión ineficiente de los recursos y una limitada soberanía sobre las fuentes hídricas, lo que conduce al deterioro o pérdida del recurso de manera gradual y afectando tanto a las poblaciones cercanas como a las distantes de las fuentes de agua. Según un informe de la ONU-HABITAT del año 2011, se estima que el estrés hídrico podría impactar a 18 millones de personas para el año 2020 y a 79 millones para el 2050, afectando a comunidades de países andinos.

4.3.4 Soberanía hídrica

La soberanía hídrica deriva de la soberanía estatal que significa un principio fundamental en el derecho internacional, referido al poder exclusivo y supremo que un estado tiene sobre su territorio, su gobierno y sus asuntos internos (Beltrán et al., 2014). En el

contexto de los recursos hídricos, esto implica que cada estado tiene la responsabilidad de regular y gestionar sus aguas para el bienestar de su población y su desarrollo económico, centrándose específicamente en el control y la gestión de sus recursos dentro de las fronteras de un estado.

La soberanía hídrica en términos generales abarca no solo la autoridad legal, sino también la capacidad de tomar decisiones políticas y técnicas relacionadas con el agua, lo cual implica la independencia para tomar decisiones relacionadas con el agua sin interferencia externa, incluyendo la regulación de ríos, lagos, acuíferos y otros cuerpos de agua. La soberanía hídrica es esencial para garantizar el acceso al agua potable, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental. Además, se reconoce que el agua es un recurso compartido y que los estados deben cooperar en la gestión transfronteriza de cuencas fluviales (Beltrán et al., 2014).

Desde la perspectiva crítica de Murillo (2015) la soberanía hídrica implica un análisis profundo de dos conceptos fundamentales: la gobernanza del agua y la seguridad hídrica. La gobernanza del agua se refiere a la gestión y administración del recurso hídrico en distintos niveles, desde lo local hasta lo internacional. En el contexto neoliberal, este enfoque se ha promovido como una solución universal para los desafíos del agua, basándose en principios como la eficiencia, efectividad, confianza y participación. Sin embargo, Murillo cuestiona esta visión al señalar que, en muchas ocasiones, la gobernanza del agua prioriza intereses económicos y políticos sobre las necesidades de las comunidades locales y el medio ambiente.

La seguridad hídrica, por otro lado, se relaciona con la capacidad de una nación o estado para asegurar el acceso al agua de manera sostenible y equitativa, sin interferencias externas e implicando la independencia para legislar y controlar los recursos hídricos. Desde una perspectiva crítica, Murillo argumenta que la seguridad hídrica no debe limitarse únicamente a la disponibilidad física del agua, sino que también debe considerar aspectos sociales, culturales y ambientales que permitan cuestionar y reflexionar sobre las desigualdades en el acceso al agua y la vulnerabilidad de ciertas poblaciones frente a la privatización y mercantilización del recurso (Murillo, 2015). En resumen, implica ir más allá de la mera gestión técnica del agua y se trata de empoderar a las comunidades para que

participen activamente en la toma de decisiones sobre sus recursos hídricos, considerando su bienestar y el de la naturaleza en un contexto crítico y reflexivo.

A causa del fenómeno de estrés hídrico caracterizado por la escasez de agua y la sobreexplotación de los recursos hídricos, Colombia se encuentra transitando sobre algunas repercusiones sociales significativas derivadas de la falta de acceso al agua que afecta la salud, la agricultura, la industria y la calidad de vida de las comunidades locales. El *Movimiento Colombiano Ríos Vivos* se erige como una voz crítica frente a los conceptos de gobernanza del agua y seguridad hídrica, donde su lucha por la soberanía hídrica y energética se manifiesta en la defensa de los territorios y las comunidades afectadas por megaproyectos hidroeléctricos, como el polémico Hidroituango (Composto y Trujillo, 2017).

Desde una perspectiva crítica, este movimiento busca empoderar a las comunidades para que participen activamente en la toma de decisiones sobre sus recursos hídricos, considerando su bienestar y el de la naturaleza. De esta manera, la reflexión aportada de Murillo (2015) sobre la gestión del agua y la independencia en su control se entrelaza con la lucha del *Movimiento Ríos Vivos* (Composto y Trujillo, 2017), cuestionando las desigualdades y promoviendo una visión más justa y sostenible en el manejo de este vital recurso.

4.3.5 Descripción de la CSC

Según las características aportadas por Ratcliffe y Grace (2003), una CSC aborda las dimensiones locales, nacionales y globales con sus marcos sociales y son frecuentemente reportados en los medios de comunicación, por tal razón, se presentan una serie de noticias que justifican el uso de una CSC en la enseñanza de las ciencias, al poner de manifiesto las discusiones sobre el fenómeno del estrés hídrico que surge debido a una gestión ineficiente de los recursos y una limitada soberanía sobre las fuentes hídricas, posibilitando la reflexión sobre el agua como una mercancía o como un bien de todos los seres vivos del planeta.

En el contexto global, la BBC NEWS (2023) describe que los aviones de la Fuerza Aérea Mexicana realizan vuelos para estimular las lluvias en diversas regiones de México donde las lluvias ya no llegan en la misma cantidad que antes porque se presentan de manera

tardía en la temporada agrícola o en grandes ciudades con problemas de agua como Monterrey. Funciona bajo los trayectos de nubosidad que se presentan en condiciones meteorológicas normales, transportando a bordo unos contenedores con una válvula que debe ser abierta en el lugar y momento indicado para dar en el blanco, esparciendo una solución de yoduro de plata en acetona que estimula la formación de núcleos de condensación, con el fin de hacer que llueva en regiones que sufren de un creciente estrés hídrico. A la estrategia se le ha llamado coloquialmente siembra de nubes, pero técnicamente se trata de una estimulación de lluvias.

Por lo general, se seleccionan zonas de alto estrés hídrico, zonas de siembra de granos básicos, praderas para las metas de soberanía alimentaria y cañas o cuencas que tienen escurrimiento hacia presas que administran agua para consumo humano o riego agrícola. Asimismo, Fischer (2021) informó a partir de National Geographic que, a partir de la siembra de nubes artificiales, los Emiratos Árabes piensan combatir las sequías cada vez más duras que azotan al Medio Oriente, como consecuencia de la crisis climática global; esto, disparando partículas cristalinas similares al hielo directamente a las nubes, lo que genera gotas pequeñas de agua, que crecen y se fusionan entre sí, para finalmente caer como precipitación.

Se trata de un tema altamente controversial a nivel global y, como todo sistema de solución climática basada en el optimismo ante la tecnología, tiene sus desventajas. En particular, la siembra de nubes puede perturbar el equilibrio ecológico y la calidad del aire, además de desencadenar una serie de efectos adversos relacionados con la precipitación, como inundaciones, tormentas o nevadas excesivas e impactos negativos en la calidad del aire y en la salud respiratoria de las personas por la dispersión de productos químicos. Por ejemplo, investigaciones realizadas en la ciudad de Sharjah, Emiratos Árabes Unidos, revelaron un aumento significativo en la intensidad de las lluvias en áreas sometidas a operaciones de siembra de nubes, lo que conllevó a inundaciones urbanas. Del mismo modo, se ha documentado que una tormenta de nieve en China estuvo vinculada a actividades de siembra de nubes (Lucatello, 2023). En resumen, la siembra de nubes con aviones es una práctica controvertida utilizada en situaciones de estrés hídrico, que plantea una serie de

desafíos ambientales, éticos y de seguridad que requieren una cuidadosa consideración y regulación.

En el contexto nacional, la WWF (2024) expone que Colombia atraviesa un momento en el que varios de sus embalses se encuentran en un bajo nivel de capacidad, poniendo en riesgo no solo el suministro de agua potable, sino el de energía, debido a la importante función de las hidroeléctricas en el país. El fenómeno del niño ha generado sequías intensas que impactan la capacidad de almacenamiento de agua de los embalses, de hecho, recientemente, Carlos Fernando Galán, alcalde mayor de Bogotá, anunció que la capital del país enfrentaría un proceso de racionamiento de agua debido al bajo nivel de sus embalses en Chingaza

Otros medios nacionales como EL PAÍS y EL ESPECATADOR (2024), exponen que el fenómeno del niño también tiene en alerta a 190 municipios de los departamentos de Antioquia, Atlántico, Bolívar, Boyacá, Casanare, César, Córdoba, Huila, La Guajira, Risaralda, Santander y Sucre, por el riesgo de desabastecimiento de agua debido a la temporada seca y la reducción de las lluvias en Colombia. (Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres SNGRD,2024).

En un esfuerzo por abordar el déficit de precipitaciones y fomentar un uso más racional del agua, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) en Colombia ha promulgado la resolución 39 de 2024 que tiene como objetivo desalentar el consumo excesivo de agua potable en el país. La resolución otorga a la CRA la autoridad para determinar los niveles de consumo considerados como excesivos en diferentes zonas climáticas. Asimismo, se insta a las empresas prestadoras del servicio de acueducto a implementar todas las medidas necesarias para asegurar el acceso equitativo al agua.

Además, según Censat (2006), hablar de la situación actual del patrimonio hídrico en Colombia implica un análisis en diferentes dimensiones entre las que se encuentran, entre otras, las implicaciones de incluir el agua en el Tratado de Libre Comercio –TLC– con Estados Unidos. Este acuerdo trasciende su mera naturaleza comercial, al establecer una legislación supranacional que rige toda actividad económica, superando incluso las

normativas de la Organización Mundial del Comercio (OMC), asemejándose a una suerte de Constitución Internacional, de obligatorio cumplimiento y bajo la supervisión de comités internacionales privados. La inclusión del agua en este marco sitúa este recurso fuera del ámbito de la "soberanía permanente sobre los recursos naturales", en consecuencia, estos tratados imponen a Colombia y a todas las naciones americanas la continuación de prácticas insostenibles en el manejo del agua, así como la aceptación de su distribución basada en su valor comercial, al igual que ocurre con el petróleo, determinado por la ley de oferta y demanda.

El modelo del libre comercio, la Organización Mundial del Comercio (OMC) y los Tratados de Libre Comercio (TLC) dividen al agua en tres categorías: Como un recurso susceptible de comercio y venta; como un servicio integrado en los acuerdos comerciales; y como un área de inversión para el sector privado. Esta situación abre el camino para la comercialización, exportación y posible privatización del agua, por lo que los gobiernos, bajo los TLC, se ven obligados a justificar por qué no optan por la privatización del recurso, ya que, de lo contrario podrían enfrentar sanciones por parte de la OMC, es decir que, si Colombia optara por restringir extracciones masivas de agua, la exportación o la gestión de servicios de distribución a empresas nacionales, podría enfrentar demandas legales por parte de compañías de otros países miembros del TLC, como Estados Unidos, las cuales podrían exigir indemnizaciones.

Por último, el contexto local de los participantes se caracteriza por su creciente expansión urbanística dadas las condiciones de desplazamiento intraurbano, lo cual ha llevado a la construcción de numerosas unidades residenciales en la zona y la población de la montaña, lo que conlleva a la tala de bosque de manera indiscriminada, la alteración en el curso de las quebradas como es el caso de la canalización en la quebrada San Pedro que antes servía de fuente acuífera a las fincas de la vereda, la contaminación de sus aguas y, por tanto, una mayor densidad demográfica que representa una alteración en el medio y en las prácticas comunitarias e institucionales.

Una mayor densidad demográfica en la Vereda Pajarito deviene de una creciente -y reciente- expansión urbanística en la zona, caracterizada por la construcción de propiedad horizontal y, en consecuencia, se evidencia una alteración en el curso de fuentes hídricas

presentes en la zona, la contaminación de quebradas y charcos, así como una mayor demanda de agua en relación con la expansión demográfica existente, lo cual se refleja a nivel institucional con la disponibilidad del recurso hídrico y a nivel local porque es necesario racionar y atender a cambios estructurales en los medios de obtención y gestión del agua.

Esta situación, preocupa a la comunidad educativa por ser un tema de interés público, donde—entre otras características— hay discrepancias entre los sectores implicados, valores y razonamientos éticos, están vinculados competencias y conocimientos científicos de los estudiantes y se pueden abordar las dimensiones globales, nacionales y locales articulado al fenómeno del estrés hídrico y la soberanía hídrica donde se puede presentar la misma dicotomía entre el uso del agua como una mercancía o un bien al servicio de los seres vivos del planeta.

4.4 Desarrollo de la responsabilidad personal y social

La fundación Omar Dengo (2014) aborda en su obra *Competencias del siglo XXI: Guía práctica para promover su aprendizaje y evaluación* una serie de habilidades y competencias esenciales para el aprendizaje en el siglo XXI y lo definen de la siguiente forma:

Llamamos competencias del siglo XXI a las destrezas, conocimientos y actitudes necesarios para enfrentar exitosamente los retos de esta época, y que nos invitan a reformular nuestras principales aspiraciones en materia de aprendizaje y a hacerlas más relevantes para esta nueva era. (Fundación Omar Dengo, 2014, p. 11)

Las habilidades fundamentales para el desarrollo integral en el siglo XXI abarcan diversas áreas. En primer lugar, el pensamiento crítico e innovación, que engloba la creatividad, el emprendimiento, la resolución de problemas, el pensamiento reflexivo y la toma de decisiones razonadas. En segundo lugar, las competencias interpersonales, que incluyen la comunicación efectiva, la colaboración, la sociabilidad, la empatía y la compasión, esenciales para las relaciones humanas y el trabajo en equipo; y, en tercer lugar, las competencias intrapersonales, como la autodisciplina, el aprendizaje autónomo, la

flexibilidad, la adaptabilidad, la automotivación, la integridad y el autorrespeto, fundamentales para el crecimiento personal.

En cuanto a las competencias de ciudadanía global, se destacan la tolerancia, la responsabilidad, el respeto por la diversidad, la participación democrática, la resolución de conflictos y el respeto por el medio ambiente, elementos determinantes en la construcción de una sociedad justa y sostenible. Finalmente, la alfabetización digital, que implica la capacidad para obtener, procesar y evaluar información de manera crítica, se vuelve cada vez más importante en un mundo digitalmente conectado, razón por la cual, se destaca la importancia de la evaluación del estudiante y el aprendizaje activo, sugiriendo que los educadores deben adoptar roles más orientadores que instructivos para fomentar estas competencias.

Ahora bien, el desarrollo de la responsabilidad personal y social es una competencia fundamental en la educación del siglo XXI, pues se enfoca en la capacidad de los individuos para manejar sus propias emociones, pensamientos y comportamientos de manera efectiva, así como su interacción con la sociedad y el entorno. Según Dengo (2014), el desarrollo de esta competencia “Es la inversión personal en el bien común, que nace de comprender la conexión entre el bienestar propio y el de otros. Involucra la búsqueda de un mundo justo, pacífico y ecológico” (p.60)

La responsabilidad personal abarca una serie de aspectos clave, que van desde el autoconocimiento hasta la motivación intrínseca, incluyendo también la autogestión y la toma de decisiones éticas, pues se trata de comprometerse con un crecimiento continuo y la mejora constante de habilidades y comportamientos para lograr un bienestar integral. Por otro lado, la responsabilidad social implica una participación en la comunidad, comprendiendo y abordando tanto los desafíos sociales como ambientales, lo que se traduce en involucrarse en actividades comunitarias, estar consciente de los problemas que afectan los diferentes contextos, y actuar de manera que se promueva un impacto positivo en el mundo que nos rodea.

Se sugiere que la educación debe fortalecer estas competencias a través de procesos de aprendizaje que incluyan la reflexión crítica, el aprendizaje basado en proyectos y la

participación en la comunidad. Estas habilidades permiten a los estudiantes prepararse para los desafíos del futuro y contribuir de forma activa en la sociedad.

5 Metodología

En este capítulo, se aborda la metodología utilizada en la investigación, con el propósito de proporcionar al lector una comprensión clara de cómo se llevó a cabo el estudio y qué aspectos se consideraron en su diseño y ejecución. En primer lugar, se describirá el paradigma investigativo y el método utilizado, luego, se detallará el contexto en el que se desarrolló el estudio, así como la descripción de los participantes involucrados en el mismo. Posteriormente, se expondrán las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos, seguido de los criterios establecidos para el análisis de la información recopilada. Se presentará también la red de categorías utilizada para organizar y clasificar los datos y se discutirán los criterios de credibilidad adoptados para garantizar la validez y fiabilidad de los hallazgos. Finalmente, se describirá la propuesta pedagógica, incluyendo las secuencias didácticas diseñadas como parte del estudio, y las consideraciones éticas consideradas durante la investigación.

5.1 Paradigma investigativo y método

El proyecto se orientó bajo un paradigma cualitativo que busca describir, comprender e interpretar los fenómenos según las percepciones y significados producidos por las experiencias de los participantes (Hernández et al., 2006), parte de la experiencia para contextualizarlo mediante la riqueza interpretativa y reflexiva del investigador. De acuerdo con Mertens (2005) citado por Hernández et al., (2006), “la reflexión es el puente que vincula al investigador y a los participantes” (p.18) y esta relación implica la observación del contexto sociocultural por parte del investigador quien, a su vez, reconoce sus propios valores mediante un proceso inductivo, dinámico, abierto y flexible, construido a lo largo de la investigación.

El método de investigación utilizado es el estudio de caso, centrando la atención en una cuestión que en particular puede aprenderse de un caso único (Stake, 2013), donde se indagan las singularidades como las complejidades de un caso en particular, teniendo en cuenta la triangulación de fuentes de datos y herramientas cualitativas. A su vez, Stake (2013) menciona que un estudio puede ser de interés intrínseco e instrumental, dependiendo de sus

finalidades según las especificidades propias del caso de interés o del conjunto de situaciones específicas sensibles de generalizaciones respectivamente.

