



SECUENCIAS DIDÁCTICAS, EXPERIMENTACIÓN Y CUESTIONES SOCIOCIENTÍFICAS: UNA EXPERIENCIA EN LA FORMACIÓN INICIAL DE PROFESORES DE CIENCIAS

TEACHING SEQUENCES, EXPERIMENTATION AND SOCIO-SCIENTIFIC ISSUES: AN EXPERIENCE IN THE INITIAL TRAINING OF SCIENCE TEACHERS

SEQUÊNCIAS DE ENSINO, EXPERIMENTAÇÃO E QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS: UMA EXPERIÊNCIA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS

Roger Steve Guerrero Junca*

Guerrero Junca, R. S. (2025). Secuencias didácticas, experimentación y cuestiones sociocientíficas: una experiencia en la formación inicial de profesores de ciencias. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 20(3), pp. 48-60. <https://doi.org/10.14483/23464712.21979>

Resumen

El artículo presenta los resultados de una experiencia investigativa en el aula que tuvo como propósito integrar las cuestiones sociocientíficas (CSC) como enfoque para el diseño de secuencias didácticas (SD) con carácter experimental. La experiencia se desarrolló en el curso Didáctica de las Ciencias Experimentales, correspondiente al quinto semestre del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Corporación Universitaria Minuto de Dios. Metodológicamente, se realizó un análisis cualitativo de contenido sobre cuatro SD elaboradas por nueve estudiantes inscritas en el curso, a quienes se les propuso abordar una CSC como contexto para el diseño de una práctica experimental hipotética. Como resultado, se formulan reflexiones generales sobre las ventajas, desafíos y oportunidades que ofrece la integración de las CSC en la formación inicial del profesorado de ciencias como herramienta didáctica para la contextualización de la enseñanza experimental.

Palabras clave: cuestiones sociocientíficas, formación inicial del profesorado de ciencias, secuencias didácticas; didáctica de las ciencias, experimentación en el aula

Recibido: 14 de marzo de 2024; aprobado: 6 de agosto de 2025

* Magister en Educación, Corporación Universitaria Minuto de Dios- UNIMINUTO, Colombia, roger.guerrero@uniminuto.edu

Abstract

This article presents the results of a classroom-based research experience aimed at integrating socioscientific issues (SSI) as a framework for designing experimental Didactic Sequences. The study was conducted in the Didactics of Experimental Sciences course, part of the fifth semester of the Bachelor's Degree in Natural Sciences and Environmental Education at the Minuto de Dios University Corporation. Methodologically, a qualitative content analysis was carried out on four didactic sequences designed by nine students enrolled in the course. Each sequence was required to address a socioscientific issue that would contextualize a hypothetical laboratory activity. The findings include general reflections on the benefits, challenges and opportunities of incorporating SSI into initial science teacher education as a didactical tool for contextualization of the experimental teaching.

Keywords: socioscientific issues, initial science teacher education, Didactic Sequences, science education, classroom experimentation

Resumo

O artigo apresenta os resultados de uma experiência de pesquisa em sala de aula, que teve como objetivo integrar as questões sociocientíficas (QSC) como abordagem para o desenho de Sequências Didáticas experimentais. A experiência foi realizada no curso Didática das Ciências Experimentais, correspondente ao quinto semestre do Curso de Licenciatura em Ciências Naturais e Educação Ambiental da Corporación Universitaria Minuto de Dios. Metodologicamente, realizou-se uma análise qualitativa de conteúdo de quatro Sequências Didáticas elaboradas por nove estudantes matriculadas no curso, nas quais foi solicitado o tratamento de uma QSC como contexto para uma prática de laboratório hipotética. Como resultado, apresentam-se reflexões gerais sobre as vantagens, desafios e oportunidades que a integração das QSC oferece na formação inicial de professores de ciências como ferramenta didática de contextualização do ensino experimental.

Palavras chave: questões sociocientíficas, formação inicial de professores de ciências, Sequências Didáticas; didática das ciências, experimentação em sala de aula

1. Introducción

El presente ejercicio investigativo se enmarca en el campo de la formación inicial de profesores/as de ciencias naturales y la educación ambiental, donde persiste la necesidad de construir un discurso pedagógico y epistemológico coherente con la naturaleza y complejidad de ambas disciplinas (Mejía-Cáceres *et al.*, 2020). Este asunto ha sido objeto de reflexión por diversos colectivos académicos que buscan integrar enfoques críticos y contextualizados en la enseñanza de las ciencias.

Una de las contribuciones destacadas en este campo proviene del Seminario de Cuestiones Sociocientíficas, ofrecido por la Universidad Pedagógica Nacional y adscrito al Doctorado Interinstitucional en Educación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Desde este espacio, cuyos aportes se orientan a la sustentabilidad ambiental, se ha promovido la comprensión de las cuestiones sociocientíficas (CSC) como problemas complejos que requieren no solo del dominio conceptual de las teorías científicas, sino también de una lectura profunda de sus dimensiones sociales, políticas, económicas y ambientales (Martínez Pérez y Parga Lozano, 2013). En este sentido, se conciben las CSC como un eje articulador potente para repensar la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva crítica, interdisciplinaria y situada.

