

PROPIUESTA DE UNA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS PARA APORTAR A LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CULTURA PARA LA ACCIÓN SOCIOPOLÍTICA

PROPOSAL OF SCIENCES TEACHING TO CONTRIBUTE TO THE CONSTRUCTION OF A CULTURE FOR SOCIOPOLITICAL ACTION

PROPOSTA DE ENSINO DAS CIÊNCIAS PARA CONTRIBUIR PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA CULTURA PARA A AÇÃO SOCIOPOLÍTICA

Boris Fernando Candela* 

Candela, B. F. (2025). Propuesta de enseñanza de las ciencias de carácter emancipador mediadora de una cultura para la acción sociopolítica. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 20(2), pp. 64-82.

<https://doi.org/10.14483/23464712.22148>

Resumen

Este estudio cualitativo e interpretativo se centró en explorar cómo una propuesta de enseñanza emancipadora, que aborda el contenido de las disoluciones desde una perspectiva interdisciplinaria, facilita la construcción de una cultura para la acción sociopolítica por parte de los jóvenes ciudadanos de grado once. La investigación se llevó a cabo con un grupo de 25 estudiantes de entre 16 y 18 años (17 niñas y 8 niños) de un sector vulnerable, un profesor con 34 años de experiencia y una propuesta de enseñanza-aprendizaje diseñada por el docente. La metodología del estudio de casos permitió una comprensión, en profundidad, de los significados y acciones llevadas a cabo por los estudiantes durante la experiencia con la que se buscó aportar a la construcción de una cultura para la acción política. La evidencia empírica se analizó utilizando la Comparación Constante. La recolección de la evidencia se realizó mediante un proceso sistemático de codificación abierta y selectiva utilizando el software ATLAS.ti. La codificación abierta implicó una comparación constante entre las propiedades de las unidades de análisis (momentos destacados en los videos de registro de las clases, entrevistas semiestructuradas y trabajos de los estudiantes) y las teorías sustantivas que definieron el problema de investigación. Este estudio teórico-empírico muestra que el diseño y la implementación de una propuesta de enseñanza, centrada en las disoluciones y fundamentada en un pensamiento crítico y eco-reflexivo, favorece el desarrollo de una cultura orientada hacia la acción sociopolítica en los jóvenes de grado once. Esta cultura, a su vez, sostiene una visión del mundo en la que el individuo se reconoce como sujeto de acción y responsabilidad, comprometido con el bienestar individual, social y biofísico.

Recibido: 09 de 05 de 2024; aprobado: 29 de 05 de 2025

* Magister, Universidad del Valle, Colombia, boris.candela@correounalvalle.edu.co

Palabras clave: enseñanza emancipadora, acción sociopolítica, interdisciplinariedad, problemas socioambientales, cultura de acción

Abstract

This qualitative and interpretive study focused on exploring how an emancipatory teaching proposal, which addresses the content of solutions from an interdisciplinary perspective, facilitates the construction of a culture for sociopolitical action by eleventh grade young citizens. The research was conducted with a group of 25 students between 16 and 18 years old (17 girls and 8 boys) from a vulnerable sector, a teacher with 34 years of experience, and a teaching-learning proposal designed by the teacher. The case study methodology allowed for an in-depth understanding of the meanings and actions carried out by the students during the construction of a culture for sociopolitical action. The empirical evidence was analyzed using Constant Comparison. The evidence was collected through a systematic process of open and selective coding using ATLAS.ti software. Such coding involved a constant comparison between the properties of the units of analysis (highlight moments from the class record videos, semi-structured interviews, and student work) and the substantive theories that defined the research problem. This theoretical-empirical study shows that the design and implementation of a teaching proposal, focused on dissolutions and grounded in critical and eco-reflective thinking, promotes the development of a culture oriented towards sociopolitical action among eleventh-grade students. This culture, in turn, upholds a worldview in which the individual is recognized as a subject of action and responsibility, committed to individual, social, and biophysical well-being.

Keywords: emancipatory teaching, sociopolitical action, interdisciplinarity, socio-environmental problems, action culture

Resumo

Este estudo qualitativo e interpretativo focou em explorar como uma proposta de ensino emancipadora, que aborda o conteúdo das soluções de uma perspectiva interdisciplinar, facilita a construção de uma cultura para a ação sociopolítica por jovens cidadãos do décimo primeiro ano. A pesquisa foi realizada com um grupo de 25 estudantes entre 16 e 18 anos (17 meninas e 8 meninos) de um setor vulnerável, um professor com 34 anos de experiência e uma proposta de ensino-aprendizagem projetada pelo professor. A metodologia do estudo de caso permitiu uma compreensão aprofundada dos significados e ações realizadas pelos estudantes durante a construção de uma cultura para a ação sociopolítica. A evidência empírica foi analisada usando a Comparação Constante. A evidência foi coletada através de um processo sistemático de codificação aberta e seletiva usando o software ATLAS.ti. Essa codificação envolveu uma comparação constante entre as propriedades das unidades de análise (eventos críticos dos vídeos de aula, entrevistas semi-estruturadas e trabalhos dos estudantes) e as teorias substantivas que definiram o problema de pesquisa. Os resultados indicam que o ensino interdisciplinar e a ação sociopolítica se entrelaçam em um contexto de reflexões críticas sobre as tecnociências. Este estudo teórico-empírico mostra que o desenho e a implementação de uma proposta de ensino, centrada nas dissoluções e

fundamentada em um pensamento crítico e eco-reflexivo, favorece o desenvolvimento de uma cultura orientada para a ação sociopolítica entre os jovens do 11º ano. Essa cultura, por sua vez, sustenta uma visão de mundo na qual o indivíduo se reconhece como sujeito de ação e responsabilidade, comprometido com o bem-estar individual, social e biofísico.