En esta investigación, se establece el estudio de caso instrumental que “examina un caso en particular principalmente para brindar una comprensión de una cuestión o para volver a trazar una generalización” (Stake, 2013, p.159), profundizando en un tema de interés, de tal manera que sirve de apoyo para establecer comprensiones sobre el objeto de estudio (Chaves, 2016). En este sentido, tiene una función de respaldo asumiendo un papel secundario y facilita nuestra comprensión de algo más, un interés extrínseco, articulado a un análisis profundo del caso, en contextos escrutados y actividades detalladas.

5.2 El caso y su contexto

La metodología propuesta se implementó en la Institución Educativa Alfonso Upegui Orozco, una institución de carácter oficial, ubicada en la comuna 60 del municipio de Medellín, correspondiente a la zona Occidental en San Cristóbal, vereda Pajarito. El establecimiento cuenta con aproximadamente 1200 estudiantes con edades comprendidas entre los 5 y 17 años, en su mayoría de estratos 1, 2, y 3; es una población semirural, que llega de procesos de reubicación en la ciudad. La institución ofrece educación en niveles preescolar, básica y media académica y técnica, promoviendo el pensamiento analítico y crítico a través de estrategias pedagógicas centradas en proyectos e investigación escolar.

Según el proyecto educativo institucional (PEI), la propuesta pedagógica de la Institución adopta un enfoque crítico-social-cognitivo, basado en el constructivismo, con un currículo integrado y una metodología centrada en proyectos. Este enfoque busca el desarrollo integral e interdisciplinario del individuo, alineado con las demandas de la sociedad, el trabajo, la comunidad y el conocimiento práctico. Se fundamenta en teorías cognitivas para comprender la naturaleza del aprendizaje, sus características y variables, así como en las bases neurológicas de los procesos de aprendizaje.

Para la comprensión del caso se seleccionaron 8 participantes de un total de 35 estudiantes del grado 8. La intervención tuvo lugar durante el tercer periodo académico del año escolar, con tiempos aproximados de un bloque (2 horas). Los criterios para su selección fueron:

- Demuestran interés por la temática abordada.
- Proponen soluciones desde el activismo sociopolítico frente al tema de discusión.
- Iniciativa en participar de la divulgación científica escolar de resultados.

Los participantes seleccionados aparecen en la investigación con diferentes seudónimos de acuerdo con el consentimiento informado y a cada uno se le asigna un código interno para el posterior análisis tal y como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3.

Codificación de los participantes

Participante	Seudónimo
1	Liz
2	Santiago
3	John
4	Jesús
5	Rueda
6	Miguel Ángel
7	Juan José
8	Thommas

**La codificación de los participantes responde a su propia elección manifestada en el consentimiento informado.*

5.3 Técnicas e instrumentos

Para registrar la información se emplearon técnicas e instrumentos que, al tratarse de seres humanos, permitieron registrar información para comprender el caso. A través de los diversos instrumentos se registró percepciones, conceptos, interacciones, emociones y experiencias en el lenguaje de los participantes desde su individualidad o colectivamente. Lo anterior, tal como menciona Hernández et al., (2006) “con la finalidad de analizarlos y comprenderlos, y así responder a las preguntas de investigación y generar conocimiento” (p.583). A su vez, el registro se llevó a cabo en ambientes naturales para el estudiante, propios de su contexto sociocultural y de su cotidianidad. A continuación, se describen las técnicas e instrumentos utilizados para el registro de información en esta investigación.

5.3.1 Observación

La observación trasciende la simple acción de mirar; implica una contemplación activa, una exploración detallada y una comparación reflexiva, utilizando todos los sentidos de manera holística. Esta técnica de investigación permite captar información sobre un fenómeno como se presenta, lo que constituye un paso fundamental en las investigaciones cualitativas y da una base sólida para profundizar mediante otras técnicas (Bejarano, 2016).

Por medio de esta técnica se observó detenidamente al grupo de estudiantes en la elaboración de cartografías sobre su territorio, la construcción de preguntas para sus compañeros, la participación en torno a la pregunta ¿A quién le pertenece el agua? y la actividad experimental sobre las propiedades fisicoquímicas del agua. Esta técnica se enlazó con otras técnicas como el grupo focal y de discusión que hicieron parte del resto de actividades propuestas en la secuencia didáctica con la intención de comprender con mayor detalle el caso. Además de realizar un ejercicio de triangulación por técnicas.

La bitácora o diario de campo es un instrumento de registro de información para técnicas de investigación cualitativa como la observación. Sirve para realizar descripciones iniciales o posteriores del ambiente o contexto, donde se detallan lugares, participantes, relaciones, eventos y todo lo que se considere importante en el registro de información para su posterior análisis. También tiene en cuenta el uso de mapas del contexto en general y de lugares específicos, diagramas, cuadros y esquemas con secuencias de hechos o cronología de sucesos, vinculados a los conceptos del planteamiento, redes de personas, organigramas, entre otros (Sampieri et al., 2006)

El diario de campo se utilizó en esta técnica para las primeras cuatro actividades, registrando los mapas del contexto general a través de cartografías del territorio y la síntesis de la práctica experimental sobre las propiedades del agua que dio lugar a la participación de los estudiantes en la feria de la ciencia con un proyecto sobre el análisis de la calidad del agua en varias partes de su vereda.

Además, en esta técnica se utilizaron preguntas abiertas como otro instrumento para registrar la información. Estas preguntas permitieron que los estudiantes participaran libremente en un conversatorio durante la actividad 3 sobre "¿A quién le pertenece el agua?", donde expresaron sus opiniones, experiencias y percepciones sin estar limitados por opciones predefinidas. Las preguntas abiertas son particularmente útiles para explorar temas

complejos y poco conocidos, ya que, fomentan respuestas extensas y reflexivas que pueden ayudar a profundizar en el análisis y comprensión de los datos cualitativos.

5.3.2 Grupo focal

Los grupos focales constituyen una técnica para registrar datos mediante una entrevista grupal semiestructurada que se enfoca en una temática determinada por el investigador. Aunque han surgido varias definiciones de grupos focales, muchos expertos coinciden en que se trata de un tipo de discusión grupal dirigida por un conjunto de preguntas meticulosamente diseñadas para alcanzar un objetivo específico. El propósito principal del grupo focal es hacer que surjan sentimientos, experiencias y reacciones en los participantes alrededor de un tema propuesto por el investigador, resaltando la interacción y dinámica que se genera dentro del mismo grupo (Bonilla y Escobar, 2017)

Para efectos de la presente investigación se realizó un grupo focal con los participantes, donde se empleó una guía de preguntas para dirigir la conversación, aunque sin restringirla. Se inició el grupo con una breve exposición sobre el propósito del encuentro para asegurar que los participantes comprendieran la relevancia de su contribución. Se respetaron los términos del consentimiento informado, asegurando la confidencialidad de los participantes mediante el uso de seudónimos. Se hizo hincapié en la importancia de expresar opiniones libremente, sin evaluar si estaban correctas o incorrectas. La conversación fue grabada y luego transcrita, siguiendo la codificación establecida en la Tabla 4 para el análisis de la información obtenida.

Esta técnica formó parte de una actividad relacionada con la potabilización del agua, la cual se originó a partir de un proceso que incluyó la recontextualización, la práctica en el laboratorio y reflexiones previas. Todo ello condujo a la simulación de un caso de estrés hídrico y, finalmente, al desarrollo del grupo de discusión.

5.3.3 Grupo de discusión

El grupo de discusión es una técnica que facilita la exploración y el análisis en un entorno propicio de intercambio entre pares. Esta técnica permite desentrañar los discursos complejos y las relaciones intrincadas que los individuos mantienen con el tema en estudio,

y que podrían escapar a las preguntas directas. Además, brinda la oportunidad de indagar en discursos ideológicos, preocupaciones latentes y creencias subyacentes que no se manifiestan de manera explícita. Se enfoca en el estudio del grupo en su conjunto, en lugar de tratar al individuo como la única fuente de producción de discursos ideológicos (Manrique y Pineda, 2009).

Una de las finalidades del grupo de discusión es reintegrar al individuo como agente activo en la investigación de la realidad social, permitiéndole la libertad de expresar sus perspectivas sobre el significado de sus acciones en su vida diaria (Chávez, 2001), en este sentido, se configuró en la técnica abordada en la última actividad sobre el debate: ¿Hay soberanía hídrica en Colombia?, ya que, permitió la discusión destinada a valorar los argumentos expuestos, con la meta de alcanzar conclusiones bien fundamentadas que puedan influir en la toma de decisiones.

Para considerar esta técnica metodológica se tomaron en cuenta varios aspectos importantes. Primero, se definió la cuestión sociocientífica, abordando la soberanía hídrica en Colombia en relación con el TLC, y en la vereda Pajarito en relación con la densidad demográfica. Luego, durante el grupo de discusión, se destacaron los argumentos presentados por 8 participantes. Se estableció una dirección general derivada del objeto de estudio, y a partir de ahí se exploraron subtemas sensibles para fomentar la discusión y la expresión de ideas, sentimientos y acciones. Además, se designó a un moderador para guiar el ejercicio. El espacio idóneo elegido para el intercambio de argumentos fue el salón de clases. Por último, se estableció un tiempo límite de una hora con 45 minutos para la discusión.

En el grupo focal y grupo de discusión, el investigador debe estar atento a las preguntas previstas en la guía, pero sin descuidar la charla. Las preguntas siguen un esquema que va desde las preguntas más abiertas y generales, a la búsqueda de datos más específicos. Lo que se debe buscar en primer término son las respuestas espontáneas de los participantes y luego, la profundización de la información, las preguntas utilizadas para cada técnica se exponen en los anexos.

Tabla 4.
Codificación de las técnicas e instrumentos

Técnica	Instrumento	Código asignado
Observación	Diario de campo	T1DC

	Preguntas abiertas	T1PA
Grupo focal	Guía de preguntas	T2GF
Grupo de discusión	Guía de preguntas	T3GD

**Se describen los códigos asignados para las tres técnicas de investigación y su instrumento de recolección asociado.*

Por último, se hizo uso de la grabación de audio y la transcripción como instrumentos de registro de información fundamentales en la investigación cualitativa. Se destaca que la grabación de grupos focales, grupos de discusión u otras interacciones verbales permite capturar de manera fiel la información y facilita su análisis posterior. Respecto a la transcripción, es importante realizarla de manera precisa y detallada, ya que, constituye un paso fundamental en la organización, codificación y análisis de la información, además, se incluye el contenido verbal como los aspectos paralingüísticos o no verbales que puedan ser relevantes para la comprensión del contexto y las emociones de los participantes, haciendo uso de anotaciones en la bitácora o diario de campo (Sampieri et al., 2006).

5.4 Criterios de análisis de la información

El término *análisis* en su raíz etimológica, implica desglosar o dividir las partes de un todo para comprender los principios y elementos que lo componen. Es muy común analizar todo con el objetivo de comprenderlo mejor, pero, al tratar con entidades que son sistemas o estructuras, la división puede llevar a la pérdida de su esencia y dificultar la comprensión de la nueva realidad que emerge como resultado. Por ejemplo, no se podría comprender las propiedades del agua descomponiendo sus moléculas en átomos de hidrógeno y oxígeno, ya que, las propiedades emergen cuando estos átomos se unen; lo mismo ocurre con otros sistemas o estructuras, tanto en el ámbito natural como en el social, por lo que, al analizar un párrafo escrito o cualquier actividad humana, es crucial considerar diversos contextos y estar dispuestos a cambiar de enfoque al examinar toda la información disponible (Martínez, 2016).

Para el objetivo que convoca esta investigación, se destaca el análisis de contenido propuesto por Sampieri et al., (2006) como un método de investigación importante en la

construcción de inferencias válidas y confiables de datos con respecto a su contexto, útil para analizar procesos comunicativos en diferentes formatos, entre ellos los que resultan particularmente significativos, las conversaciones, discursos, cartas y otras expresiones verbales o escritas. En el análisis de contenido se describen tendencias, diferencias, construcciones, aplicaciones, estilos, intenciones, apelaciones, características y centros de interés en el contenido de comunicación y de sus comunicadores, lo cual refleja actitudes, valores y creencias de personas, grupos o comunidades.

Para realizar un análisis de contenido se efectúa la codificación, es decir el proceso mediante el cual se transforma el contenido de un mensaje, en unidades que permitan su descripción y análisis. La codificación de los participantes y las técnicas e instrumentos de investigación se desarrolló teniendo en cuenta el caso y su contexto, las unidades de análisis y las categorías (Tabla 6), iniciando por la numeración de la unidad de análisis, seguido de la letra T para distinguir las técnicas 1,2 y 3, y finalmente, dos letras que dan cuenta del instrumento utilizado, PA para preguntas abiertas, DC para diario de campo y GF, GD para las guías de preguntas del grupo focal y grupo de discusión respectivamente.

Además, esta información se organizó en una matriz de red de categorías y análisis, es decir que el análisis del contenido depende de las categorías, subcategorías e indicios apriorísticos, de manera que las unidades de análisis y los instrumentos de registro pueden pertenecer a más de una categoría, triangulando el proceso de interpretación. A continuación, se presenta la Tabla 5 donde se ejemplifica la matriz descrita, con el ejercicio interpretativo para una unidad de análisis (1T1DC) de la primera categoría.

Tabla 5.
Ejemplo de matriz de red de categorías y análisis

Categoría	Subcategoría	Indicios	Unidad De Análisis	Instrumento	Relación Con Marco Teórico/ Interpretación
El uso de los conocimientos científicos escolares en las discusiones en torno al estrés hídrico.	Perspectiva sociocultural del conocimiento científico	-Consideran que los intereses políticos y económicos influyen en las decisiones sobre los recursos hídricos. -Reflexionan en torno a la responsabilidad que tienen varios	Santiago: <i>“Pues eso es verdad, pero igual las empresas tienen que trabajar, la Coca-Cola quita la sed y así funciona todo el comercio, uno no se puede quejar tanto de cosas que ni puede cambiar”</i> Miguel Ángel: <i>“No me parece, porque el agua de todos y así no debería ser,</i>	1T1PA	Muchos de los participantes resaltaron las desventajas ante las situaciones globales abordadas en torno a la pertenencia del recurso hídrico, destacando la influencia de las empresas y sus dinámicas comerciales y económicas como principales responsables de esta problemática. Reconocer esta influencia, es importante porque es el

actores sobre la soberanía hídrica de un territorio. *es como hablábamos ahora, entonces porque haya muchas casas y mucha gente entonces, ¿quiere decir que este bien?, no es así, porque eso hace que se estén secando las quebradas, los ríos, el agua se va muy seguido en las casas, el agua es muy contaminada”*

Santiago: *“Sí, eso lo sé, pero entonces donde vamos a vivir, las unidades traen más gente, también han construido más tanques de agua, yo no creo que la solución sea acabar con las empresas”*

punto de partida para orientar las CSC a la acción sociopolítica, Hodson (2021) afirma que las decisiones sobre el desarrollo científico se adoptan en función de intereses particulares, que muchas veces pueden ir en detrimento de otros como es el caso del uso y la gestión de agua como un bien mercantil o como un bien al servicio de todos, y que están estrechamente relacionados con los sistemas de poder.

**Se presenta el ejemplo de la primera subcategoría con una unidad de análisis y su respectiva interpretación teórica.*

Siguiendo con los criterios de análisis de la información, se construyó e implementó una rúbrica analítica (Anexo 1), como un instrumento de observación y de análisis de la información utilizado en T1PA, T1DC, T2GF y T3GD que consiste en un conjunto de criterios a observar o indicadores de evaluación de desempeño y una escala para contemplar los diferentes grados o niveles del criterio, que pueden ser expresados por números, letras o conceptos. Esta rúbrica analítica contó con 9 criterios, donde los primeros 4 tienen que ver con los niveles de sofisticación propuestos por Hodson (2021) y los demás están relacionados con el desarrollo de la responsabilidad personal y social como competencia del siglo XXI a desarrollar y demás habilidades que se analizaron en el grupo focal y grupo de discusión.

Cada criterio es analizado a partir de una descripción cualitativa de las habilidades y conocimientos que el estudiante desarrolla a partir de tres niveles de dominio establecidos según el decreto 1290 del MEN: bajo, básico, alto y superior, que a su vez agrupa a los estudiantes en una numeración cuantitativa para facilitar el proceso de análisis y tabulación al codificar las habilidades alcanzadas así: 1 y 2: Bajo, 3: Básico, 4 y 5: Alto y, 6 y 7: Superior.

Estos niveles son particulares, es decir que están definidos para cada criterio, además, son jerárquicos, pues tienen una complejidad creciente, cuyo nivel de mayor complejidad es

el 7 y el nivel de menor complejidad es el 1 y, por último, estos niveles son inclusivos, puesto que, para estar ubicado en cierto nivel, se requiere haber superado los anteriores. Los resultados de la rúbrica analítica se registraron al final de la secuencia didáctica 1 y de la secuencia didáctica 2, es decir en T1PA y T3GD, rescatando que, para esta última, se tuvieron en cuenta los niveles registrados en T1DC y T2GF.

5.5 Red de Categorías

En el análisis de datos cualitativos, la categorización es crucial al permitir que el investigador asigne significados a los hallazgos de su estudio, organizando y clasificando la información en categorías relevantes que surgen directamente de los datos registrados. Estas categorías permiten identificar patrones, tópicos y relaciones significativas en los datos, lo que contribuye a la comprensión y explicación de los fenómenos estudiados, y las subcategorías que detallan dichos tópicos en microaspectos. Las categorías y subcategorías pueden ser apriorísticas o establecidas de antemano, o sea, creadas antes de registrar la información o también emergentes cuando surgen durante el proceso de investigación, basadas en los patrones y referencias significativas identificadas según se indaga (Cisterna, 2005).

La construcción de la red de categorías, subcategorías y los indicios que dan cuenta de la consecución o no de las anteriores, se estableció antes de registrar la información, es decir que son de tipo apriorístico. La primera categoría es el uso de los conocimientos científicos escolares en las discusiones en torno al estrés hídrico, que es transversal a todas las actividades de la secuencia didáctica al incluir aspectos epistémicos y no epistémicos. A su vez se divide en dos subcategorías, primero la perspectiva sociocultural del conocimiento científico y segundo, el agua como un asunto disciplinar en relación con la responsabilidad personal y social.