Con base en estos planteamientos, la investigación adopta el abordaje de las CSC como estrategia didáctica para orientar el proceso de formación inicial de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental en la Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO) - Bogotá. Específicamente, el presente trabajo se enmarca en el curso Didáctica de las Ciencias Experimentales, correspondiente al quinto semestre del plan de estudios, cuyo resultado de aprendizaje esperado (RAE) plantea que los estudiantes deben ser capaces de analizar situaciones cotidianas a

partir de principios de las ciencias experimentales (UNIMINUTO, 2020).

Desde esta perspectiva, se propone el diseño de secuencias didácticas (SD) centradas en problemáticas reales con implicaciones sociocientíficas, integrando la experimentación como herramienta pedagógica clave. Esta articulación permite no solo fortalecer el vínculo entre la teoría y la práctica en la formación docente, sino también promover una educación científica orientada al pensamiento crítico, la sustentabilidad y la participación ciudadana.

1.1 Cuestiones sociocientíficas y enfoque en Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA)

La educación científica atraviesa desde hace décadas una “crisis” ampliamente documentada, caracterizada por la desconexión entre los contenidos escolares y la vida cotidiana, la persistencia de visiones distorsionadas de la ciencia y la insuficiente formación crítica de los estudiantes (Claxton, 1994; Pozo, 2000). Este panorama ha motivado el surgimiento de múltiples propuestas pedagógicas y epistemológicas orientadas a replantear el sentido de enseñar ciencias en sociedades democráticas. En Colombia colectivos académicos, como el mencionado Seminario de Cuestiones Sociocientíficas, han impulsado esta perspectiva (Martínez Pérez y Parga Lozano, 2013). Dichos espacios conciben la enseñanza de las ciencias como un proceso que requiere tanto el dominio conceptual como la lectura crítica de las dimensiones sociales, políticas y ambientales de los problemas.

En este marco, emergen enfoques como *Ciencia, Tecnología y Sociedad* (CTS o STS, por sus siglas en inglés) y este con la suma del *Ambiente* (CTSA o STSE), que reivindican la necesidad de articular los saberes científicos con sus implicaciones sociales, culturales, éticas y políticas. Gallagher (1971, citado en Pedretti y Nazir, 2011) ya

advertía que para los futuros ciudadanos resultaba tan importante comprender las relaciones entre ciencia y sociedad como dominar los conceptos y procesos científicos. Aikenhead (2005) consolida esta visión, proponiendo una enseñanza de las ciencias centrada en el estudiante, vinculada con el contexto y promotora de la alfabetización científica para todos.

Paralelamente, la incorporación de cuestiones sociocientíficas se ha consolidado como una estrategia clave para resignificar la enseñanza de las ciencias. Estas se definen como problemáticas abiertas y controvertidas, con dimensiones éticas, sociales y ambientales, que demandan la toma de decisiones informadas (Sadler, 2011; Zeidler y Nichols, 2009). Investigaciones como las de Grace y Ratcliffe (2002) muestran que las CSC permiten desarrollar habilidades de argumentación, pensamiento crítico y participación ciudadana activa, trascendiendo la mera transmisión de contenidos hacia una ciencia más reflexiva y dialógica.

La convergencia de estos enfoques se expresa en experiencias de formación docente que integran CSC y STSE/CTSA como ejes para promover una educación científica crítica, situada y orientada a la sustentabilidad. Es así como Pedretti y Nazir (2011) identifican seis corrientes que orientan diferentes propósitos y estrategias de la educación científica. Estas corrientes permiten comprender la ciencia no solo como un cuerpo de conocimientos, sino como una práctica social situada, con implicaciones técnicas, históricas, culturales, éticas y políticas.

La corriente de aplicación/diseño enfatiza la resolución de problemas mediante la creación de nuevas tecnologías o la modificación de las existentes. Este enfoque también fomenta habilidades investigativas y técnicas, articulando el conocimiento científico con su aplicación práctica. Diversos estudios han mostrado que los proyectos de diseño tecnológico favorecen el

desarrollo de competencias cognitivas superiores y aprendizajes significativos, cuando se trabajan desde una perspectiva problémica y experiencial (Cajas, 2001). No obstante, Layton (1988) advierte que estas propuestas deben complementarse con reflexiones críticas sobre las implicaciones sociales y ambientales de la tecnología.

Existe igualmente una corriente histórica que busca comprender la ciencia a partir de su evolución en contextos sociales y culturales específicos. El uso de estudios de caso históricos, dramatizaciones o simulaciones permite que los estudiantes reconozcan la ciencia como un logro cultural e intelectual con valor intrínseco, y no como un conocimiento atemporal. Esta aproximación facilita que la enseñanza muestre la ciencia como una empresa humana atravesada por controversias, intereses y transformaciones.

En las corrientes de razonamiento lógico y centradas en valores se ubica el tratamiento de CSC. Una corriente enfatiza el análisis de evidencia empírica, la evaluación de riesgos y beneficios y la toma de decisiones informadas; mientras que la otra incorpora el razonamiento ético y moral en las discusiones. Ambas fortalecen la ciudadanía crítica, promoviendo la argumentación, el debate y la deliberación frente a problemas abiertos y controvertidos, como lo han mostrado investigaciones sobre CSC en la enseñanza de las ciencias (Sadler, 2011; Zeidler y Nichols, 2009; Grace y Ratcliffe, 2002; Barrue y Albe, 2013).

La corriente sociocultural plantea la necesidad de comprender la ciencia y la tecnología como prácticas insertas en contextos socioculturales más amplios. Aquí cobran relevancias narrativas diversas y sistemas de conocimiento alternativos, incluyendo los saberes tradicionales, que enriquecen la alfabetización científica y posibilitan un diálogo intercultural (Aikenhead y Ogawa, 2007). Este enfoque amplía la enseñanza de las ciencias hacia una perspectiva inclusiva y

reflexiva, que reconoce la pluralidad de visiones sobre la naturaleza y el conocimiento.

Finalmente, la corriente de socio-ecojusticia propone una educación científica comprometida con la acción transformadora frente a los problemas sociales y ambientales. A través de proyectos comunitarios, estudios de caso o experiencias basadas en el lugar, se busca que los estudiantes asuman un rol activo en la construcción de soluciones y en la defensa de la justicia social y ecológica (Pedretti y Nazir, 2011). Este enfoque vincula estrechamente la enseñanza de las ciencias con la sostenibilidad, la agencia y la emancipación ciudadana.

1.2 Cuestiones sociocientíficas y el rol transformador de la experimentación en la formación docente

Las cuestiones sociocientíficas constituyen una oportunidad formativa fundamental en la

preparación de docentes de ciencias, pues permiten trabajar problemáticas actuales, controvertidas y socialmente relevantes vinculadas a la actividad científica. Estas situaciones se distinguen por involucrar diversas perspectivas y dilemas de orden ético, social y ambiental, lo que exige a los futuros docentes desarrollar una mirada crítica e interdisciplinaria que oriente su tratamiento pedagógico (Barrue y Albe, 2013).

Para favorecer su incorporación en el aula, Grace y Ratcliffe (2002) han identificado una serie de características que permiten reconocer una CSC en el contexto educativo: se ubican en las fronteras del conocimiento científico, son ampliamente difundidas por los medios de comunicación, vinculan problemáticas locales y globales, generan posiciones divergentes entre los actores sociales y requieren tanto comprensión conceptual como análisis ético, argumentación y toma de decisiones fundamentadas. Estas particularidades desafían los marcos tradicionales de enseñanza y

Tabla 1. Corrientes STSE

Corriente	Enfoque	Objetivos de la educación científica
Aplicación/diseño	Resolver problemas mediante el diseño de nuevos tecnología o modificar la tecnología existente con énfasis en la investigación y las habilidades	Utilitario práctico; resolución de problemas; transmisión de disciplina; conocimientos y habilidades técnicas
Histórico	Comprender la historia y la incrustación sociocultural de las ideas científicas y el trabajo de los científicos	Logros culturales e intelectuales; valor intrínseco (interesante, emocionante, necesario)
Razonamiento lógico	Comprender los problemas; toma de decisiones sobre cuestiones sociocientíficas a través de la consideración de evidencia empírica	Ciudadanía; responsabilidad cívica; toma de decisiones (personales y sociales); Transacción de ideas
Centrado en el valor	Comprender los problemas; toma de decisiones sobre cuestiones sociocientíficas a través de la consideración de la ética y el razonamiento moral	Ciudadanía; responsabilidad cívica; toma de decisiones (personales y sociales); transacción de ideas
Sociocultural	Entender la ciencia y la tecnología como existir dentro de un contexto sociocultural más amplio	Logros culturales e intelectuales; transacción de ideas
Socio-ecojusticia	Criticar/resolver problemas sociales y ecológicos; problemas a través de la agencia o acción humana	Ciudadanía; responsabilidad cívica; resolución de problemas; transformación/agencia/ emancipación

Fuente: Pedretti y Nazir (2011)

demandan que la formación docente trascienda el dominio estrictamente disciplinar, integrando la deliberación y la reflexión crítica sobre el papel de la ciencia en la sociedad.

En este escenario, resulta necesario repensar también las herramientas pedagógicas que históricamente han acompañado la enseñanza de las ciencias, como la experimentación. Esta ha ocupado un lugar central en disciplinas como la física y la química, especialmente desde una visión positivista centrada en la verificación de hipótesis, la comprobación de teorías y la obtención de resultados objetivos y replicables (Bunge, 1972; Asensi Artiga y Parra Pujante, 2002). Dicha perspectiva ha permeado incluso los lineamientos curriculares oficiales en Colombia, como los estándares básicos de competencias (Ministerio de Educación Nacional, 2004) y los derechos básicos de aprendizaje (Ministerio de Educación Nacional, 2016), donde la experimentación aparece asociada casi exclusivamente a la manipulación de variables y a la verificación empírica.

No obstante, este enfoque resulta limitado cuando el propósito es formar ciudadanos críticos capaces de participar en debates sobre problemas sociocientíficos. Por ello, se hace necesario resignificar el papel de la experimentación en el aula, comprendiéndola no solo como un medio para validar teorías, sino como una estrategia pedagógica que permita a los estudiantes generar evidencia, cuestionar su entorno, deliberar sobre implicaciones sociales y tomar decisiones fundamentadas en contextos reales.