La segunda categoría tiene que ver con el activismo sociopolítico en el desarrollo de la responsabilidad personal y social, transversalizando las técnicas de grupo focal y grupo de discusión. Los indicios para cada una de las categorías, se describe en la Tabla 6. Ambas categorías se conectan con las técnicas abordadas, su relación es descrita más adelante en la triangulación.

Tabla 6.
Red de categorías, subcategorías e indicios.

Categoría	Subcategoría	Indicios
El uso de los conocimientos científicos escolares en las discusiones en torno al estrés hídrico.	Perspectiva sociocultural del conocimiento científico	-Consideran que los intereses políticos y económicos influyen en las decisiones sobre los recursos hídricos. -Reconocen que los avances científicos no dependen de individuos aislados, sino que surgen de la interacción de un colectivo. -Reflexionan sobre la responsabilidad que tienen varios actores sobre la soberanía hídrica de un territorio.
	El agua como un asunto disciplinar en relación con la responsabilidad personal y social	-Problematizan la calidad del agua de acuerdo con sus propiedades fisicoquímicas y al estrés hídrico. -Establecen nexos entre la potabilización del agua y la salud. -Involucran la potabilización y calidad del agua en la toma de decisiones sobre su uso y consumo
El activismo sociopolítico en el desarrollo de la responsabilidad personal y social.		-Proponen acciones para evitar la contaminación acelerada de sus recursos hídricos. -Expresan preocupación por temas públicos. -Actúan considerando aquello que favorece su bienestar y el de otros.

**Se describen dos categorías, una de ellas con subcategorías y los indicios que indican el alcance o no de la categoría planteada.*

Las actividades son diseñadas para profundizar en el caso y agrupar los indicios en las categorías que permiten comprender el fenómeno. Se trata de un constante proceso de diseño y rediseño, integración y reevaluación del conjunto que, a su vez, refuerza los criterios de credibilidad en la investigación cualitativa que se abordaran a continuación.

5.6 Criterios de credibilidad

En el ámbito de la investigación cualitativa, la credibilidad de los hallazgos es fundamental para garantizar la calidad y la fiabilidad de los resultados obtenidos. Martínez (2006) destaca la importancia de establecer criterios sólidos que aseguren la robustez de la

investigación, centrados no solo en la validez y la confiabilidad de los datos, sino también en otros aspectos que contribuyen a la veracidad general del estudio, como la transparencia en los procedimientos de registro y análisis de datos, la coherencia en la interpretación de los resultados y la capacidad de replicación por parte de otros investigadores. Al hacer hincapié en estos criterios, se fortalece la confianza en los hallazgos cualitativos, permitiendo que la investigación tenga un impacto significativo y perdurable en el campo académico y práctico.

Para el abordaje de este trabajo se considera la validez, confiabilidad y la triangulación como criterios de credibilidad en la investigación cualitativa, a continuación, se describen:

5.6.1 Validez interna

En las diversas disciplinas científicas, la validez adquiere matices distintos. En las ciencias naturales, se vincula estrechamente con la capacidad de controlar y manipular el entorno físico mediante innovaciones en los campos físico, químico y biológico. Por otro lado, en las ciencias hermenéuticas, se evalúa en función de su habilidad para generar conexiones humanas significativas, enriquecidas por un alto grado de empatía y comprensión. En cuanto a la ciencia social crítica, la autenticidad radica en su capacidad para superar barreras y promover el desarrollo de individuos autónomos y plenamente realizados.

Una investigación tiene un alto nivel de validez si al observar o apreciar una realidad, se observa o aprecia en sentido pleno, y no sólo un aspecto o parte de la misma (Martínez, 2006), este criterio se constituye como la fuerza mayor de las investigaciones, pues deriva del modo de registrar la información y de las técnicas de análisis que usan, ya que, implican una inmersión profunda en la vida de los participantes, la recopilación de datos a lo largo de extensos periodos, un análisis constante y comparativo de la información y la observación en contextos y medios reales. Además, se incluye una continua retroalimentación y reevaluación en el proceso de análisis.

Para alcanzar la validez interna mencionada, se prestó atención a los siguientes asuntos:

- Aunque el ambiente del estudio fue el mismo haciendo referencia a la Institución Educativa Alfonso Upegui Orozco, salón de clases y el contexto de la vereda Pajarito,

la información se registró en diferentes momentos del proceso, no solo al principio o al final de este.

- Teniendo en cuenta que las situaciones interactivas siempre crean nuevas realidades o modifican las existentes, el rol que como investigadora se asumió en cada una de las actividades, permitió el libre desarrollo de argumentos y posturas, pues además de que las consideraciones éticas son fundamentales desde el abordaje de las CSC, es indispensable mediar la participación para que los estudiantes construyan sus propias formas de comprensión del conocimiento científico.
- La secuencia didáctica se desarrolló con la totalidad de grupo, pero se escogieron los participantes de la investigación teniendo en cuenta los criterios descritos en el numeral 5.2, como estrategia para mitigar las distorsiones perceptivas y prejuicios, aunque se reconoce que la verdad no emerge de la mera casualidad y la democracia en el registro de información general, sino de las fuentes más expertas y confiables. (Martínez, 2006)

5.6.2 Confiabilidad interna

Una investigación que posee una alta confiabilidad se caracteriza por ser consistente, segura y predecible a lo largo del tiempo. Asimismo, presenta dos aspectos: interno y externo; la primera se evidencia cuando diferentes observadores que examinan la misma realidad llegan a conclusiones similares. Por otro lado, la confiabilidad externa se manifiesta cuando investigadores independientes, al estudiar una realidad en distintos momentos o contextos, obtienen resultados consistentes, es decir que un estudio puede replicarse con el mismo método y obtener los mismos resultados, lo cual desde las ciencias humanas no es viable porque es imposible reproducir las condiciones exactas de un comportamiento (Martínez, 2016).

Por tal razón, la presente investigación se orienta hacia una confiabilidad interna que se logra usando procesos rigurosos y sistemáticos que garanticen un nivel de consenso importante entre diferentes observadores. En particular, se abordan las siguientes estrategias:

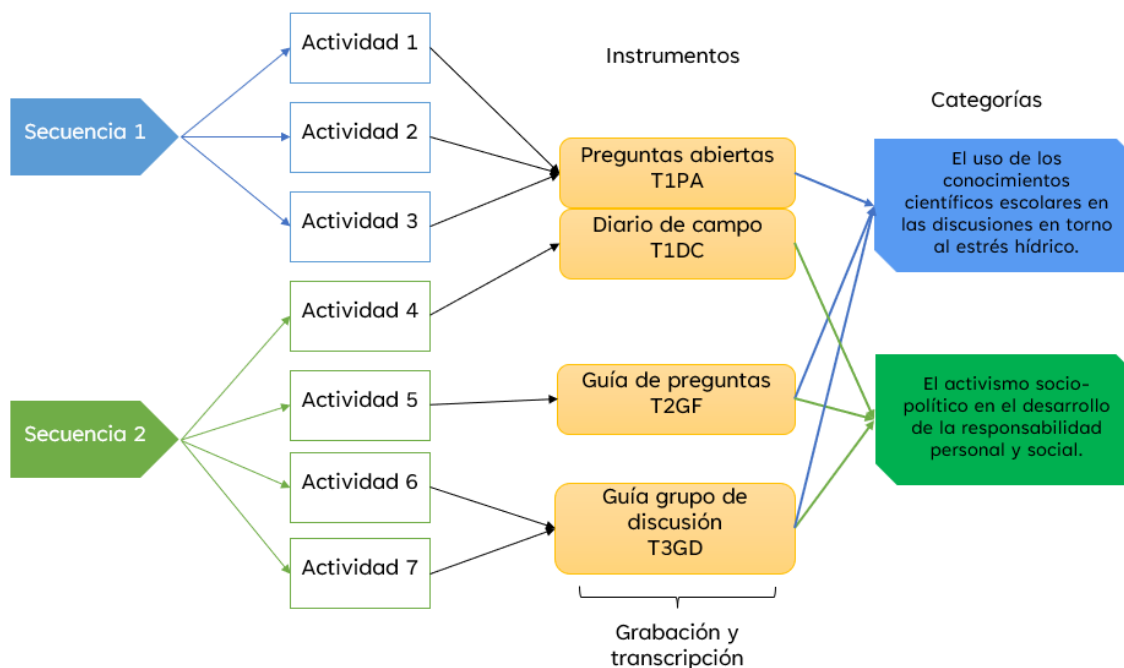
- El uso de categorías (numeral 5.5) lo más concretas y precisas posibles mediante indicios cercanos a la realidad observada.
- Los participantes retroalimentan el proceso de registro activamente. Esto quiere decir que colaboran de la rúbrica analítica como medio de evaluación formativa y de análisis, así como de los productos elaborados por ellos mismos en la feria de la ciencia, para asegurar que lo registrado por el investigador es coherente con lo que ven o dicen los mismos participantes.
- Uso de medios técnicos para el registro de información, en este caso, de grabaciones de audio, transcripciones, fotografías y entregables físicos que permiten volver a los datos para categorizarlos y conceptualizarlos de nuevo.

Otro aspecto crucial para respaldar la credibilidad interna del estudio según Martínez es la presencia de varios investigadores para garantizar un equilibrio de las observaciones, análisis e interpretación. Sin embargo, otro estudio resalta que, cuando un único investigador lleva a cabo todo el proceso de investigación cualitativa, desde el registro de datos hasta el análisis e interpretación, se asegura una visión unificada y coherente del fenómeno estudiado, evitando discrepancias y sesgos interpersonales en el análisis. Esto puede contribuir a una comprensión más profunda y rica de los datos, así como a la generación de conclusiones más sólidas y confiables (Creswell,2018).

5.6.3 Triangulación

La idea central de *triangular* significa utilizar todo lo que se considere pertinente y útil para establecer relaciones, nexos y conexiones de diferentes tipos. Martínez (2006) habla de triangular métodos y técnicas, datos, investigadores, teorías y disciplinas. En consecuencia, esta investigación triangula los datos registrados en diferentes instrumentos a partir del diseño e implementación de una secuencia didáctica y orienta esta relación con las categorías, tal y como se muestra en la Figura 5.

Figura 5.
Triangulación de la información.



*Se presenta la triangulación de las actividades de cada secuencia con los instrumentos de recolección de información y la red de categorías.

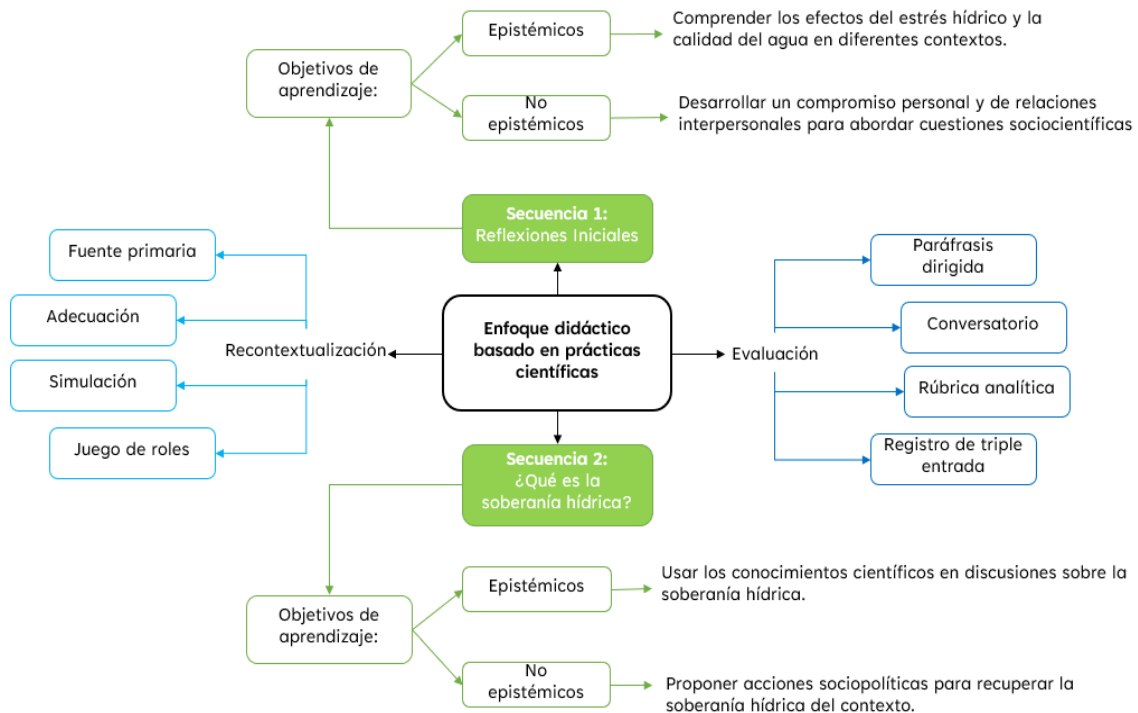
Para aplicar los instrumentos y registrar la información se proponen dos grupos de actividades desde el enfoque didáctico basado en prácticas científicas. Su desarrollo se desglosa en 7 actividades: las 3 primeras para la primera secuencia titulada *Reflexiones iniciales* y las 4 últimas para la segunda secuencia titulada *El Agua: ¿Qué es la soberanía hídrica?*, de estas actividades emergen datos que son registrados en los instrumentos descritos en la Tabla 4 y como apoyo al registro se utilizan las grabaciones que posteriormente son transcritas. Así, la observación, el diario de campo y las preguntas abiertas, hacen parte de las cuatro primeras actividades, el grupo focal y la guía de preguntas se constituyó en la actividad 5, y el grupo de discusión con la segunda guía de preguntas se utilizó en la actividad 6 y 7. Lo anterior, fue relacionado con la red de categorías, donde las unidades de análisis obtenidas en cada técnica, se configuran en el análisis e interpretación de cada categoría, es decir que el registro de la información obtenido en el marco de ambas secuencias se transversaliza en los contenidos, habilidades e indicios expuestos para cada categoría. De esta

manera, los asuntos epistémicos y no epistémicos atraviesan todas las actividades para garantizar un enfoque integral de la NOS.

5.7 Propuesta pedagógica para el registro de la información

Con la intención de comprender el caso y registrar la información se diseñan e implementan dos grupos de actividades enmarcadas en el enfoque didáctico basado en prácticas científicas. La primera de ellas titulada *Reflexiones Iniciales* conformada por tres actividades, y la segunda *EL AGUA: ¿Qué es la soberanía hídrica?* que incluye cuatro actividades que responden a objetivos epistémicos y no epistémicos de aprendizaje, un proceso de recontextualización y la evaluación formativa durante toda la propuesta, la definición de estos elementos se encuentra descritos en el marco conceptual. A continuación, se presenta la organización de las secuencias en la Figura 3 y se describen las actividades:

Figura 6.
Enfoque didáctico basado en prácticas científicas



*Se describen los objetivos de aprendizaje epistémicos y no epistémicos para cada secuencia, el ejercicio de recontextualización y la evaluación de tipo formativa.

Secuencia 1: reflexiones iniciales

Actividad inicial: cartografía del territorio

En esta actividad los estudiantes debían identificar las fuentes hídricas diferenciadas en quebradas, cañadas o ríos que están presentes en la vereda Pajarito, sector la Aurora, Robledo y demás sectores donde viven. Para esto, se dividieron en grupos de máximo 5 estudiantes para dibujar el croquis de la vereda en una cartulina, teniendo en cuenta el mapa general del corregimiento de San Cristóbal y con la ayuda del mapeo suministrado por el Departamento Administrativo de Planeación del Municipio de Medellín. Luego, ubicaron en su cartografía las fuentes hídricas que conocían aledañas a su lugar de residencia, al colegio o zonas que frecuentaban, mencionando los nombres de quebradas, cañadas o charcos y la percepción que tenían de estas fuentes en términos de calidad del agua, es decir, si es una fuente en la que pueden bañarse, utilizar para alguna actividad, alimentarse o si hace parte de las aguas residuales. Por último, se llevó a cabo la socialización de las cartografías con el fin de buscar puntos en común con demás grupos y conocer fuentes hídricas que hacen parte de la vereda o que están un poco más lejanos de la zona central.

Actividad 2: preguntas a mi compañero/a

Para esta actividad se retomaron las ubicaciones expuestas en la actividad anterior para formar parejas de *vecinos*, es decir, quienes viven cerca o comparten alguna fuente hídrica anteriormente mencionada. La actividad consistía en realizar cinco preguntas a su compañero/a teniendo en cuenta algunas provocaciones iniciales: ¿Cómo percibes la calidad del agua de las quebradas, charcos, ríos u otra fuente hídrica presente en la vereda Pajarito?, Hace 10 años, ¿Cómo crees que era el agua en la vereda?, ¿Cómo llega el agua hasta la casa?, ¿Qué cambios en el territorio han evidenciado los últimos años?, ¿Crees que hay una relación entre los cambios en el territorio y la calidad del agua?, las cuales modificaron según las particularidades del contexto (hay estudiantes que viven en urbanizaciones, fincas o que incluso no viven en la vereda) y de algún interés/duda en particular. Cada estudiante cumplió con ambos roles: el de entrevistador y entrevistado, así como con la función de consignar las respuestas de sus compañeros de manera escrita.

Actividad 3: ¿A quién le pertenece el agua?

Después de realizar la cartografía y las preguntas en la entrevista, se obtuvo un panorama de la problemática sobre la soberanía hídrica en el contexto local. Luego, se proyectó el documental titulado *Tapped*, donde se aborda la misma problemática, pero a nivel mundial, resaltando la influencia del poder político y económico en las decisiones que se toman sobre los recursos acuíferos y la disponibilidad de agua. En esta actividad, se reflexionó sobre la soberanía hídrica entendida como la administración adecuada del recurso acuífero disponible en el territorio y su distribución equitativa y de calidad, algunas causas del estrés hídrico, ahondando principalmente en el crecimiento demográfico ya que, es una problemática que se evidencia en la vereda Pajarito y finalmente, se llevó a cabo un conversatorio a partir de preguntas abiertas (T1PA), en torno a las posturas a favor y en contra de los usos del agua que repercuten directamente en la soberanía hídrica de un territorio y esta información se grabó y transcribió para su posterior análisis.