Desde esta perspectiva, la experimentación adquiere un valor transformador cuando se articula al análisis de CSC, ya que contribuye a que el profesorado en formación diseñe experiencias que trasciendan la ilustración de contenidos e integren dimensiones éticas, sociales y ambientales. Tal como señalan de Luca *et al.* (2021), este tipo de experiencias fomenta una participación reflexiva

del estudiantado, donde el conocimiento científico se convierte en una herramienta para comprender y transformar el mundo contemporáneo.

2. Metodología

Como antes se mencionó, esta investigación se desarrolló en el contexto del espacio académico Didáctica de las Ciencias Experimentales, correspondiente al quinto semestre del plan de estudios del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la UNIMINUTO. En el momento del estudio, el curso tenía como propósito central fortalecer las competencias didácticas de los futuros docentes en relación con el diseño de propuestas experimentales contextualizadas y con sentido educativo.

Durante la primera fase del curso, se abordaron elementos epistemológicos fundamentales para la enseñanza de las ciencias experimentales, incluyendo el papel de la experimentación en la construcción del conocimiento científico y su evolución histórica en el contexto escolar. Posteriormente, se profundizó en las tipologías de investigación científica escolar (exploratoria, descriptiva y experimental), siguiendo las orientaciones del CONICYT (2010), y se analizó cómo estas pueden ser adaptadas para el diseño de experimentos en el aula en función de la comprensión de situaciones de la vida cotidiana, tal como lo establece el resultado de aprendizaje esperado del curso (UNIMINUTO, 2020).

Como actividad integradora, se propuso a los estudiantes diseñar una secuencia didáctica que incorporara un proceso experimental contextualizado en una CSC. Esta debía articularse con una teoría científica específica y promover el desarrollo de competencias críticas y ciudadanas en los escolares. El diseño se estructuró con base en el formato propuesto por García-Martínez *et al.* (2018), el cual orienta una planificación

coherente entre objetivos, contenidos, actividades y evaluación.

Las SD elaboradas por los estudiantes fueron analizadas mediante una estrategia de análisis de contenido, utilizando categorías definidas por Cáceres (2003), en correspondencia con los criterios de evaluación didáctica planteados por Eugenio (2017). Esta estrategia metodológica permitió identificar patrones de coherencia entre los componentes conceptuales, experimentales y sociocientíficos de las propuestas.

Los criterios de análisis empleados fueron:

- Selección de contenidos científicos: identificación clara de la teoría científica (TC) que se busca abordar a través de la secuencia.
- Diseño experimental: coherencia entre la teoría científica y el experimento propuesto; uso pertinente de procedimientos, materiales y variables.
- Abordaje de la cuestión sociocientífica: articulación entre la problemática sociocientífica planteada, la teoría científica abordada y el sentido formativo del experimento.

- Secuenciación de actividades: relación ordenada entre la CSC, la teoría científica y el experimento, de modo que haya progresión conceptual, cuestionamiento crítico y una toma de decisiones fundamentada.

Este enfoque metodológico no solo permitió valorar técnicamente la calidad de los diseños, sino también comprender las decisiones pedagógicas de los futuros docentes, reconociendo sus concepciones sobre la experimentación y su potencial transformador en la enseñanza de las ciencias.

3. Resultados y análisis

Como resultado principal se obtuvieron cuatro (4) secuencias didácticas elaboradas por nueve estudiantes del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, en el marco del curso Didáctica de las Ciencias Experimentales. En la Tabla 2 se presenta un resumen estructurado de los principales componentes de cada secuencia, incluyendo la teoría científica abordada, el experimento propuesto, la cuestión sociocientífica contextualizadora y las actividades diseñadas.

Tabla 2. Estructura general de las secuencias didácticas obtenidas

SD	Título	Teoría científica	Experimento	CSC	Actividades propuestas
SD1	Consumismo y suelo	Propiedades físicas y químicas del suelo	Formación de lixiviados (demostrativo)	Contaminación del suelo en zonas cercanas a rellenos sanitarios	1. Lectura crítica: <i>La sociedad del consumo</i> 2. Informe: <i>La basura de nuestro hogar</i> 3. Laboratorio: Calidad del suelo y simulación virtual 4. Propuestas de consumo responsable
SD2	Humedal La Vaca	Calidad del agua	Filtro de agua casero (demostrativo)	Degradación de ecosistemas de humedal y pérdida de biodiversidad	1. Taller sobre ciclos del agua 2. Visita al humedal y cartografía social 3. Construcción de filtro de agua 4. Plenaria de soluciones
SD3	El Lago de Tota y los agroquímicos	Teoría ácido-base	Medición de pH (demostrativo)	Contaminación por agroquímicos y eutrofización del Lago de Tota	1. Cartografía social y salida de campo 2. Debate de problemáticas 3. Taller teórico sobre pH 4. Laboratorio de medición de pH 5. Texto argumentativo
SD4	Los cohetes y el cambio climático	Leyes de Newton	Cohete hidráulico (demostrativo)	Impacto del turismo aeroespacial en el cambio climático	1. Lanzamiento de avión de papel 2. Lectura: <i>Historia de la cohetaría</i> 3. Construcción del cohete hidráulico 4. Socialización y reflexión crítica

Fuente: elaboración propia

3.1 Análisis de la selección de contenidos científicos

Las teorías científicas seleccionadas reflejan una diversidad disciplinar y permiten observar distintos niveles de articulación entre ciencia, sociedad y ambiente. Las secuencias SD3 y SD4 abordan contenidos claramente situados en el campo de la química (teoría ácido-base) y de la física (leyes de Newton), mientras que las SD1 y SD2 se ubican en una zona intermedia entre la química, la biología y la educación ambiental.