Secuencia 2: *el agua ¿Qué es la soberanía hídrica?***Actividad 4: propiedades del agua**

Continuando con el tema del estrés hídrico, en esta actividad se hizo énfasis en una de sus principales causas: EL CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO. Para esto, se evaluó la calidad del agua de algunas quebradas, cañadas o ríos de la Vereda Pajarito, a partir de algunas propiedades físicas, químicas y biológicas llevadas a cabo en el laboratorio, mediante una guía (ver Anexo 2).

La actividad consistió en recolectar una muestra de agua procedente de alguna fuente hídrica cercana a la casa de los participantes y mencionada anteriormente en la cartografía. Lo primero que se hizo fue la evaluación de las propiedades físicas referidas al color, olor y la descripción de sus características a partir de fichas. A su vez, se observó la presencia o no de microorganismos en las muestras con la ayuda del microscopio, ya que, estos son un indicador de la calidad del agua. Después, las propiedades químicas se evaluaron a partir de pruebas de pH para caracterizarlas según su acidez o alcalinidad, teniendo como puntos de referencia otras fuentes de agua como la de la canilla y la embotellada. Finalmente se socializaron los resultados y se establecieron algunas conclusiones. Particularmente, un

grupo de trabajo expuso sus resultados en la feria de la ciencia de la institución educativa, a la luz de las variaciones de la calidad del agua en diferentes zonas de la vereda, lo cual se registro a partir del diario de campo (T1DC).

Actividad 5: agua potable, ¿Cómo es posible?

Primera parte: teniendo como punto de partida los resultados obtenidos en la actividad anterior, los participantes diseñaron el laboratorio mencionando los recursos y procedimientos que llevaron a cabo para atender al mismo objetivo. A su vez, reflexionaron en torno a las propiedades resultantes que les sirvió de insumo para la segunda sesión.

Segunda parte: la segunda parte de esta actividad tuvo que ver con el tema de la potabilización del agua, donde a partir de las respuestas encontradas en la sesión 1 sobre que contaminantes encontraron en la muestra de agua, ellos pensaron en acciones que permitieron hacerle frente a esta situación de contaminación. Luego, ahondaron en uno de los métodos químicos para la potabilización del agua que es el de la cloración a través de una carrera de observación, donde las pistas estaban por toda la institución educativa y cada base correspondía a una de las fases del método mencionado, con el fin de comparar las respuestas iniciales y finales en un registro de triple entrada, atravesadas por la carrera de observación y la toma de decisiones. Luego, los estudiantes participaron en un grupo focal (T2GF), donde profundizaron en los aspectos más relevantes discutidos hasta el momento, mediados por una guía de preguntas (ver Anexo 3) y la información se registro a partir de la grabación y su posterior transcripción.

Actividad 6: simulación de crisis de agua

Simulación en la que los estudiantes representaron diferentes roles de una comunidad afectada por el estrés hídrico. Algunos fueron agricultores, otros representaron a la industria, y otros ser habitantes de la ciudad. En esta actividad se discutió cómo las decisiones y el uso del agua afectan la calidad y disponibilidad del recurso en la comunidad.

La actividad tuvo en cuenta el análisis de información proveniente de medios masivos de comunicación, donde cada grupo profundizó en una noticia sobre el efecto del estrés hídrico o el rol que cumple en la comunidad; la leyeron y utilizaron para reflexionar sobre las siguientes preguntas: ¿Por qué es importante la calidad del agua en los habitantes (según el

rol) de un territorio?, ¿De qué manera se puede restringir el uso del agua?, ¿Qué ejemplos conocen a nivel local?, ¿Cómo se relaciona la calidad del agua con el efecto asignado?

Actividad 7 debate: ¿Hay soberanía hídrica en Colombia?

Con toda la información registrada, discutida hasta este momento y a partir de otras lecturas complementarias, se realizó un debate de dos momentos: en primer lugar, con los asuntos a favor y en contra del TLC sobre el recurso hídrico en Colombia, teniendo en cuenta un escenario hipotético (ver Anexo 4) y en un segundo momento, sobre la soberanía hídrica en la vereda Pajarito, discutiendo los asuntos controversiales en torno a los usos agua como una mercancía o como un bien de todos los seres vivos del planeta. Esta actividad se constituyó como un grupo de discusión (T3GD) y la información resultante se grabó y transcribió para su posterior análisis.

5.8 Consideraciones éticas

Para abordar las consideraciones éticas, se tomó en cuenta el Protocolo de Compromiso Ético y Consentimiento Informado para Participantes de Investigación, adecuado a partir de la elaboración realizada por el grupo ECCE. Este protocolo, dirigido a los estudiantes que participan en el proyecto de investigación, plantea la invitación a involucrarse en lecturas y debates sobre la soberanía hídrica en Colombia. Se les solicita que compartan sus opiniones y experiencias en un grupo de discusión, garantizando la confidencialidad de la información obtenida y solicitando su consentimiento voluntario, así como el de sus acudientes. Se enfatiza que la participación no conlleva riesgos para la salud física o mental, ni implica compensación económica, además, se asegura a los participantes el derecho de retirarse en cualquier momento sin repercusiones negativas.

El protocolo también proporciona una detallada introducción del proyecto, expone su propósito y objetivos, describe los procedimientos de participación, resalta los beneficios, menciona la confidencialidad de los datos recopilados y los riesgos potenciales y ofrece un formulario de consentimiento informado para su firma, así como información de contacto del investigador principal para cualquier consulta adicional (ver Anexo 5).

6 Hallazgos

En este apartado se realizó el análisis e interpretación de los contenidos comunicativos orales y escritos de los participantes que devienen de la aplicación del enfoque didáctico basado en prácticas científicas, a la luz del marco teórico, categorías e indicios, unidades de análisis y las reflexiones seculares desde la práctica educativa. Al mismo tiempo, se discuten las contribuciones de las CSC centrada en discusiones sobre la soberanía hídrica en la enseñanza de la ciencia, en cuanto a su relación con aspectos como el fenómeno del estrés hídrico, la responsabilidad personal y social y el activismo sociopolítico.

El uso de los conocimientos científicos escolares en las discusiones en torno al estrés hídrico.

Según los planteamientos de autores como Acevedo-García (2008) y Molina y Mojica (2013) se abordan los conocimientos científicos escolares entendidos como el *traspaso de fronteras* en la enseñanza de los conocimientos científicos en el contexto cercano de los estudiantes. Para esto, se divide en dos subcategorías, la perspectiva sociocultural del conocimiento científico y el agua como un asunto disciplinar en relación con la responsabilidad personal y social, como se presenta a continuación.

Inicialmente para la perspectiva sociocultural del conocimiento científico, se seleccionan contenidos verbales que corresponden a situaciones donde los participantes intercambian ideas entorno a los intereses políticos y económicos sobre los recursos hídricos y como influyen en la soberanía hídrica de un territorio que, desde la perspectiva de Hodson (2013) puede influir en la manera en que se enseña la ciencia en las escuelas y en concreto tiene que ver con aprender ciencias. Asimismo, se seleccionan enunciados donde se reconoce que la construcción del conocimiento no depende de individuos aislados, sino que surgen de la interacción de un grupo de personas, lo cual, desde la perspectiva de Fleck (1979), se constituye en las ideas de *estilo de pensamiento* y *colectivo de pensamiento* en la construcción del conocimiento científico.

Otros de los autores claves para analizar los siguientes enunciados de esta subcategoría, son Acevedo y García (2016) quienes argumentan a favor de una ampliación de la visión de la NOS para incluir aspectos sociológicos de la ciencia y los valores tanto inherentes como

contextuales del conocimiento, teniendo en cuenta si en sus comprensiones, los estudiantes reconocen el primer nivel de sofisticación de Hodson (2013) como parte de la construcción de conocimiento científico escolar y en consecuencia, en el aprendizaje de las ciencias.

De esta manera, se tienen en cuenta algunos indicios que le posibilitan establecer si esta subcategoría es atendida por los estudiantes y refleja los aportes teóricos mencionados. Ello da lugar a la identificación de enunciados resultantes de la observación y el grupo focal con sus respectivos instrumentos. Tales indicios son:

- Consideran que los intereses políticos y económicos influyen en las decisiones sobre los recursos hídricos.
- Reconocen que los avances científicos no dependen de individuos aislados, sino que surgen de la interacción de un colectivo.
- Reflexionan en torno a la responsabilidad que tienen varios actores sobre la soberanía hídrica de un territorio.

Uno de los momentos seleccionados para evidenciar la influencia de los intereses políticos y económicos sobre las decisiones de los recursos hídricos y como esto se construye a partir de la interacción con el otro fue en T1PA, donde se entablo un conversatorio después de ver algunos videos de la situación del agua en diferentes contextos globales, a la luz de la pregunta ¿A quién le pertenece el agua? y los estudiantes manifestaron algunos asuntos en relación con su contexto:

***Thommas:** “Las fábricas consumían grandes cantidades de agua para hacer sus productos, mire por ejemplo el caso de Coca-Cola, hay mucha producción de gaseosas, pero a qué costo tan grande, sobre todo la hambruna, porque es que del agua depende todo”*

***Miguel Ángel:** “Y no solo Coca-Cola, Tesla, los dueños de riegos de cultivos, todas esas empresas creen que son los dueños del agua, la gente no podía ni tener sus propios cultivos, ni bañarse, mucho menos iban a poder protegerse de una enfermedad”*

Santiago: *“Pues eso es verdad, pero igual las empresas tienen que trabajar, la Coca-Cola quita la sed y así funciona todo el comercio, uno no se puede quejar tanto de cosas que ni puede cambiar”*

Miguel Ángel: *“No me parece, porque el agua es de todos y así no debería ser, es como hablábamos ahora, entonces porque haya muchas casas y mucha gente entonces, ¿quiere decir que este bien?, no es así, porque eso hace que se estén secando las quebradas, los ríos, el agua se va muy seguido en las casas, el agua es muy contaminada”*

Santiago: *“Sí, eso lo sé, pero entonces donde vamos a vivir, las unidades traen más gente, también han construido más tanques de agua, yo no creo que la solución sea acabar con las empresas” (1T1PA)*

Muchos de los participantes resaltaron las desventajas ante las situaciones globales abordadas en torno a la pertenencia del recurso hídrico, destacando la influencia de las empresas y sus dinámicas comerciales y económicas como principales responsables de esta problemática; es decir que se relaciona con la influencia que tienen los intereses políticos y económicos sobre las decisiones sobre los recursos hídricos. Reconocer esta influencia es importante porque es el punto de partida para orientar las CSC a la acción sociopolítica, Hodson (2021) afirma que las decisiones sobre el desarrollo científico se adoptan en función de intereses particulares, que muchas veces pueden ir en detrimento de otros como es el caso del uso y la gestión de agua como un bien mercantil o como un bien al servicio de todos, y que están estrechamente relacionados con los sistemas de poder.

A su vez, este enunciado se relaciona con la perspectiva sociocultural del conocimiento científico porque aborda las interacciones entre las actividades industriales, el acceso al agua y las condiciones de vida de las comunidades desde una perspectiva social y cultural, donde las opiniones expresadas por los participantes reflejan diferentes puntos de vista sobre el uso del agua por parte de las empresas, el impacto de estas actividades en la disponibilidad y calidad del agua para la población, así como las implicaciones sociales y ambientales de las decisiones empresariales. Estas reflexiones muestran cómo las prácticas económicas y comerciales están entrelazadas con cuestiones sociales, ambientales y éticas, lo cual es central en la perspectiva analizada en esta subcategoría y permite centrar a los

participantes en un nivel alto en el criterio *Aprendizaje sobre la ciencia y la práctica científica* de la rúbrica analítica, pues la información presentada da cuenta de las interacciones entre la tecnología, la sociedad y el medio ambiente, pero no es muy clara la problematización sobre el uso de las ciencias y de los actores que la sustentan.

Siguiendo con la idea anterior, a pesar de que los estudiantes reconocen en sus enunciados de las actividades iniciales el impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad y el ambiente, se evidencia lo que Shamos (1995) y Hodson (1994) denominan como una poca incorporación de manera explícita de las cuestiones éticas relacionadas con la toma de decisiones hacia la construcción de soluciones y propuestas concretas desde las acciones sociopolíticas que promuevan la formación de ciudadanos críticos y éticamente responsables, capaces de enfrentar los desafíos científicos y tecnológicos de la sociedad contemporánea. Por ejemplo, Santiago es claro al manifestar que “uno no se puede quejar tanto de cosas que ni puede cambiar” (IT1PA), es decir que se encuentra en un nivel bajo del criterio *Responsabilidad personal y social*, ya que, no se evidencia en su discurso, formas eficaces, apropiadas y socialmente responsable de responder a la problemática abordada y más preocupante aún, no considera que pueda hacer parte del cambio, situación que fue similar en varios de los participantes.

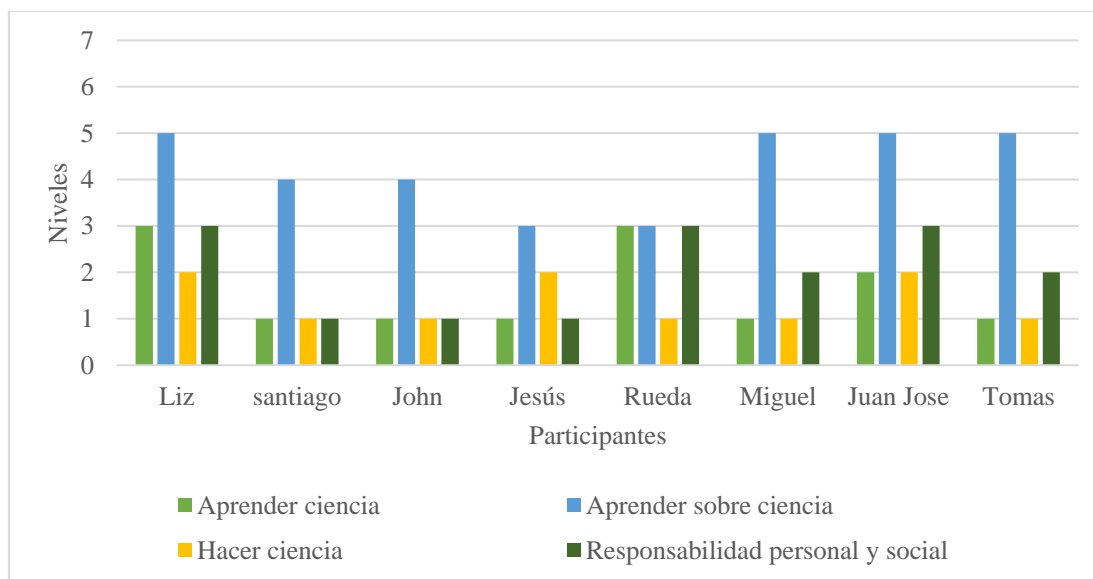
Esto sugiere una postura pasiva o resignada frente a los problemas sociales o ambientales, lo cual puede ser interpretado como una falta de compromiso o responsabilidad cívica ante estos desafíos. Desde la perspectiva de la formación de ciudadanos críticos y éticamente responsables, este enunciado resalta la importancia de incorporar de manera explícita las cuestiones éticas relacionadas con la toma de decisiones y la acción sociopolítica en la construcción de soluciones y propuestas concretas frente a los desafíos científicos, tecnológicos y sociales de la sociedad contemporánea, recordando que, aunque se enfrenten limitaciones o dificultades, siempre hay espacio para la acción responsable y comprometida en la búsqueda de un cambio.

Por otra parte, los enunciados analizados hasta este punto reflejan en los participantes una poca comprensión de los conceptos e ideas fundamentales sobre el estrés hídrico, la potabilización del agua y la soberanía hídrica, dado que, se enfocan principalmente en el aprendizaje sobre la ciencia y no en *Aprender ciencia* es decir, en la comprensión sólida de

conceptos e ideas científicas y en participar de investigaciones y resolución de problemas desde el *Hacer ciencia* abordados en el marco conceptual (Hodson, 2021), por tal razón, se ubican en un nivel bajo en estos criterios desde la rúbrica analítica, tal y como se muestra en la figura 7. Del mismo modo, para las primeras 3 actividades, es decir las correspondientes a la primera secuencia didáctica y a T1PA, no se evidencian en el discurso de los participantes, formas eficaces, apropiadas y socialmente responsables de responder a la problemática del uso del agua en relación con la soberanía hídrica en su contexto, es decir, se encuentran en un nivel bajo del criterio de *Responsabilidad personal y social*.

Figura 7.

Resultados rúbrica analítica para la secuencia didáctica 1.



**Se describen los niveles que alcanzaron los participantes en cuatro criterios de la rúbrica analítica después de la aplicación de la secuencia didáctica 1.*

A su vez, en el grupo de discusión se exacerbaron estos enunciados, pues mediante la simulación de un caso de TLC en Colombia y la revisión de noticias, los participantes asumieron un rol correspondiente a diferentes entidades: gobierno colombiano, gobierno de costa rica, movimiento ambiental, ciudadano, empresa extractivista, investigador en ciencias, entre otros, manifestando lo siguiente:

Juan José: *“Bueno yo como ciudadano colombiano, digo que el modelo extractivista hace que el agua se contamine y agote el agua, lo que hace que los colombianos*

tengan poca salud, tengan pocas cosas y también que el agua se agote irremediablemente”

Liz: “(...) además, yo como ambientalista, opino que también aumentaría la huella de carbono, ya que la construcción de dichas tuberías para llevar el agua de Colombia hacia Costa Rica desplazaría más rápido la flora y la fauna colombiana. (...)”