En la SD3, la elección de la teoría ácido-base resulta pertinente dentro del enfoque CTSA, dado que este contenido suele estar presente en diversos productos cotidianos (alimentos, medicamentos, productos de limpieza). De modo que acudir a dicha teoría ayuda a relacionar el concepto de pH con decisiones informadas sobre el consumo, el uso de agroquímicos y su impacto ambiental. Esto coincide con las propuestas de Carrasco Monrroy *et al.* (2022), quienes señalan el potencial del concepto del pH como eje integrador entre teoría científica y alfabetización sociocientífica.

Por su parte, la SD4 propone una aproximación novedosa al relacionar las leyes de Newton con una problemática poco explorada en la enseñanza de la física: el turismo aeroespacial y su impacto en el cambio climático. Aunque existe una amplia tradición de propuestas didácticas para la enseñanza de las leyes del movimiento (Sebastiá, 2013), no se encontraron antecedentes que articulen este contenido con problemáticas ambientales y éticas contemporáneas. Esto otorga a esta SD un valor innovador y con potencial para la investigación didáctica, alineada con una perspectiva de ciencia comprometida.

3.2 Diseño experimental

Aunque se solicitó a las estudiantes el diseño de una práctica experimental que involucrara el

análisis de causalidad entre variables, todos los experimentos incluidos en las SD fueron de tipo demostrativo. Es decir, se centraron en reproducir dispositivos que validan un principio teórico previamente establecido, sin que se formularan hipótesis ni se propusieran diseños experimentales con control de variables independientes, dependientes y de control. No obstante, en todos los casos los experimentos fueron pertinentes y coherentes con la teoría científica que se pretendía abordar.

Si bien este tipo de experimentación demostrativa ha tenido un papel histórico relevante en la enseñanza de las ciencias, como medio para la demostración de principios, la visualización de fenómenos y la motivación del estudiantado (Surin, 1981, citado por Bellot Naranjo *et al.*, 2007), es fundamental que el profesorado en formación comprenda que la práctica experimental va más allá de la mera verificación. En el contexto de la educación científica contemporánea, la experimentación debe concebirse como una estrategia didáctica que permita manipular intencionalmente variables, analizar relaciones de causalidad y construir explicaciones sustentadas desde una mirada crítica (Tamayo y Tamayo, 2004; García Viviescas y Moreno Sacristán, 2020).

Además, para fortalecer el enfoque formativo de la práctica experimental, se hace necesario integrar elementos de la Historia y la filosofía de la ciencia (Paredes Arturo y García Martínez, 2022), de manera que las y los futuros docentes comprendan que el conocimiento científico es un proceso dinámico, contextual y construido socialmente. Esta perspectiva favorece una enseñanza de las ciencias más reflexiva, en la que el experimento no solo se convierte en una herramienta para comprobar, sino igualmente para problematizar fenómenos del entorno, vincularlos a CSC y fomentar en el estudiantado la toma de decisiones informadas.

En este sentido, uno de los desafíos pedagógicos identificados es el tránsito de un uso meramente ilustrativo del experimento hacia propuestas que integren la exploración, la contrastación de hipótesis y la generación de evidencia con propósito sociocientífico, para que así se puedan conectar los contenidos escolares con contextos reales y socialmente relevantes.

3.3 Abordaje de las cuestiones sociocientíficas y secuenciación de actividades

El análisis de las secuencias didácticas evidencia diversos niveles de integración de las CSC como contexto para la enseñanza de las ciencias. En el caso de la SD1, centrada en la contaminación del suelo por los lixiviados en zonas aledañas a rellenos sanitarios, se destaca un enfoque crítico inicial al vincular la problemática ambiental con el fenómeno del consumismo. Esta aproximación revela una comprensión ampliada del fenómeno, pues no se limita al análisis técnico de la contaminación, sino que reconoce su origen estructural en las dinámicas de producción y desecho propias del modelo neoliberal. Tal como advierten Martín-Sánchez *et al.* (2021), la sociedad actual promueve una pedagogía del consumo que exalta el hedonismo y la acumulación, con mediación de los medios de comunicación, lo que dificulta la formación de una conciencia ambiental crítica.

Aunque en un primer momento no se explicita el contenido científico asociado a la CSC, las estudiantes logran articular el problema al fenómeno de formación de lixiviados, de manera que abordan procesos de solubilización y transformaciones químicas y bioquímicas, lo cual permite una aproximación significativa desde la química ambiental. La secuencia construida (que parte de una reflexión general sobre el consumo, continúa con una indagación sobre los hábitos de las familias, integra una experiencia experimental y culmina con una propuesta de acción) evidencia

una lógica pedagógica coherente con los planteamientos de Zeidler y Nichols (2009), en tanto articula la dimensión conceptual, ética y práctica del conocimiento científico. Este enfoque de secuenciación (reflexión general – análisis local – evidencia científica – acción) se alinea con propuestas como la de Gormley *et al.* (2019), quienes señalan que el trabajo con CSC puede fomentar acciones concretas de transformación en las comunidades escolares, como el fortalecimiento de prácticas de reciclaje y la toma de decisiones informadas.

En las SD2 y SD3, las problemáticas propuestas (la degradación de los humedales urbanos y la contaminación de cuerpos de agua por agroquímicos), si bien son ambientalmente relevantes, presentan limitaciones respecto a la controversia, un componente central de las CSC (Grace y Ratcliffe, 2002). Esto se debe a que, aunque constituyen problemas socioambientales evidentes, en su formulación inicial no aparecen visibilizadas posiciones sociales divergentes ni se plantean explícitamente los conflictos de interés entre actores, por ejemplo, entre comunidades locales, autoridades ambientales, empresas agrícolas o instituciones gubernamentales. Al no incorporar de manera clara estos puntos de vista en tensión, las situaciones se aproximan más a estudios de caso ambientales que a verdaderas CSC. No obstante, se observa un esfuerzo por construir una aproximación situada en los problemas, al vincularlos con el entorno inmediato del estudiantado. La inclusión de salidas de campo y la cartografía social permite identificar actores sociales implicados, lo que evidencia el potencial de estas estrategias para caracterizar conflictos socioambientales y formular dilemas éticos y políticos.

Como señalan Martínez Pérez y Pacheco de Carvalho (2012), las CSC deben permitir al estudiantado identificar intereses en juego y tomar posición frente a ellos, lo cual requiere de

procesos de argumentación crítica. En este sentido, las secuencias propuestas muestran una estructura prometedora (teorización – problematización local – experimentación – deliberación) que puede ser fortalecida mediante la incorporación explícita de la controversia y la participación de voces diversas, incluyendo aquellas de las comunidades afectadas.

En ese sentido, la SD4 plantea una CSC robusta y actual como lo es el impacto socioambiental del turismo aeroespacial. Esta propuesta cumple con las características esenciales de una CSC: se sitúa en la frontera del desarrollo científico y tecnológico, tiene presencia mediática, genera posiciones encontradas, involucra actores diversos y plantea dilemas éticos de gran calado (Grace y Ratcliffe, 2002; Martínez P., 2014). La controversia entre el avance tecnológico y la sostenibilidad ambiental se vuelve patente al considerar la cantidad de residuos generados por los lanzamientos, la huella ecológica del turismo espacial y su carácter excluyente desde el punto de vista social (Toivonen, 2017; González Ghirimoldi y Di Bernardi, 2018; Malpica Ramírez y Nieto Lineros, 2014).

La secuencia de actividades en esta SD (que incluye modelización, integración de la historia de la ciencia, experimentación y reflexión) es consistente con las recomendaciones de Martínez Pérez y Parga Lozano (2013), quienes advierten sobre la necesidad de que los docentes de ciencias incorporen discusiones sobre las implicaciones éticas, culturales y ambientales de los desarrollos científicos. Esta estructura permite al profesorado en formación no solo abordar contenidos físicos (como las leyes de Newton), sino también problematizar sus aplicaciones y consecuencias, con lo que se favorece el pensamiento crítico y la formación ciudadana desde una perspectiva holística.

En conjunto, el análisis de las propuestas de secuencias didácticas evidencia aproximaciones

significativas al enfoque de CSC, aunque también se identifican oportunidades de mejora relacionadas con la explicitación de la controversia, la incorporación de actores reales o simulados en el aula y el fortalecimiento del análisis ético. Como señala Sadler (2011) al igual que Barrue y Albe (2013), el trabajo con CSC demanda un cambio epistemológico y pedagógico en la enseñanza de las ciencias, que va más allá de la transmisión de contenidos e implica la formación de ciudadanos capaces de participar en debates informados y responsables.

4. Conclusiones

En el marco de la formación inicial de profesoras y profesores de ciencias naturales y educación ambiental, las cuestiones sociocientíficas se consolidan como un recurso pedagógico clave para contextualizar y justificar actividades experimentales en la clase de ciencias. Su integración permite transitar de una visión tradicional de la experimentación, centrada en la mera demostración de teorías científicas, hacia una concepción más compleja, en la que el experimento puede generar evidencia científica debatible y fomentar la construcción de posiciones críticas frente a problemáticas socioambientales con componentes controversiales.

Si bien los experimentos demostrativos conservan un valor pedagógico al despertar la curiosidad del estudiantado y permitir la visualización de conceptos teóricos, se espera que los futuros docentes sean capaces de diseñar prácticas experimentales que impliquen la manipulación de variables, el uso de instrumentos, la recolección y análisis sistemático de datos, así como el desarrollo de modelos explicativos consistentes. Estas habilidades favorecen la generación de evidencia científica escolar con mayor rigor y contribuye a estar en la capacidad de asumir posturas informadas frente a controversias científicas contextualizadas.

Aunque las CSC abordadas en esta experiencia cumplen con varias de las características señaladas en la literatura especializada, se reconoce la necesidad de fortalecer en el profesorado en formación la capacidad de delimitar y plantear con precisión el núcleo de la controversia científica. Este elemento resulta fundamental, ya que se espera que la controversia constituya tanto el detonante de la reflexión como el eje articulador de la secuencia didáctica y, en particular, del proceso experimental.