John: “Como empresa extractivista, considero que el TLC de exportar agua de Colombia hacia Costa Rica sería beneficioso para las dos partes. ¿Por qué? Porque eso podría fortalecer las relaciones bilaterales entre varios países, podría aumentar tanto el turismo como la economía de ambos países”

Jesús: “Como gobierno colombiano considero que se debería garantizar esa agua para distribuir a los 32 departamentos en lugar de dejar que empresas extractivistas vengan por el agua dulce. (...) este trato no se debería dar, ya que de por sí Colombia tiene un 12% de población con pobreza, y este solo incrementaría esa cifra” (2T3GD)

Estos enunciados desde los diferentes roles ponen en evidencia la influencia que tienen los intereses económicos y políticos sobre las decisiones, particularmente en la gestión y el uso del agua, es decir sobre la soberanía que se tiene de los recursos hídricos y más aún, teniendo en cuenta que según Censat (2006) en Colombia, el agua se sitúa fuera del ámbito de la soberanía permanente sobre los recursos naturales, lo que conlleva a prácticas insostenibles en su manejo y la aceptación de su distribución basada en su valor comercial.

Los participantes representan diferentes roles y puntos de vista en relación con el modelo extractivista y la exportación de agua, sus opiniones reflejan cómo diversos actores, desde ciudadanos hasta ambientalistas, empresas y el gobierno, contribuyen con sus perspectivas y argumentos al debate sobre cómo manejar los recursos hídricos. La interacción entre estos actores y la consideración de sus diversas opiniones y preocupaciones pueden llevar a decisiones más informadas y equilibradas en relación con el manejo de los recursos hídricos, lo que ilustra lo expuesto por Hodson (2013,2021) esencialmente, al involucrar a una variedad de perspectivas y preocupaciones en el proceso de toma de decisiones, se puede

obtener una comprensión más completa de los problemas en cuestión y, por tanto, decisiones más fundamentadas y justas.

El análisis de esos enunciados refleja los factores de sociología externa en la enseñanza y aprendizaje de la NOS, vislumbrando el contexto histórico social y cultural de las discusiones sobre el recurso hídrico, así como la influencia de intereses políticos y económicos en las decisiones sobre la gestión del agua. Lo anterior, en palabras de Acevedo y García (2016), significa integrar los asuntos sociológicos o no epistemológicos a la enseñanza de la ciencia y a su vez, el aprendizaje sobre la ciencia propuesto por Hodson (2021) que busca desarrollar una comprensión de las características de la investigación científica y el estatus del conocimiento que esta genera.

Por otra parte, la segunda subcategoría tiene que ver con el agua como un asunto disciplinar en relación con la responsabilidad personal e individual, se analizan enunciados y resultados que devienen del aprendizaje a partir de la acción, que según Hodson (2021) comprende la participación directa de los estudiantes en proyectos fuera del aula y con resultados tangibles, como la feria de la ciencia. Además, se aborda el aprendizaje de la ciencia, sobre la ciencia y el hacer ciencia descritos en el marco conceptual, por lo que se retoma el enfoque integral (Acevedo-Díaz, 2008) que articula la adquisición de habilidades en los procesos de ciencia con la reflexión de estos procesos en la toma de decisiones.

Es así como para la selección de unidades de análisis se tienen en cuenta algunos indicios que reflejan las consideraciones teóricas mencionadas, con el fin de identificar enunciados en las secuencias didácticas. Los indicios son:

- Problematizan la calidad del agua de acuerdo con sus propiedades y al estrés hídrico.
- Establecen nexos entre la potabilización del agua y la salud.
- Involucran la potabilización y calidad del agua en la toma de decisiones sobre su uso y consumo.

Una de las unidades de análisis seleccionada para evidenciar la problematización de la calidad del agua de acuerdo con sus propiedades y el fenómeno del estrés hídrico, pertenece a T2GF, particularmente donde se describe la siguiente situación:

Un grupo de amigos iba todos los domingos a un charco ubicado en Altos de la Macarena, tenía unos 3 metros de profundidad, mucha vegetación y aguas cristalinas. Con el pasar de los años, el charco ya no era tan profundo, el color de sus aguas cambio a un verde espeso y finalmente a un café muy turbio, frecuentemente olía mal y ya no podían disfrutar de sus aguas.

Luego de analizar en el grupo la situación, se discute la pregunta: ¿A qué hecho en específico le atribuirías esta situación?, donde un participante hace el siguiente aporte:

Rueda: *“Cuando hay un aumento de la población y mayor demanda del agua, el agua empieza a escasear y como decía mi compañero, el agua empieza a mermar su cauce, mermar su volumen lo que produce que se estanque (...) gran parte de la contaminación que se genera le puede causar el mal color y olor”* (3T2GF)

Asimismo, otros participantes continúan la discusión donde se refleja la integración de aspectos epistémicos como el fenómeno del estrés hídrico que según (Zarza & Novo, 2023) se emplea para describir la situación en la que la demanda de agua supera la cantidad disponible en un periodo de tiempo específico, o cuando su uso se ve limitado por problemas de calidad, con la responsabilidad personal y social, de la siguiente manera:

Juan José: *“Yo pienso que la alta demanda del recurso podría generar estrés hídrico en las principales fuentes hídricas de nuestro territorio, lo que nos podría dejar sin el abastecimiento de agua (..) en un futuro puede haber una mayor presencia de organismos unicelulares y protozoarios que son indicadores de aguas muy contaminadas, un pH más ácido y mayor cantidad de micro plásticos”*

Miguel Ángel: *“Además el agua se va a evaporar más rápido por el aumento de CO2 en la atmosfera y yo creo que eso también se produce cuando hay muchas construcciones. (...) también se ha desplazado la fauna y no hay reguladores que cuiden pues, el agua y la vegetación inclusive de la zona”*

Liz: *“Yo creo que también van a aumentar los mosquitos con esas aguas ahí estancadas y contaminadas donde antes había charcos, lo que puede hacer que llegue el dengue y otras enfermedades”* (4T2GF)

Estos aportes destacan cómo los participantes no solo consideran los aspectos científicos o epistémicos de un problema, sino que también están atentos a las complejidades del contexto en el que se desenvuelven. Por ejemplo, en el enunciado de Miguel Ángel (4T2GF) se reconoce que, si bien, el aumento de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera puede influir en el ciclo hidrológico y, por lo tanto, afectar la evaporación del agua, no es la causa exacta, ya que este proceso es parte de una red compleja de interacciones climáticas y geofísicas. Sin embargo, se evidencia que el participante hace uso de una relación muy importante como lo es que el aumento de las construcciones genera aumento de gases de efecto invernadero, lo cual deviene de una de las causas del estrés hídrico planteada por la UNEP (2013) pues, el crecimiento poblacional y la urbanización también ejercen una demanda creciente sobre los recursos hídricos, especialmente para usos domésticos, industriales y municipales, lo que agrava la situación al presionar aún más los suministros disponibles de agua.

Además, los enunciados reflejan las relaciones que se establecen entre la densidad demográfica y la contaminación de los recursos hídricos, correspondiendo a su vez, a una de las causas del estrés hídrico. (Rueda, 3T2GF) problematiza la calidad del agua de acuerdo con sus propiedades físicas como el color y el olor, pero no mencionan otras propiedades importantes como el pH que es una de las pruebas más comunes para conocer parte de la calidad del agua (Chang, 2011), o la presencia de microorganismos. Por lo que, a partir de la rúbrica analítica planteada desde los instrumentos de análisis de la información, se evidencia un nivel alto en el uso adecuado de la información, en tanto es clara pero incompleta porque algunos enunciados no son sustentados con aportes científicos y un nivel alto en *el aprender ciencias*, en tanto el estudiante evidencia poca comprensión sobre algunos conceptos e ideas fundamentales sobre el estrés hídrico.

Lo anterior, corresponde a la integración del componente disciplinar a problemáticas que devienen de la alfabetización científica, pues muchos de los problemas suscitados desde las cuestiones sociocientíficas tienen un claro componente ambiental (España y Prieto, 2010). Además, como se señaló en el marco conceptual, corresponde a lo propuesto por Hodson (2003) desde un plan de estudios para desarrollar la capacidad de acción sociopolítica, específicamente con el aprendizaje de la ciencia, pues según FAO (2013), el crecimiento

demográfico también conlleva un aumento en la urbanización y la expansión de las áreas metropolitanas, lo que puede resultar en una mayor concentración de demanda de agua en ciertas regiones. A su vez, esto puede agotar los recursos hídricos locales y llevar a situaciones de estrés hídrico, donde la demanda supera la capacidad de suministro sostenible.

Posteriormente, se refleja la integración de aspectos que problematizan la calidad del agua en la salud, (Liz, 4T2GF) ilustra cómo la preocupación por la calidad del agua no solo se centra en aspectos ambientales, sino que también se relaciona estrechamente con la protección de la salud pública, especialmente en lo que respecta a la prevención de enfermedades transmitidas por la acumulación de aguas estancadas, posiblemente contaminadas, debido a la falta de un adecuado sistema de drenaje o tratamiento de aguas residuales y en efecto, la proliferación de vectores como el mosquito *Aedes aegypti*, transmisor del virus del dengue.

Siguiendo con el análisis de T2GF y en relación con la actividad experimental 4 sobre las propiedades del agua que permitió identificar la relación que establecen los participantes con asuntos epistémicos asociados a la naturaleza de los procedimientos, en particular la experimentación para comprender el fenómeno, se hace referencia a la pregunta: ¿El agua analizada es apta para el consumo humano?, con el fin de identificar nexos entre la potabilización del agua y la salud, así como enunciados en los participantes donde involucren la potabilización y calidad del agua en la toma de decisiones sobre su uso y consumo. Se rescatan las respuestas:

Juan José: *‘Eso depende de la altura, vimos que en las zonas altas de la vereda es un agua consumible donde no hay tanto estrés hídrico porque no hay tanta población, porque es la población la que esta contaminando y explotando el recurso del agua*

Liz: *‘Yo estoy de acuerdo, uno de los factores principales de la contaminación del agua es la sobrepoblación, pero como dice el compañero, en la parte alta se ve que no hay tantas construcciones, por ejemplo cuando recolectamos agua de la parte de arriba, fue muy diferente a la que recolectamos de la parte de abajo, que era más sucia, olía más maluco, habían más microplásticos y no habían rotíferos y otros microorganismos que si vimos en las aguas de más arriba (...) en la parte alta, además*

de que no hay tanta población, hay más animales y seres encargados de formas natural de purificar el agua y mantenerla más limpia” (5T2GF)

Estos enunciados problematizan la calidad del agua al considerar cómo factores asociados a la densidad poblacional y la urbanización afectan la pureza y disponibilidad del recurso hídrico. Además, sugieren que la gestión del agua debe tener en cuenta tanto las propiedades fisicoquímicas del agua como el contexto socioambiental en el que se encuentra para abordar adecuadamente el estrés hídrico y garantizar un suministro de agua seguro y sostenible. Esto, según (Acevedo-Díaz, 2008) se constituye bajo un enfoque integral de la NOS que posibilita articular y reflexionar sobre los aspectos epistémicos como no epistémicos en lugar de adoptar solo uno de ellos sin valorar su estrecha interconexión.

Lo expuesto por Liz (5T2GF), tiene en cuenta las propiedades físicas y químicas del agua en la evaluación de su calidad, pues la observación comparativa entre las muestras de agua de diferentes alturas sugiere un proceso de investigación o análisis empírico que busca entender las diferencias en la calidad del agua entre ambas ubicaciones. La participante utiliza su conocimiento y experiencia para interpretar estas diferencias y sacar conclusiones sobre la calidad del agua, mencionando la presencia de microplásticos, el olor desagradable y la ausencia de microorganismos que pueden ser indicativos de una buena calidad del agua, ya que, estos organismos son sensibles a los cambios ambientales y a menudo prosperan en aguas limpias y bien oxigenadas.

Además, los enunciados de este tipo (4T3GD; 5T2GF) según los resultados de la rúbrica analítica después de aplicar la secuencia didáctica 2 (ver Figura 9) representan un nivel superior en cuanto al criterio *aprender ciencias*, por lo tanto, se evidencia una comprensión sólida de varios conceptos e ideas fundamentales sobre el estrés hídrico, la potabilización del agua y la soberanía hídrica, así como la capacidad de utilizar estas comprensiones tanto en situaciones reales como simuladas; ejemplo de ello es el enunciado de Juan José (4T2DF) donde presenta ejemplos con la problemática de la urbanización acelerada en su vereda y a su vez, se refleja en los participantes un nivel superior en el criterio *aprendizaje sobre la ciencia y la practica científica*, pues la información presentada da cuenta de las interacciones CTS-A, así como de las interacciones entre compañeros que posibilita la

construcción del conocimiento científico escolar al complementar sus ideas, validarlas o estar en desacuerdo con ellas.

A partir del análisis es posible concluir que actividades como la experimentación (T1DC) fue muy importante en el desarrollo de los criterios mencionados, considerando que, apporto en la comprensión sólida de elementos conceptuales, ideas y principios fundamentales de la ciencia y la capacidad de usarlos de manera adecuada y efectiva tanto en situaciones del mundo real como simuladas (Hodson, 2021). Allí, los estudiantes aprendieron ciencia en la medición de pH, usando el microscopio para reconocer microorganismos que indican la calidad del agua o la presencia de contaminantes como microplásticos, aprendieron técnicas de laboratorio en la preparación de muestras en fresco, codificación de muestras y la identificación de propiedades físicas del agua como el color, olor y sabor. Así, al participar en la experimentación, los estudiantes no solo se limitaron a absorber información pasivamente, sino que se involucraron activamente en el proceso de descubrimiento, aprendizaje y desarrollaron la capacidad de aplicar este conocimiento de manera efectiva en situaciones del mundo real y simuladas, lo que se constituye en la construcción social del conocimiento científico escolar.

Figura 8

Actividad 4: Propiedades del agua



**Se observa la preparación de muestras en fresco, la codificación de las muestras colectadas, y el uso del pHmetro y microscopio.*

De esta manera, se abordan los aspectos epistémicos en la enseñanza y aprendizaje de la NOS, incluyendo la naturaleza del conocimiento y la naturaleza de los procedimientos referidos a la esencia y la forma de obtención del conocimiento en un campo particular, tal y como se describió en el marco conceptual. También, tiene mucho que ver con la relación teoría-experimentación en la naturaleza de los procedimientos, referida a la estrecha interacción entre la teoría y la experimentación en el proceso científico, señalando que, la experimentación proporciona la oportunidad de investigar los mecanismos subyacentes de los fenómenos observados y permite desentrañar cómo y por qué ocurren ciertos eventos, lo que contribuye al entendimiento más profundo de la naturaleza (Matthews, 2012).

El activismo sociopolítico en el desarrollo de la responsabilidad personal y social.

Con base en autores como Dengo (2014), Hodson (2013,2021) y Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005) cuyos planteamientos se discutieron en el marco teórico, se construyó esta categoría atendiendo a las CSC orientadas al activismo sociopolítico. Se exponen los enunciados que evidencian las propuestas concretas, soluciones y acciones de diferentes tipos que son el resultado de las secuencias didácticas atravesadas por las discusiones, puntos de vista controvertidas e implicaciones éticas sobre la soberanía hídrica.

Específicamente, desde las propuestas de estos autores, es crucial el abordaje de las CSC que refleja la discusión de asuntos ambientales y una comprensión más profunda de la NOS. Ello aplicado al aula implica diseñar actividades y proyectos educativos que involucren a los estudiantes en la exploración y análisis de problemas ambientales contemporáneos. De esta manera se plantean los siguientes indicios para delimitar los enunciados que corresponden a la integración de aspectos epistémicos y no epistémicos en la consolidación de acciones sociopolíticas:

- Proponen acciones para evitar la contaminación acelerada de sus recursos hídricos.
- Expresan preocupación por temas públicos.
- Actúan considerando aquello que favorece su bienestar y el de otros.

Para empezar, en el grupo de discusión se les pregunto a los participantes sobre, ¿Qué harían ante esta problemática” donde se obtuvieron -entre otras- las siguientes respuestas:

Rueda: “Una que se me ocurre a mi es hacer instalación de filtros en las quebradas, que se organiza con piedras y arena mayoritariamente para recolectar toda la basura que haya en la quebrada, para que el agua sea un poco más consumible, ya eso depende de los recursos porque también se podría hablar de químicos para potabilizarla, así con cloro y cosas más especializadas”

Juan José: “Yo creo que hay que mentalizar a las personas porque si uno no dice nada para que las personas dejen de ensuciar el agua, haciendo filtros no vamos a solucionar nada”

Thommas: (...) “Si, hay que hacer una campaña contra la contaminación ambiental y los recursos hídricos” (6T3GD)

Estos enunciados se seleccionaron porque reflejan un nivel alto en el criterio de *uso de evidencias* y en el *uso adecuado de la información* al presentar aportes con base científica y apoyados con varia información relevante. A su vez, hasta este punto se evidencia un nivel alto en la *responsabilidad personal y social* respecto a los resultados obtenidos en las actividades iniciales, tal y como se evidencia en la Figura 9, pues en esta discusión, Rueda, Juan José y Thommas utilizan en su discurso, formas apropiadas y socialmente responsables de responder a la problemática del uso del agua en relación con la soberanía hídrica en su contexto, pero no están orientadas a acciones sociopolíticas. Las acciones que se reflejan en estos enunciados corresponden a lo que Hodson (2013) denomina como acciones directas, es decir intervenciones o actividades que los individuos o grupos realizan para abordar directamente un problema o situación específica, ejemplo de ello, está la instalación de filtros de agua, que si bien es una práctica importante, su ejecución desligada a otro tipo de acciones puede desviar la atención de las causas principales de los problemas en el ámbito social, político y económico.