Finalmente, el análisis de las secuencias didácticas diseñadas permite identificar cuatro estructuras de organización de actividades que muestran distintas formas de articular la experimentación con el trabajo en torno a cuestiones sociocientíficas. En la SD1 (consumismo y suelo) se observa una secuenciación basada en la reflexión general y particular, seguida de la incorporación de evidencia científica y la formulación de acciones. Esta estructura evidencia cómo es posible transitar desde un análisis crítico de problemáticas sociales amplias (como el consumismo) hacia la comprensión experimental de los impactos ambientales en el suelo y, posteriormente, la elaboración de propuestas de transformación.

Por su parte, la SD2 (humedal La Vaca) responde a una estructura de teorización, problematización local, experimentación y búsqueda de soluciones. En este caso, los referentes teóricos iniciales se complementan con la salida de campo y la cartografía social, lo que sitúa a los estudiantes en la problemática real del humedal y les permite experimentar mediante la construcción de un filtro casero, vinculando directamente la teoría con prácticas de análisis y mitigación.

En la SD3 (el Lago de Tota y los agroquímicos) predomina una estructura más compleja que avanza desde la problematización local hacia la problematización general, seguida de la fundamentación teórica, la experimentación y la

formulación de soluciones. Esta secuenciación permite escalar de la experiencia inmediata del territorio a un debate de mayor alcance, sustentado en la teoría ácido-base y la práctica experimental del pH, lo que favorece tanto la comprensión conceptual como el ejercicio argumentativo y deliberativo en torno a la eutrofización.

Finalmente, la SD4 (los cohetes y el cambio climático) se organiza en torno a la modelización, la integración de la historia de la ciencia, la experimentación y la reflexión. El diseño experimental con cohetes hidráulicos se complementa con el análisis histórico de la coherencia y culmina en una reflexión crítica sobre el turismo espacial y sus implicaciones socioambientales. Esto evidencia la potencialidad de integrar la dimensión histórica y cultural de la ciencia en el abordaje de CSC.

En conjunto, estas estructuras muestran que la incorporación de la experimentación en la enseñanza de las ciencias, cuando se orienta por el enfoque de CSC, puede ir más allá de la mera comprobación empírica. Su potencial radica en articular la comprensión conceptual con la problematización de contextos locales, el análisis de dilemas socioambientales y la deliberación crítica, generando experiencias formativas que fortalecen el rol ciudadano y transformador de la educación científica. En este sentido, estas propuestas son insumo para futuras investigaciones y experiencias de implementación que permitan analizar en la práctica su impacto formativo.

5. Referencias

- Aikenhead, G. S. (2005). Research into STS science education. *Educación química*, 16(3), 384–397. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2005.3.66101>
- Aikenhead, G. S. y Ogawa, M. (2007). Indigenous knowledge and science revisited. *Cultural studies of science education*, 2, 539-620. <https://doi.org/10.1007/s11422-007-9067-8>

- Asensi Artiga, V. y Parra Pujante, A. (2002). El método científico y la nueva filosofía de la ciencia. *Anales de documentación*, (5), 9–19. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63500001>
- Barrue, C. y Albe, V. (2013). Citizenship education and socioscientific issues: Implicit concept of citizenship in the curriculum, views of French middle school teachers. *Science & education*, 22, 1089–1114. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9571-4>
- Bellot Naranjo, D., Cantero Zayas, A., Losada Gómez, J. A. y Menéndez Parrado, A. L. (2007). El experimento demostrativo en las clases de ciencias naturales de secundaria básica: una variante metodológica para su desarrollo y perfeccionamiento. *Ensaio pesquisa em educação em ciências*, 9(2), 1–15. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=129516654009>
- Bunge, M. (1972). *La investigación científica. Su estrategia y su filosofía* (segunda edición). Ariel.
- Cáceres, P. (2003). Análisis cualitativo de contenido: una alternativa metodológica alcanzable. *Psicoperspectivas*, 2(1), 53–82. <https://doi.org/10.5027/psicoperspectivas-Vol2-Issue1-fulltext-3>
- Cajas, F. (2001). The science/technology interaction: Implications for science literacy. *Journal of research in science teaching*, 38(7), 715–729. <https://doi.org/10.1002/tea.1028>
- Carrasco Monrroy, P. A., Orellana Barahona, N. J. y Quintanilla-Gatica, M. R. (2022). Argumentación y aprendizaje de la Teoría Ácido-Base. *Educación química*, 33(2), 50–63. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.2.78138>
- Claxton, G. (1994). *Educación mentes curiosas: el reto de la ciencia en la escuela* (segunda edición). Visor Libros.
- Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO. (2020). *Microcurrículo para programas en modalidad virtual y a distancia: didáctica de las ciencias experimentales*.
- Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT). (2010). Guía de apoyo a la investigación científica escolar. <https://educrea.cl/wp-content/uploads/2017/10/DOC1-guia-apoyo.pdf>
- de Luca, A. G., dos Santos, S. A. y Del Pino, J. C. (2021). Experimentação contextualizada e interdisciplinar: considerações sobre a sua abordagem por professores da educação básica. En D. De Sousa Nobriega y L. Fernandes dos Santos (organizadoras), *Ciências em ação: perspectivas distintas para o ensino e aprendizagem de ciências* (pp. 259–270). Editora científica. <https://dx.doi.org/10.37885/210304033>
- Eugenio, M. (2017). Alfabetización científica y diseño de secuencias didácticas de investigación escolar para infantil en la formación inicial de maestros/as. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (número Extra), 2109–2114. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/336788>
- García Viviescas, A. X. y Moreno Sacristán, Y. A. (2020). La experimentación en las ciencias naturales y su importancia en la formación de los estudiantes de básica primaria. *Bio-grafía*, 13(24), 149–158. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.12.num24-10361>
- García-Martínez, A., Hernández-Barbosa, R. y Abella-Peña, L. (2018). Diseño del trabajo de aula: un proceso fundamental hacia la profesionalización de la acción docente. *Revista científica*, 33(3), 316–331. <https://doi.org/10.14483/23448350.12623>
- González Ghirimoldi, H. y Di Bernardi, A. (2018). *El turismo espacial como nuevo medio de transporte de pasajeros* [Conferencia de presentación]. 5to Congreso Argentino de Ingeniería Aeronáutica (CAIA), La Plata, Argentina. https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/73055/Documento_completo.pdf-PDFA2u.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gormley, K., Birdsall, S. y France, B. (2019). Socioscientific issues in primary schools. *Teaching and learning*, 2, 11–19. <https://doi.org/10.18296/set.0139>
- Grace, M. M. y Ratcliffe, M. (2002). The science and values that young people draw upon to make decisions about biological conservation issues. *International journal of science education*, 24(11), 1157–1169. <https://doi.org/10.1080/09500690210134848>

- Layton, D. (1988). Revaluing the T in STS. *International journal of science education*, 10(4), 367-378. <https://doi.org/10.1080/0950069880100404>
- Malpica Ramírez, M. C. y Nieto Lineros, J. (2014). Turismo espacial: desarrollo, retos, regulación jurídica y futuro. *Revista de derecho, comunicaciones y nuevas tecnologías*, (12), 1-16. <https://doi.org/10.15425/redecom.12.2014.03>
- Martínez P., L. F. (2014). Cuestiones sociocientíficas en la formación de profesores de ciencias: aportes y desafíos. *Tecné, episteme y didaxis: TED*, (36), 77-94. <https://doi.org/10.17227/01213814.36ted77.94>
- Martínez Pérez, L. F. y Pacheco de Carvalho, W. L. (2012). Contribuições e dificuldades da abordagem de questões sociocientíficas na prática de professores de ciências. *Educação e pesquisa*, 38(3), 727-742. <https://doi.org/10.1590/S1517-97022012005000014>
- Martínez Pérez, L. F. y Parga Lozano, D. L. (2013). *Discurso ético y ambiental sobre cuestiones sociocientíficas: aportes para la formación del profesorado*. Universidad Pedagógica Nacional. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/3433>
- Martín-Sánchez, M., Casares-Ávila, L. y Cáceres-Muñoz, J. (2021). Educación para el consumo sostenible desde la pedagogía crítica. *Educação e pesquisa*, 47, 1-17. <https://doi.org/10.1590/S1678-4634202147235557>
- Mejía-Cáceres, M. A., Andrade, C. y Freire, L. M. (2020). Formación inicial de profesores en ciencias: un análisis del discurso de los programas de educación ambiental de una licenciatura colombiana. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 15(3), 477-492. <https://doi.org/10.14483/23464712.14688>
- Ministerio de Educación Nacional. (2004). *Formar en ciencias: ¡el desafío!* https://www.mineduacion.gov.co/1780/articles-81033_archivo_pdf.pdf
- Ministerio de Educación Nacional. (2016). *Derechos básicos de aprendizaje*. V. 1. Ciencias naturales. https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2022-06/DBA_C.Naturales-min.pdf
- Paredes Arturo, N. M. y García Martínez, A. (2022). La explicación científica en profesores de ciencias. *Educación química*, 33(1), 90-101. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.1.76757>
- Pedretti, E y Nazir, J. (2011). Currents in STSE education: mapping a complex field, 40 years on. *Science education*, 95(4), 601-626. <https://doi.org/10.1002/sce.20435>
- Pozo, J. I. (2000). La crisis de la educación científica: ¿Volver a lo básico o volver al constructivismo? En M. Rovira Gabarró (Comp.), *El constructivismo en la práctica* (pp. 33-46). Laboratorio educativo y Graó.
- Sadler, T. D. (Ed.) (2011). *Socio-scientific issues in the classroom. Teaching, learning and research* (primera edición). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1159-4>
- Sebastiá, J. S. M. (2013). Las leyes de Newton de la mecánica: una revisión histórica y sus implicaciones en los textos de enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, (27), 199-217. <https://doi.org/10.7203/DCES.27.2241>
- Tamayo y Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación científica. Incluye evaluación y administración de proyectos de investigación*. Limusa y Noriega editores.
- Toivonen, A. (2017). Sustainable planning for space tourism. *Matkailutkimus*, 13(1-2), 21-34. <https://journal.fi/matkailutkimus/article/view/67850>
- Zeidler, D. L. y Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: theory and practice. *Journal of elementary science education*, 21, 49-58. <https://doi.org/10.1007/BF03173684>