Juan José y Thommas (6T3GD) reconocen que hace falta ir más allá y hablar con las personas de la comunidad, pero no ahondan en otro tipo de soluciones hasta este punto y por eso permanecen en el mismo nivel en el *desarrollo de la responsabilidad personal y social*,

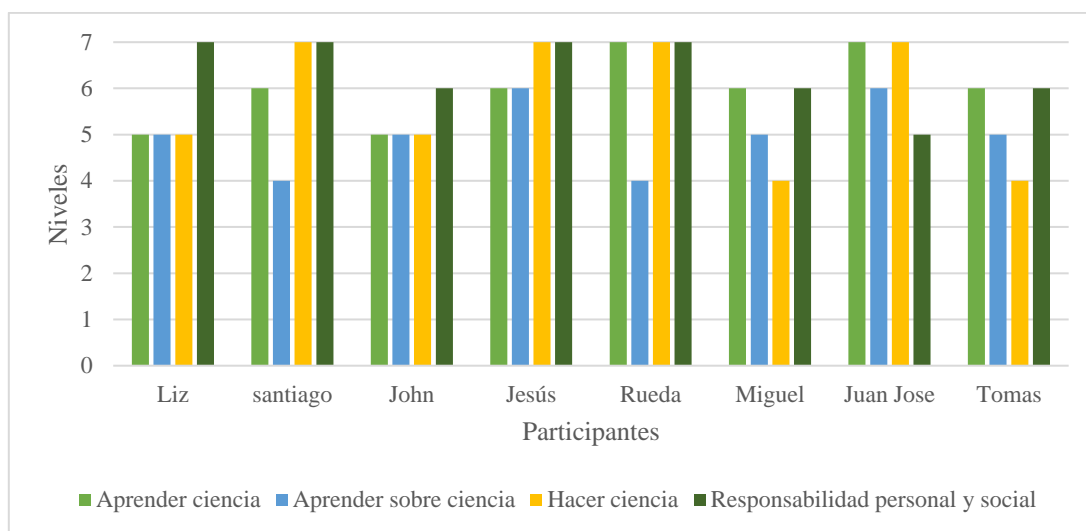
que más adelante se retoma con algunas variaciones. Otros participantes discuten lo siguiente:

Liz: “Otra más es cambiar la base que se tiene hoy en día para los residuos, porque el manejo de residuos es digamos, hacen una construcción, canalizan la quebrada y convierte ya pues, la quebrada o el río en un botadero de desechos porque todo lo de la construcción lo canalizan ahí, entonces pues yo considero que hay que cambiar desde ahí la mentalidad a la hora de hacer eso”

John: “Si, y hay que hablar con las personas, porque si ellos no saben lo que está pasando, poco van a hacer, debemos decirles lo que pasa con las aguas de acá, lo que tienen que ver las construcciones en esto y que, si no hacemos nada nuestra vereda podría atravesar un estrés hídrico, incluso nuestra ciudad”. (7T2GF)

Estos enunciados describen y profundizan en las causas de la problemática, aludiendo al papel de las construcciones, la densidad demográfica y, en consecuencia, al fenómeno del estrés hídrico, es decir que articulan asuntos epistémicos con reflexiones éticas y contextualizadas, por lo que desde la rúbrica analítica se establecen niveles altos en el *Aprender ciencias* y *Aprender sobre ciencia y la práctica científica*, tal y como se observa en la Figura 9.

Figura 9.
Resultados rúbrica analítica para la secuencia didáctica 2.



*Se describen los niveles que alcanzaron los participantes en cuatro criterios de la rúbrica analítica después de la aplicación de la secuencia didáctica 1.

Zeidler, Sadler, Simmons y Howes (2005) explicitan que las cuestiones éticas relacionadas con estas discusiones, consideran el desarrollo moral o el carácter de los estudiantes, es decir que “explotan el poder pedagógico del discurso, la argumentación razonada y las consideraciones de la NOS” (p.6), estos autores subrayan que las acciones sociopolíticas son una herramienta poderosa para empoderar a los estudiantes, fomentar su compromiso cívico y prepararlos para enfrentar los desafíos científicos y tecnológicos de manera ética y responsable en la sociedad contemporánea.

Profundizando la idea anterior, se exponen los resultados que surgieron de T1PA en la segunda secuencia didáctica y posterior a T2GF y T3GD. La unidad de análisis se constituye en el diario de campo como se observa a continuación:

Los estudiantes obtuvieron resultados muy diversos: algunos identificaron niveles de pH muy elevados, cianobacterias, microorganismos, microplásticos y macroinvertebrados, así como aguas muy turbias, con olores fuertes y coloraciones diferentes. Un equipo de trabajo manifestó su interés por participar de la feria de la ciencia con los resultados obtenidos, pero que le querían dar un enfoque diferente. Ellos decían que vivían en diferentes partes de la vereda, de hecho, alejados unos de otros. Juan José en la parte media o central, Jesús en la parte alta y Santiago y Rueda en la parte baja. Como el agua que analizaron se recolectó en zonas cercanas a sus casas, ellos evidenciaron que la muestra de cada uno era muy diferente y tenía unos cambios muy marcados en sus propiedades. Por tal razón, organizaron todos sus resultados y analizaron como variaba ese cambio, bajo el proyecto titulado “Altitud y calidad del agua: explorando la relación vital” que socializaron en la feria de la ciencia (...) en la feria de la ciencia manifestaron:

Jesús: “Esta muestra es de Luna del Mar, no huele a nada y es incolora, el pH que le medimos es de 8,4 o alcalina y al microscopio observamos unos animales pequeños creo que Rotíferos y otros microorganismos”

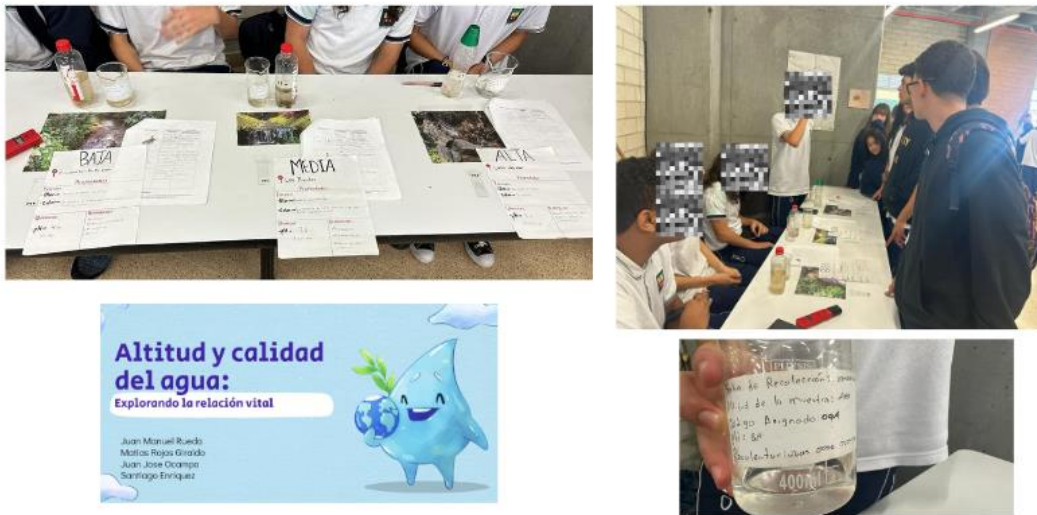
Juan José: “La muestra de la parte central es de los puentes, huele mucho a alcantarilla y es como amarilla y se ven puntos pequeños negros (...) el pH es de 7.8 más bien alcalina que ácida y no se veían animales moviéndose sino como algunos microplásticos y basuras”

Rueda: “Esta es la de cucaracho parte baja, huele horrible a aguas residuales, un pH con un número muy bajito de 4,6 ósea muy ácida,

Santiago: “(...) la muestra es turbia, de color marrón y se ven muchas cosas en el microscopio, pero sin movimiento y todas negras como basuras y contaminantes” (8T1DC)

Figura 10.

Feria de la ciencia



**Participación de los estudiantes en la feria de la ciencia escolar con el proyecto de investigación “Altitud y calidad del agua: explorando la relación vital”*

Estos enunciados están intrínsecamente relacionados con el proceso de hacer ciencia (Hodson 2013,2021), ya que al realizar el análisis del agua en diferentes ubicaciones de su comunidad y luego compartir y comparar sus hallazgos, están participando activamente en el proceso científico y contribuyendo a la construcción colectiva del conocimiento. Primero, los estudiantes realizan observaciones detalladas y mediciones precisas del agua en diversas ubicaciones dentro de su entorno, lo que les permite identificar una amplia gama de propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, como el pH, la presencia de microorganismos, microplásticos, macroinvertebrados, turbidez, olores y coloraciones diferentes. Luego, al analizar y comparar los resultados de sus investigaciones, los participantes descubrieron diferencias significativas en la calidad del agua entre las diferentes zonas de la comunidad, lo que sugiere una relación entre la altitud y la calidad del agua, esta

observación lleva al equipo de trabajo a formular una hipótesis sobre cómo la altitud puede influir en las propiedades del agua, lo que motiva la creación de un proyecto que los participantes titularon *Altitud y calidad del agua: explorando la relación vital*.

Finalmente, al presentar sus hallazgos en la feria de la ciencia, los participantes demuestran su capacidad para comunicar de manera efectiva los aportes de su investigación y compartir sus comprensiones en lo que se configura como un proceso de divulgación científica escolar, asimismo, los estudiantes están involucrados en todas las etapas del proceso científico, desde la observación y la recolección de datos, hasta el análisis, la interpretación y la comunicación de los resultados; además, destaca cómo la colaboración y la comparación entre diferentes perspectivas y experiencias pueden enriquecer la comprensión colectiva de un fenómeno y contribuir a la construcción social del conocimiento científico.

Esta actividad ubica a los participantes en un nivel superior en el criterio *hacer ciencia*, ya que, participan en el diseño y realización de investigaciones científicas escolares, así como en la comunicación de resultados y conclusiones al resto de la comunidad educativa. Adicionalmente, ellos propusieron y construyeron un filtro de agua como una acción de tipo activa frente a las conclusiones de la variación del agua en la vereda según la altura, por lo que el *desarrollo de la responsabilidad social y personal* sigue en un nivel alto.

Ahora bien, la iniciativa de *hacer ciencia* significa actuar sociopolíticamente, Zeidler, Sadler, Simmons y Howes (2005) exponen esto en el sentido de que las investigaciones científicas, los hallazgos y las tecnologías desarrolladas pueden influir en las políticas públicas, en la distribución de recursos, en la equidad social y en el bienestar de la población, lo cual se evidencia en las implicaciones adyacentes que resultaron de esta actividad, pues los estudiantes enlazaron conceptos que devienen del fenómeno del estrés hídrico, con asuntos de sociología interna y externa de la ciencia y los problematizaron en las discusiones sobre la autonomía que tiene un territorio sobre los recursos hídricos.

Por último, después de T3GD, los estudiantes motivados por solucionar las cuestiones debatidas decidieron escribir de forma colectiva una carta a la constructora bajo el seudónimo JEM, en la Figura 11 se observa en paralelo la carta realizada por los participantes y en la derecha una transcripción de algunos apartados relevantes. Esta redacción, según Fleck

(1979) y Kuhn (2019) se constituye en la construcción social del conocimiento bajo la idea de colectivo de pensamiento, pues los grandes avances científicos y las soluciones a los desafíos ambientales pueden surgir de la interacción de un colectivo de actores con diferentes conocimientos, experiencias y perspectivas. La carta incluía cuestiones muy marcadas ubicadas en un nivel superior sobre *aprender ciencia y aprender sobre la ciencia y la práctica científica*, donde destacaban los elementos que Acevedo-Díaz (2008) menciona en la naturaleza de procedimientos de los aspectos epistémicos y en los factores de sociología interna y externa de los aspectos no epistémicos.

Figura 11.

Carta construida por los estudiantes

I.E Alfonso Upegui Orozco
Cl. 64b #117-177, Santa Margarita,
Medellín, San Cristóbal
JEM
jemt2305@gmail.com
1 de noviembre del 2023

Presidente, Constructora Capital
Torres del Río, Calle 19 #43G, 169 Edificio
Medellín, Antioquia

Por medio de la presente queremos informar nuestras observaciones respecto a los cambios y afecciones en el territorio circundante al proyecto de Urbanismo 7 Lunas en la vereda Pajarito. Como estudiantes del grado 8º2 de la Institución Educativa Alfonso Upegui Orozco, hemos presenciado distintos fenómenos como pérdida de fauna y flora, deforestación y, sobre todo, mala calidad y contaminación del agua ya que en áreas donde hay mucha población, el pH del agua es más ácido, el agua es muy turbia, tiene mal olor, microplásticos y microorganismos indicadores de mala calidad.

Consideramos, que la Constructora Capital y el proyecto "7 lunas" fue responsable del cambio drástico del ecosistema en nuestra vereda y obligó a que la fauna migrará a otro territorio, también seco varios arroyos y fuentes hídricas del sector Pajarito. Si las construcciones continúan, el estrés hídrico del sector se podría elevar y como consecuencia se observaría como el cauce de los ríos disminuye hasta su desaparición.

Nuestro objetivo es informativo y si contamos con la suerte esperamos recibir una respuesta y ver acciones para mejorar la situación y evitar peores consecuencias.

Atentamente,

Jem S.A

**Se observa la construcción colectiva por parte de JEM (seudónimo dado por los participantes) de una propuesta dirigida a la constructora.*

JEM S.A: "Sobre todo, mala calidad y contaminación del agua ya que en áreas donde hay mucha población, el pH es más ácido, el agua es muy turbia, tiene mal olor, microplásticos y microorganismos indicadores de mala calidad." (9T3GD)

JEM S.A: "Si las construcciones continúan, el estrés hídrico del sector se podría elevar y como consecuencia se observaría como el cauce de los ríos disminuye hasta su desaparición" (10T3GD)

JEM S.A: "Esperamos recibir una respuesta y ver acciones para mejorar la situación y evitar peores consecuencias" (11T3GD)

De esta construcción se rescatan varios elementos propuestos por Hodson (2021), Acevedo-Díaz (2008) y Zeidler, Sadler, Simmons y Howes (2005). El enunciado 9T3GD aborda aspectos epistémicos propios de la naturaleza de procedimientos, referidos a la

relación entre la teoría y la experimentación en el proceso científico, lo cuál va más allá de memorizar hechos y significa involucrarse en un proceso activo y participativo de construcción del conocimiento, donde los estudiantes no solo adquieren información sobre conceptos científicos, sino que también desarrollan habilidades y actitudes que les permite comprender y aplicar esos conceptos en su contexto. Además, vinculan estos aspectos con el fenómeno del estrés hídrico (10T3GD), resaltando las consecuencias ambientales que devienen de las prácticas de la constructora que ellos mismos evidenciaron, analizaron y problematizaron. Finalmente, exigen respuestas y acciones (11T3GD) a los actores que sustentan ese uso de la ciencia en su contexto, lo cual pone en manifiesto, formas eficaces, apropiadas y socialmente responsables de responder a las discusiones sobre la soberanía hídrica en sus discursos.

Además, la redacción y construcción de esta carta se constituye en otro tipo de acción diferente a la de tipo directo mencionada. En este caso, la acción se remite a acciones indirectas como la participación en periódicos o la divulgación de problemáticas en la junta de acción comunal, con implicaciones sociopolíticas muy marcadas como resultado de su significado a largo plazo (Hodson 2013). Esta iniciativa es muy importante, ya que, ubica a los participantes en un nivel superior en el *desarrollo de la responsabilidad social y personal* pues a diferencia de las otras unidades de análisis, en esta se evidencian formas socialmente responsables de responder a la problemática del uso del agua, reflexionando sobre quién tiene la soberanía del recurso en su vereda y haciendo parte de las soluciones, orientadas hacia la acción sociopolítica, donde no solo proponen acciones directas como concientizar y construir filtros, sino que también emprenden acciones indirectas al redactar una carta a entes importantes en las decisiones, es decir que es el resultado de la integración de las acciones directas e indirectas a lo largo de las secuencias.

Este ejercicio implica para Hodson (2013,2021) y Ratcliffe y Grace (2003), tener en cuenta aspectos como la claridad en la exposición de ideas, la argumentación fundamentada en evidencia científica, la empatía hacia diferentes puntos de vista y la consideración de las implicaciones éticas y sociales de las decisiones, que va más allá de un enfoque CTS-A al enmarcar las consideraciones éticas en contextos que son propios del estudiante a partir del abordaje de CSC.

7 Conclusiones

Se concluye que el abordaje de una cuestión sociocientífica centrada en discusiones sobre la soberanía hídrica, permitió alcanzar los objetivos propuestos en la investigación promoviendo un enfoque integral basado en los niveles de sofisticación enunciados por Hodson como parte de la construcción de conocimiento científico escolar y, en consecuencia, en el aprendizaje de las ciencias. Para el primer objetivo específico, se identificaron en los enunciados de los estudiantes, reflexiones sobre la influencia de múltiples sectores como el político y económico al recurso hídrico en diferentes contextos, develando el impacto de las decisiones políticas y las fuerzas económicas sobre la disponibilidad y accesibilidad del agua para diferentes comunidades y regiones.

Los participantes discutieron cómo las políticas gubernamentales pueden favorecer a ciertos sectores económicos y sociales en detrimentos de otros, evidenciando la influencia de los intereses particulares en la gestión de los recursos, concluyendo que a pesar de que estas influencias varían según el contexto geográfico, social y cultural, las tensiones en torno a la soberanía hídrica se asemejan a lo que ocurre en la vereda Pajarito, donde identificaron como la disponibilidad de recursos, la distribución del poder y las prioridades políticas son ejes transversales a sus problemáticas y las del mundo.

Haciendo referencia al segundo objetivo específico, los participantes enunciaron en sus discursos algunos conocimientos científicos en torno al estrés hídrico, que tiene que ver con la calidad del agua y la evaluación de propiedades físicas como el olor, turbidez, y color, químicas atendiendo al pH y biológicas de acuerdo con la presencia o no de macroinvertebrados y microorganismos en las muestras recolectadas procedentes de fuentes hídricas aledañas a sus residencias e institución educativa.

Así, los participantes establecieron una relación muy importante entre el aprendizaje de la ciencia con las causas y consecuencias del uso y gestión del agua por parte de la constructora en su vereda, desatacando su influencia en el crecimiento del estrés hídrico en su comunidad, así como en la disminución de la soberanía que ejercen sobre sus propias fuentes de agua, concluyendo de esta manera, que el aprendizaje de la ciencia puede

integrarse a los asuntos controversiales o de dilema ético, político y ambiental, vislumbrado en la apropiación de conceptos científicos, así como de habilidades y actitudes que les permitió aplicar esos conceptos de manera efectiva en diversas situaciones, en un proceso activo de construcción del conocimiento.

Por último y atendiendo al tercer objetivo específico, los estudiantes se apropiaron del activismo sociopolítico desde la formación sociopolítica en las aulas, donde plantearon propuestas y acciones directas e indirectas en torno a la recuperación de la soberanía hídrica en su contexto, reconociendo la influencia de intereses económicos y políticos como punto de partida para orientar las CSC a la acción sociopolítica y la integración del aprendizaje de la ciencia, sobre la ciencia y el hacer ciencia en la contribución de la responsabilidad personal y social. Se puede concluir que al integrar la CSC en el currículo escolar, los estudiantes tuvieron la oportunidad de explorar problemas reales que afectan a la sociedad y que requieren una comprensión científica para ser abordados de manera efectiva. Al mismo tiempo, esta aproximación fomentó una comprensión más sólida de los fenómenos estudiados y que despertó su interés por la ciencia y facilitó su aprendizaje en este campo. Además, les permitió involucrarse en debates públicos sobre temas científicos, tomar decisiones informadas y desarrollar su responsabilidad individual y ciudadana.

Respecto a la orientación de las CSC a la acción sociopolítica, se concluye que, aunque una acción pueda no resolver un problema específico, llegar a una conclusión satisfactoria o generar un impacto ambiental significativo, aún puede tener un valor considerable en términos de desarrollo personal, fomento de actitudes positivas, promoción del compromiso y el desarrollo de la responsabilidad personal y social. Más allá de enseñar a los estudiantes la importancia de la resiliencia y la determinación para volver a intentarlo, las experiencias que evidenciaron la no resolución de problemáticas contextuales, también los motivó en la necesidad de movilizar a otros y participar en acciones colectivas, que suelen ser más efectivas que las acciones individuales y, en algunas circunstancias, pueden ser el único medio para lograr un cambio significativo.

Por otra parte, se concluye que, las discusiones sobre la soberanía hídrica en el contexto de la Institución Educativa Alfonso Upegui Orozco sirvieron de pretexto para abordar la NOS, en tanto posibilitó articular aspectos epistémicos en torno a la naturaleza del conocimiento y de los procedimientos, por ejemplo al abordar el fenómeno del estrés hídrico

y su interpretación desde la soberanía hídrica, y aspectos no epistémicos desarrollando factores de sociología interna y externa a partir del contexto histórico, social y cultural de la problemática del uso del agua y la influencia de intereses políticos y económicos en el estrés hídrico. Al abordar esta problemática, los estudiantes desarrollaron habilidades para tomar decisiones informadas y participar activamente como sujetos políticos, lo cual promovió una democratización del conocimiento científico.

Al abordar las CSC en el aula, se evidenció un incremento gradual en los niveles propuestos desde la rúbrica analítica en la responsabilidad personal y social y, en consecuencia, la integración de los niveles de sofisticación propuestos por Hodson (2021) durante las secuencias, vinculados desde la enseñanza y aprendizaje de la NOS. Así mismo, se promovió una educación científica más relevante y significativa, que no solo se centró en la adquisición de conocimientos teóricos, sino que también desarrollo habilidades para la vida real y una actitud responsable hacia el ambiente y la sociedad, permitiendo a los estudiantes comprender cómo la ciencia y la tecnología pueden tener impactos positivos o negativos en el mundo, lo que los prepara para enfrentar los desafíos científicos y tecnológicos de la sociedad contemporánea de manera crítica y ética.

El aporte que me deja este trabajo de investigación y la línea en que se desenvuelve es la importancia de la formación crítica y política desde procesos más humanizantes de la ciencia, pues al problematizar los usos de la ciencia e integrar aspectos de la naturaleza del conocimiento y naturaleza de procedimientos con factores de sociología interna y externa de la ciencia, se enriquecen las dinámicas metacientíficas en la construcción del conocimiento científico desde la escuela. A su vez, me permite concluir que las CSC nos movilizan como personas, tocando fibras emocionales en los dilemas éticos que pocas veces son abordados en las clases de ciencia, en el afán de querer complejizar el mundo bajo la creencia errónea de que solo se demuestra el conocimiento en maneras abstractas de representarlo.

En particular, el agua y el ejercicio soberano de este recurso son temáticas que me han acompañado durante toda mi carrera universitaria y en general, durante toda mi vida, convocándome a investigar, participar y, sobre todo, resistir en su defensa. En tiempos de racionamientos y de golpes de pecho, es el tiempo de recordar que el agua que debería importarnos no es solo la que llega a nuestras casas, que en Colombia los ríos son la alcantarilla del país, que mientras las ciudades no paran de crecer por las invasiones y la

expansión masiva de las constructoras, existe un acceso desigual al agua potable en zonas rurales y marginadas, sin contar que en las áreas urbanas los cuerpos de agua están expuestos a descargas industriales, vertimientos de aguas residuales sin tratar y prácticas agrícolas no sostenibles, como si fuera poco, el cambio climático exacerba estas problemáticas con el aumento de las temperaturas y los patrones de precipitación alterados, afectando la disponibilidad y distribución del agua en el país, así como la vulnerabilidad de las comunidades a eventos climáticos extremos. Por estas razones, considero muy satisfactorio y enriquecedor poder investigar sobre temas y problemáticas que me mueven como estudiante, habitante del mundo y futura maestra que construye su identidad a partir de estas reflexiones, posibilidad que pude desarrollar bajo la línea de investigación.

Por otra parte, la inclusión de una CSC en el entorno escolar, donde se abordan temas sociales controvertidos con conexiones conceptuales y procedimentales, refleja una comprensión profunda de la NOS en tanto recontextualiza los contenidos metacientíficos con más flexibilidad, rescatando sus potencialidades educativas desde los asuntos epistémicos y no epistémicos. En este sentido, el principal aporte de esta investigación a la línea sobre la epistemología y la historia en la enseñanza de la ciencia es hacer explícita la relación entre las CSC y la NOS, reconociendo la importancia de contextualizar el conocimiento científico y promover una comprensión reflexiva de cómo se produce y valida este conocimiento. Al hacerlo, se fomenta la humanización de los procesos y una alfabetización científica más profunda entre los estudiantes, lo que les permite comprender mejor el papel de la NOS en la sociedad contemporánea.

Se recomienda destacar de manera más explícita esta relación a partir de los estudios y líneas de investigación en el ámbito educativo que contribuyen a la formación de docentes en ciencias, pues, la manera en que se asume la ciencia es análoga con la manera en que se enseña, lo cual en muchas ocasiones representa obstáculos epistémicos -y el descarte de los no epistémicos- en la enseñanza de la ciencia y dificulta aún más, la integración de nuevos enfoques aportados desde la NOS al currículo escolar, lo que se traduce en una educación acrítica, descontextualizada y poco motivante inmersa en dinámicas sociales, económicas, tecnológicas, políticas y ambientales cada vez más exigentes.

A su vez, se recomienda ahondar en las acciones sociopolíticas que den lugar a resultados tangibles en la construcción de mundos mejores, pues a pesar de reconocer la

importación de la formación sociopolítica en los próximos ciudadanos del mundo, bajo ideas como la justicia social y la equidad, es necesario establecer redes pedagógicas con semilleros de investigación universitarios, asambleas y entes gubernamentales, donde los estudiantes sientan que realmente hacen parte de las soluciones y que, sus construcciones pedagógicas no se limitan a la creación estética, utópica y reflexiva, sino que trascienden a cambios en su calidad de vida, transitando hacia la creación de políticas públicas que respondan a los desafíos y problemáticas de su contexto.

Referencias

- Acevedo Díaz, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias.
- Acevedo Díaz, J. A., & García-Carmona, A. (2016). «Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica.
- Adúriz-Bravo, A. (2005). Una introducción a la naturaleza de la ciencia: La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica. (144 citas)
- Aikenhead, G. (2004). STS education: A rose by any other name. In *A vision for science education* (pp. 59-75). Routledge.
- Aleixandre, M. P. J. (2010). 10 ideas Clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas (Vol. 12). Graó.
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518-542. (224 citas)
- Amador-Rodríguez, R. Y., & Adúriz-Bravo, A. (2017). Concepciones emergentes de naturaleza de la ciencia (NOS) para la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 3499-3504.
- Arango, J. S. R. (2021). Reflexiones CTSA y el abordaje de Cuestiones Sociocientíficas para el desarrollo del activismo sociopolítico en las clases de Ciencias Naturales.
- Arango, P. A. H. (2021). EDUCACIÓN AMBIENTAL: DISCUSIONES SOBRE LA PROBLEMÁTICA DEL RECURSO HÍDRICO EN EL CONTEXTO LOCAL PARA LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA DE LOS ESTUDIANTES. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 3281-3291.
- Bejarano, M. A. G. (2016). La investigación cualitativa. *INNOVA Research Journal*, 1(2), 1-9.

- Beltrán Gordillo, D. G., Beltrán Gordillo, L. F., Guevara Molano, E., Quintero Oviedo, A. P., & Sandoval Aparicio, A. J. (2014). Soberanía hídrica: repercusión social del fenómeno de “estrés” hídrico en Colombia. *Acta Odontológica Colombiana*, 4(2), 29-42
- Beltrán Gordillo, D. G., Beltrán Gordillo, L. F., Guevara Molano, E., Quintero Oviedo, A. P., & Sandoval Aparicio, A. J. (2014). Soberanía hídrica: repercusión social del fenómeno de “estrés” hídrico en Colombia. *Acta Odontológica Colombiana*, 4(2), 29-42
- Bonilla-Jiménez, F. I., & Escobar, J. (2017). Grupos focales: una guía conceptual y metodológica.
- CAF. (2015). Inseguridad Económica del Agua en Latinoamérica: de la abundancia a la inseguridad. VII Foro Mundial del Agua. Corea: CAF
- CENSAT. (2006). La privatización de los patrimonios hídricos comunes en Colombia. Sitio Web Semillas.org.co. <https://www.semillas.org.co/es/la-privatizacin-de-los-patrimonios-hdricos-comunes-en-colombia>
- CHAVEZ, María Guadalupe (2001): Reflexión metodológica sobre la técnica del grupo de discusión en relación al discurso social común sobre música. Tesis de doctorado no publicada, Asesorada por Dr. Jesús Galindo Cáceres. Jiménez México, Universidad de Colima.
- Composto, C., & Trujillo, M. L. N. (Eds.). (2017). Territorios en disputa: despojo capitalista, luchas en defensa de los bienes comunes naturales y alternativas emancipatorias para América Latina. Bajo Tierra Ediciones.
- Creswell, J. W. (2018). *Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches+ a crash course in statistics*. Sage publications.
- Díaz-Moreno, N., & Jiménez-Liso, R. (2014). Las controversias sociocientíficas como contexto en la enseñanza de las ciencias. XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales, 693-701.
- Engel, T., Reid, P., Hehre, W., Rodríguez, A. R., Román, J. Z., & Pascual, A. B. (2006). *Química física*. Pearson Addison Wesley.
- Eustaquio Rojas, J. L. (2019). *Propiedades del agua*.

- FAO. (2013). Afrontar la escasez de agua. Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. Roma: Fao.
- Fensham, P. J. (1988). Approaches to the teaching of STS in science education. *International journal of science education*, 10(4), 346-356.
- Gallagher, J. J. (1971). The future special education system. *EDRS PRICE*, 15.
- Gallegos, M. (2013). Kuhn y la historiografía de la ciencia en el campo CTS. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*, 8(22), 153-177.
- Gallegos, Miguel. (2013). Kuhn and the historiography of science in the STS field. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*, 8(22), 153-177. Recuperado en 04 de abril de 2024, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-00132013000100009&lng=es&tlng=en.
- García Menéndez, P. (2001). Principales " giros " en la filosofía de la ciencia contemporánea.
- García-Carmona, A. (2021). Prácticas no-epistémicas: ampliando la mirada en el enfoque didáctico basado en prácticas científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1).
- Hodson, D. (1994). Seeking directions for change: The personalization and politicization of science education. *Curriculum Studies*, 2, 71 – 98.
- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International journal of science education*, 25(6), 645-670.
- Hodson, D. (2013). Science education as a call to action. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 10(3), 197-206.
- Hodson, D. (2021). Going beyond STS education: Building a curriculum for sociopolitical activism. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 20, 592-622.
- Irzik, G. & Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science for science education. *Science & Education*, 20(7-8), 591-607. (169 citas)

- Izquierdo Aymerich, M., García Martínez, Á., Quintanilla Gatica, M., & Aduriz Bravo, A. (2016). Historia, filosofía y didáctica de las ciencias: Aportes para la formación del profesorado de ciencias. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). 10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas. *Educatio Siglo XXI*, 29(1), 363-366.
- Kuhn, T. S. (2019). La estructura de las revoluciones científicas. Fondo de cultura económica.
- Lucatello. (2023). OPINIÓN ¿Jugar a ser dioses? Los riesgos de la siembra de nubes y las lluvias artificiales en México. CNN. <https://cnnespanol.cnn.com/2023/04/27/opinion-siembra-nubes-lluvias-artificiales-riesgos-mexico/#:~:text=En%20particular%2C%20la%20siembra%20de,sido%20documentado%20en%20algunos%20pa%C3%ADses.>
- Lundström, M., Ekborg, M. y Ideland, M. (2012). To vaccinate or not to vaccinate: how teenagers justified their decision. *Cultural Studies of Science Education*, 7, 193– 221
- Manrique, A. M. M., & Pineda, J. M. M. (2009). La técnica de grupo de discusión en la investigación cualitativa. Aportaciones para el análisis de los procesos de interacción. *Revista iberoamericana de educación*, 49(3), 1-7.
- Martínez Miguélez, Miguel. (2006). Validez y confiabilidad en la metodología cualitativa. *Paradigma*, 27(2), 07-33. Recuperado en 12 de abril de 2024, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S101122512006000200002&lng=es&tlng=es.](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S101122512006000200002&lng=es&tlng=es)
- Matthews, M.R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). En: *Advances in nature of science research* (pp. 3-26). Dordrecht, Springer. (134 citas)
- Murillo, D. (2015). Comentarios sobre la seguridad y la soberanía hídrica, un revés a la (in)governabilidad del agua. En *Gestión pública y social del agua en México* (pp. 34-43).
- Obregón, D. (2002). La construcción social del conocimiento: Los casos de Kuhn y de Fleck. *Revista colombiana de filosofía de la ciencia*, 3(7), 41-58.

- Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). Science education for citizenship: Teaching socio-scientific issues. McGraw-Hill Education (UK).
- Rodríguez, D. M., & Romero, A. E. (2023). Episodios científicos históricos y la enseñanza de la noción de ser vivo en básica primaria. AFHIC. Reflexiones filosóficas e históricas: ciencia, enseñanza de la ciencia y política científica. (pp. 427-442).
- Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). Metodología de la investigación. (Cuarta Edición). México: Graw-Hill.
- Shamos, M. H. (1995). The myth of scientific literacy. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.
- Tamayo, Ó. E., Sánchez, C. A., & Buriticá, O. C. (2010). Concepciones de naturaleza de la ciencia en profesores de educación básica. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia), 6(1), 133-169.
- UNEP.org. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [internet]. United Nations Environment Programme 2012 [actualizada noviembre de 2012; acceso junio 13 de 2013] Disponible en: <http://www.unep.org/>
- Zamtsu Ambiental. (2021). Importancia de la medición de la calidad del agua. Recuperado de <https://zamtsuambiental.com/importancia-de-la-medicion-de-la-calidad-del-agua/>
- Zarza, L., & Novo, C. (2023). ¿Qué es el estrés hídrico? Obtenido de <https://smartwatermagazine.com/q-a/what-water-stress>
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. Science education, 89(3), 357-377.

Anexos

Anexo 1. Rúbrica analítica

CRITERIOS	NIVELES					
	Superior		Alto		Bajo - Básico	
1. <i>Aprender Ciencias</i>	El estudiante evidencia una comprensión sólida de varios conceptos e ideas fundamentales sobre el estrés hídrico, la potabilización del agua y la soberanía hídrica. Además, tiene la capacidad de utilizarlos tanto en situaciones reales como simuladas.		El estudiante evidencia poca comprensión sobre algunos conceptos e ideas fundamentales sobre el estrés hídrico, la potabilización del agua y la soberanía hídrica. Además, adolece la capacidad de usarlos en situaciones simuladas.		El estudiante demuestra que no comprende los conceptos e ideas fundamentales sobre el estrés hídrico, la potabilización del agua y la soberanía hídrica.	
	7	6	5	4	3	2
2. <i>Aprendizaje sobre la ciencia y la práctica científica</i>	La información presentada da cuenta de las interacciones entre la tecnología, la sociedad y el medio ambiente, problematizando el uso de las ciencias y de los actores que la sustentan.		La información presentada da cuenta de las interacciones entre la tecnología, la sociedad y el medio ambiente.		La información presentada no da cuenta de las interacciones entre la tecnología, la sociedad y el medio ambiente.	
	7	6	5	4	3	2
3. <i>Hacer ciencia</i>	El estudiante participa en el diseño y la realización de investigaciones científicas escolares, así como en la comunicación de resultados y conclusiones al resto de la comunidad educativa.		El estudiante demuestra interés en el diseño y la realización de investigaciones científicas escolares, pero no participa en la comunicación de resultados y conclusiones al resto de la comunidad educativa.		El estudiante no participa ni demuestra interés en el diseño o realización de investigaciones científicas escolares.	
	7	6	5	4	3	2

4. <i>Abordaje de cuestiones sociocientíficas</i>	Los argumentos presentados dan cuenta de la capacidad crítica del estudiante para enfrentarse a aspectos científicos, personales, sociales, económicos, medioambientales y éticos sobre la soberanía hídrica en Colombia.	Algunos argumentos presentados dan cuenta de la capacidad crítica del estudiante para enfrentarse a algunos aspectos. sobre la soberanía hídrica en Colombia.	Los argumentos presentados son insuficientes para evidenciar la capacidad crítica del estudiante.			
	7	6	5	4	3	2
5. Responsabilidad personal y social	El estudiante evidencia en su discurso, formas eficaces, apropiadas y socialmente responsables de responder a la problemática del uso del agua en relación con la soberanía hídrica en su contexto, y las orienta a la acción sociopolítica (emprender acciones y evaluarlas).	El estudiante evidencia en su discurso, formas eficaces, apropiadas y socialmente responsables de responder a la problemática del uso del agua en relación con la soberanía hídrica en su contexto, pero no están orientadas a la acción sociopolítica.	No se evidencian en el discurso del estudiante formas eficaces, apropiadas y socialmente responsables de responder a la problemática del uso del agua en relación con la soberanía hídrica en su contexto.			
	7	6	5	4	3	2
6. Uso adecuado de la información	La información presentada es clara, precisa y es sustentada con aportes científicos.	La información presentada es clara, aunque algunos enunciados no son sustentados con aportes científicos	La información presentada se constituye en opiniones sin sustento científico.			
	7	6	5	4	3	2
7. Coherencia del discurso	Todos los argumentados están organizados de forma lógica en torno a una idea principal.	Una parte de los argumentos están organizados en torno a una idea principal de forma clara y lógica.	Los argumentos no están vinculados a una idea principal.			
	7	6	5	4	3	2
8. Uso de evidencias	Los argumentos están bien apoyados con	Casi todos los argumentos están	La mayor parte de los argumentos no están			

	información y evidencia científica relevante como estadísticas, noticias y/o ejemplos.	adecuadamente apoyados con varia información relevante, estadísticas y/o ejemplos.	apoyados en información ni evidencia científica y cuando si, no son relevantes.				
	7	6	5	4	3	2	1
9. Procesos discursivos y comunicativos	Se utiliza adecuadamente un léxico técnico y muy variado, sin incurrir en excesivas repeticiones e ideas redundantes.	Se usa correctamente el léxico técnico, aunque se repiten algunos términos con frecuencia.	Se emplea un vocabulario poco técnico o vulgar, repitiendo constantemente numerosos términos.				
	7	6	5	4	3	2	1

Anexo 2. Guía de laboratorio



GUIA DE LABORATORIO PROPIEDADES DEL AGUA.

Nombre del estudiante:

Grado:

Objetivo: Reconocer algunas propiedades físicas y químicas en una muestra de agua, así como algunos organismos presentes en ella.

Materiales:

- Portaobjetos
- Cubreobjetos
- Gotero
- Microscopio
- Papel absorbente
- pH-metro
- Muestra de agua

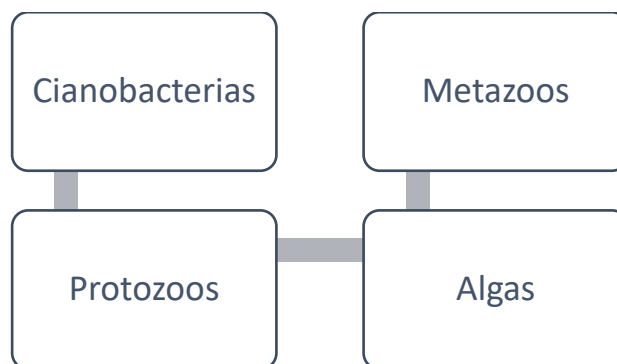
Pregunta inicial: ¿Cómo crees que se podría evaluar la calidad del agua? Describe el proceso.

1. Propiedades físicas del agua:

Describe como se ve la muestra (Color, materiales presentes en ella):	Describe su olor, asociarlo a otros olores conocidos:	Describe otra propiedad física que consideras importante mencionar:

2. ¿Qué hay en una gota de agua?

Dentro de una gota de agua procedente de estanques, cañadas, ríos o quebradas, se puede observar la gran diversidad existente en el mundo de los seres vivos. Los organismos más comunes pertenecen a alguno de los grupos siguientes:



Vamos a practicar:

Prepare un montaje en fresco con una gota de la muestra de agua colectada por cada uno/a, de la siguiente manera:

- Con un gotero eche una gota de agua en el centro del portaobjeto.
- Apoye luego el cubreobjeto en un ángulo de 45 grados con relación al portaobjeto y sosténgalo con un lápiz, de modo que haga contacto con el agua, como se muestra en la figura.
- Por último, déjelo caer lentamente. De esta manera, se evita la formación de burbujas que podrían dificultar la observación. Si queda agua por fuera del cubreobjeto, séquela con papel absorbente. Igualmente, seque el portaobjeto si este queda mojado por debajo, ya que la humedad impide su observación en el microscopio.

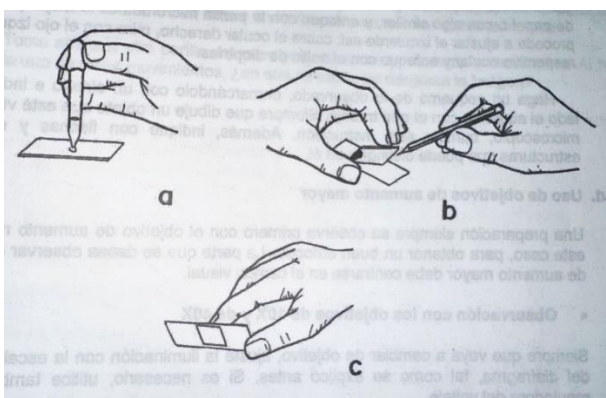


Figura 1. Preparación de una muestra en fresco.

Luego, observe con objetivos de 10X y 40X en el microscopio. Identifique los diferentes organismos presentes y describa si el organismo presenta locomoción (movimiento) y dibuja la forma de los diferentes organismos comparando su aspecto con el de las imágenes proporcionadas.

Dibujo del organismo:	Descripción de su forma y locomoción:	¿Cuál organismo identificaste? (De acuerdo con las imágenes)

--	--	--

3. Propiedades químicas del agua:

El pH es una medida que indica la acidez o la alcalinidad del agua. Con una disminución del pH, el agua se hace más ácida y con un aumento de pH el agua se hace más básica.



Figura 2. Tabla de pH

Para calcular el pH de la muestra de agua, utilizaremos un pH metro que es un instrumento utilizado para medir el pH de algunas soluciones acuosas.

Toma el dato de la muestra y responde:

- ¿Cuál fue el valor de pH para esta muestra?
- ¿Cómo interpretas este valor teniendo en cuenta la Tabla pH? ¿Esta muestra es apta para el consumo humano? Explique.

Anexo 3. Guía de preguntas grupo focal



1. ¿Qué posibles contaminantes encontraron en el agua colectada de la Vereda Pajarito?
2. ¿Qué pasará en unos años con la calidad de estas aguas?
3. ¿El agua analizada es apta para el consumo humano? Sí la respuesta es afirmativa, argumente las razones y si es negativa, ¿Qué haría para que fuera un agua potable? Describa sus propuestas.
4. ¿Qué acciones podríamos emprender para evitar una contaminación acelerada?

Situaciones problema:

- A. Juan vive en una montaña y diariamente toma agua directamente de la llave, ¿Juan está haciendo lo correcto?, ¿Qué le dirías al respecto?
- B. Un grupo de amigos iba todos los domingos a un charco ubicado en Altos de la Macarena, tenía unos 3 metros de profundidad, mucha vegetación y aguas cristalinas. Con el pasar de los años, el charco ya no era tan profundo, el color de sus aguas cambio a un verde espeso y finalmente a un café muy turbio, frecuentemente olía mal y ya no podían disfrutar de sus aguas. ¿A qué hecho en específico le atribuirías esta situación?, ¿Quién debe solucionar esta situación?, Si fueras la persona o entidad encargada de solucionarlo, ¿Qué harías? Describe el proceso que llevarías a cabo.
- C. Imagina que eres el propietario de un terreno muy grande en el cual tienes pensado construir una unidad residencial. Analizando el lugar, te das cuenta de que alberga una cantidad considerable de fuentes hídricas, diversidad de fauna y flora y que es atravesado por un río que es el sustento de varias familias. ¿Qué tendrías en cuenta a la hora iniciar con el proyecto de construcción?, ¿Qué decisión tomarías? Argumente teniendo en cuenta las propiedades fisicoquímicas del agua.

Anexo 4. Escenario Hipotético: Negociando un TLC que Afecta los Recursos Hídricos de Colombia

Los tratados de libre comercio (TLC) son acuerdos comerciales regionales o bilaterales que sirven para ampliar el mercado de bienes y servicios. Estos, pueden impactar positiva o negativamente en la soberanía o autonomía en un territorio.

Supongamos que, en el año 2024, Colombia se encuentra en medio de negociaciones centradas en establecer un Tratado de Libre Comercio (TLC) con Costa Rica. Este TLC podría tener un impacto significativo en los recursos hídricos de Colombia.

Los participantes en la negociación son:

Colombia: Representada por el gobierno colombiano.

Costa Rica: Representada por su delegación comercial de Costa Rica.

Asociación de Agricultores Colombianos: Representada por un grupo de agricultores colombianos.

ONG Ambientalista Colombia Sostenible: Representada por activistas ambientales colombianos.

Ciudadanos Colombianos: Representados por un grupo de ciudadanos comunes.

Empresa extractivista de Costa Rica.

Puntos clave para el debate:

Apertura del mercado agrícola: Costa Rica y la Unión Europea desean una mayor apertura del mercado agrícola colombiano para exportar productos alimentarios a Colombia, lo que podría aumentar la demanda de agua en la agricultura.

Regulación ambiental: La ONG Colombia Sostenible está preocupada por la falta de regulaciones ambientales estrictas en los acuerdos comerciales, que podrían afectar negativamente la calidad del agua y los ecosistemas.

Protección de los intereses nacionales: El gobierno colombiano busca garantizar la seguridad alimentaria y el acceso a agua potable para su población, sin comprometer los recursos hídricos a largo plazo.

Beneficios económicos y empleo: Las empresas multinacionales argumentan que la apertura del mercado agrícola generará empleo y crecimiento económico, lo que beneficiará a Colombia.

Los participantes con sus diferentes toles deben negociar y llegar a un acuerdo sobre los términos del TLC, teniendo en cuenta los intereses nacionales, económicos, ambientales y sociales. Deberán sopesar los beneficios económicos de la apertura del mercado con las posibles consecuencias para la disponibilidad y calidad del agua en Colombia, y encontrar un equilibrio entre el comercio y la sostenibilidad de los recursos hídricos.

Anexo 5. Consideraciones éticas



Protocolo de Compromiso ético y Consentimiento informado para participantes de investigación

Proyecto de Investigación:	Discusiones sobre la soberanía hídrica: Contribuciones de una cuestión sociocientífica a la formación de la responsabilidad social e individual.
Investigadores:	Daniela Jaramillo López, Investigador Principal

Señor/a acudiente, la siguiente información está dirigida a los/las estudiantes que participarán del proyecto, y se firma con su consentimiento:

Introducción.

Usted ha sido invitado a participar en el Proyecto de Investigación titulado *Discusiones sobre la soberanía hídrica: contribuciones de una cuestión sociocientífica a la formación de la responsabilidad social e individual*, desarrollado por Daniela Jaramillo López, estudiante en realización de Práctica Pedagógica Final de Licenciatura en Ciencias Naturales, de la Universidad de Antioquia.

El objetivo del estudio es Analizar la contribución de una cuestión sociocientífica centrada en discusiones sobre la soberanía hídrica a la formación de la responsabilidad social y personal en los estudiantes del grado Octavo de la Institución Educativa Alfonso Upegui Orozco.

En particular, en el proyecto interesa indagar sobre las reflexiones de los estudiantes acerca de algunos intereses políticos detrás del recurso hídrico, caracterizar sus conocimientos científicos en torno al estrés hídrico en el contexto en relación con su responsabilidad social y personal, y describir sus acciones en relación con la recuperación de la soberanía hídrica en Colombia.

Procedimientos.

Si Usted acepta participar en el estudio:

Se le solicitará que realice lectura de algunas noticias y posturas en torno al recurso hídrico en Colombia y que responda algunas preguntas en relación con el contenido de estos textos y sus apreciaciones sobre la responsabilidad social e individual.

Le invitaremos, también, a participar en un grupo de discusión, junto con otros estudiantes como usted, para conocer sus opiniones y experiencias acerca de las posibles relaciones de la responsabilidad social e individual y la soberanía hídrica. Es importante aclarar que no habrá respuestas correctas ni incorrectas, solamente queremos conocer sus consideraciones acerca del tema objeto de estudio.

Si Usted está de acuerdo, la discusión que se dé dentro de este grupo se realizarán registros fotográficos y se grabará en audio y video, con la única finalidad de tener registrada toda la información y poder analizarla.

Beneficios

De participar de todo el estudio los beneficios directos que recibirá Usted son los resultados de los hallazgos y análisis del estudio, y la posibilidad de contribuir a desarrollar una enseñanza de las ciencias más adecuada y contextualizada. No se contempla ningún otro tipo de beneficios.

Confidencialidad / Devolución de la información

La información obtenida en el estudio será de carácter confidencial, y se guardará el anonimato. Esta información será utilizada únicamente por el equipo de investigación del proyecto para el posterior desarrollo de informes y socialización de informes. Aun cuando no podemos garantizar que los otros asistentes al grupo de discusión guarden la confidencialidad de la información que se discuta, se les invitará a que eviten comentarla con otras personas. Para asegurar la confidencialidad de sus datos, Usted quedará identificado(a) con un número, o con un seudónimo, y no con su nombre, lo que garantizará el compromiso de los investigadores de no identificar las respuestas y opiniones de los participantes de modo personal.

Todos los análisis y resultados del estudio le serán dados a conocer en primera instancia a Usted, para su conocimiento y validación. Igualmente, una vez terminado el estudio, se hará un encuentro con todos los participantes para presentar los hallazgos y conclusiones; esto con la intención de recibir sus observaciones y sugerencias, las cuales serán tenidas en cuenta en el informe final.

Riesgos Potenciales/Compensación

Su participación en este estudio no involucra ningún riesgo o peligro para su salud física o mental. Los encuentros se realizarán en la Institución Educativa Alfonso Upegui Orozco, lo cual evitará que Usted tenga que desplazarse a otros lugares. Los riesgos potenciales que implican su participación en el grupo de discusión son mínimos; si alguna de las preguntas o temas que se traten le hicieran sentir un poco incómodo(a), tiene el derecho de no comentar al respecto. Igualmente, es importante precisar que Usted no recibirá pago alguno por participar en el estudio, y tampoco tendrá costo alguno para Usted.

Participación Voluntaria/Retiro.

Su participación en este estudio es voluntaria. Su decisión de participar o no, no afectará sus derechos como estudiante de la Institución Educativa Alfonso Upegui Orozco. Si Usted decide participar en este estudio, es libre de cambiar de opinión y retirarse en el momento que Usted así

lo quiera, sin recibir ningún tipo de sanción; en tal caso, la información que se haya recogido hasta la fecha será descartada y eliminada del estudio.

Datos de contacto:

Cualquier pregunta que Usted desee hacer durante el proceso de investigación podrá contactar a la estudiante Daniela Jaramillo López, Facultad de Educación, Universidad de Antioquia, e-mail: electrónico: daniela.jaramillo6@udea.edu.com

Agradecemos desde ya su colaboración, cordialmente:

Estudiante: Daniela Jaramillo López.

ACTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo _____, identificado/a con C.C. _____, acudiente del/la estudiante _____, acepto su participación voluntaria en la investigación *Discusiones sobre la soberanía hídrica: contribuciones de una cuestión sociocientífica a la formación de la responsabilidad social e individual*, desarrollada por la estudiante Daniela Jaramillo López, de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia.

Declaro haber sido informado/a de los objetivos y procedimientos del estudio y del tipo de participación. En relación con ello, acepto participar en las actividades individuales y en el grupo de discusión, y consiento que se realicen registros fotográficos y grabaciones en audio y vídeo.

Declaro haber sido informado que las fuentes de información como escritos, intervenciones en el grupo de discusión, registros fotográficos, grabaciones de audio y video, se constituyen en bases de datos para los propósitos señalados, y que estos datos que se recojan serán de carácter confidencial y no se usarán para ningún otro propósito fuera de los de este estudio.

Declaro haber sido informado/a que mi participación no involucra ningún daño o peligro para mi salud física o mental, que es voluntaria, que puedo hacer preguntas en cualquier momento del estudio y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mí. De igual forma declaro haber sido informado/a que por mi participación no tendré ninguna compensación económica.

Declaro saber que la información entregada será confidencial y anónima. Entiendo que la información será analizada por los investigadores en forma grupal y que no se podrán identificar las respuestas y opiniones de cada participante de modo personal.

Declaro saber que la información que se obtenga será guardada por el investigador responsable en dependencias de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia y será utilizada sólo para este estudio.

Este documento se firma en dos ejemplares, quedando uno en poder de cada una de las partes.

Nombre del participante	Identificación	Firma

Nombre del acudiente	Identificación	Firma

Nombre del Investigador Principal	Identificación	Firma

Para su constancia se firma a los ____ días el mes de _____, 2023.

Cualquier pregunta que Usted desee hacer durante el proceso de investigación podrá contactar a la estudiante Daniela Jaramillo López, Facultad de Educación, Universidad de Antioquia, E-mail electrónico: daniela.jaramillo6@udea.edu.com