Palavras chave: ensino emancipatório, ação sociopolítica, interdisciplinaridade, problemas socioambientais, cultura de ação

1. Introducción

La enseñanza de las ciencias ha experimentado una evolución. Esta ha sido posible gracias a los avances en disciplinas como la filosofía, la sociología, la historia y la epistemología de las ciencias junto con las teorías pedagógicas críticas (Sjöström y Eilks, 2018). En este sentido, se ha generado un continuo de progreso de la enseñanza de esta área. Este comienza con el estudio de las ciencias centrado en el contenido. Luego pasa por los currículos que se focalizan en las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad (Solomon, 1996) y ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (Pedretti y Nazir, 2011). Finalmente, llega a los problemas sociocientíficos (Zeidler *et al.*, 2005) y la educación en ciencias de carácter emancipador (Valladares, 2021), en la actualidad. La última perspectiva curricular es un reconocimiento del papel clave que no solo desempeñan los contenidos de las ciencias naturales, sino también los de las ciencias sociales-humanas. Dicho papel es fundamental en la educación en ciencias para la ciudadanía responsable.

Valladares (2021) y Candela (2024) argumentan que la educación en ciencias, cuyo objetivo curricular es la apropiación de productos y procesos, tiende a ser apolítica, descontextualizada y exenta de valores. Esta perspectiva curricular suele orientar el diseño e implementación de propuestas de enseñanza-aprendizaje que, aunque no sea su intención, refuerzan el *status quo* dominante (Bencze y Alsop, 2009). En otras palabras, esta

perspectiva favorece la perpetuación y escalado de las políticas neoliberales, cuyo objetivo principal es incrementar las desigualdades sociales y fortalecer los diversos campos de opresión, como la clase, el género, la raza y la etnia (Galamba y Matthews, 2021). Esta situación impide que los estudiantes adopten el principio de autodeterminación y desarrollen el pensamiento crítico, aspectos claves para construir una cultura que respalde las acciones sociopolíticas de ellos mismos. Esto fundamenta la participación social y comunitaria de los estudiantes con el objetivo de resolver problemas sociocientíficos y socioambientales (Bencze, *et al.*, 2020).

Asimismo, los investigadores en educación en ciencias han señalado que la sociedad del riesgo se caracteriza por constantes avances en el ámbito tecnocientífico, producto de la explotación indiscriminada de los recursos naturales y humanos (Chávarro, 2018). Estos avances han generado una variedad de artefactos que ofrecen a los ciudadanos herramientas especializadas para sus diferentes contextos de actuación. Dichas herramientas facilitan la distribución de las demandas cognitivas asociadas a numerosas tareas laborales y profesionales.

A pesar de los avances significativos, el diseño de estos desarrollos tecnocientíficos ha incrementado la incertidumbre y las ansiedades sobre la estabilidad social y ambiental del planeta (Chávarro, 2018; Zidny *et al.*, 2020). De hecho, tanto la investigación en educación en ciencias

como los estudios sociológicos evidencian que el éxito de las ciencias y las tecnologías, en la denominada sociedad del riesgo, desencadena debates éticos, morales y políticos acerca de la utilidad de las tecnociencias para el bienestar de los ciudadanos y el desarrollo sostenible en general (Zidny *et al.*, 2020).

Las tecnologías nucleares, por ejemplo, generan riesgos ambientales como los desechos radioactivos. La distribución masiva de alimentos requiere el uso a gran escala de tratamientos químicos, que pueden tener efectos perjudiciales como la contaminación del suelo, monocultivos y amenazas de hábitat tanto para las plantas como para los asentamientos humanos (Bennett *et al.*, 2007).

Estos debates reflejan la creciente preocupación por cómo los avances tecnocientíficos pueden afectar a la sociedad y al medio ambiente, y subrayan la necesidad de una mayor comprensión y regulación de estas tecnologías (Bencze, 2017; Zidny *et al.*, 2020). En este contexto, la educación en ciencias juega un papel crucial en la formación de ciudadanos informados y responsables, capaces de participar activamente en estos debates y de tomar decisiones informadas sobre cuestiones de política científica y tecnológica.

De ahí que Hodson (2014) inste a los miembros del campo de la educación en ciencias y a los diseñadores de políticas educativas a alejarse del diseño de propuestas de enseñanza convencionales, donde se objetivan las ciencias como empresas tecnocientíficas, para que se acerquen hacia propuestas emancipadoras que faciliten la internalización de una cultura de acción social y política. Esta cultura permitirá a los ciudadanos participar en la toma de decisiones personales y sociales relacionadas con los intereses comunitarios de la salud, la alimentación, la energía, el agua, los recursos minerales, las tecnologías y las comunicaciones.

Por esta razón se considera que los vínculos curriculares entre las ciencias y la ciudadanía, en relación con la toma de decisiones informadas y de acciones, han ido estrechándose cada vez más (Collins y Evans, 2017; Tidemand y Nielsen, 2017). Esto lleva a que los estudiantes de diversos orígenes, y especialmente aquellos que asisten a las aulas de ciencias, se encuentren para comunicarse y compartir sus experiencias con otros. De hecho, este intercambio conduce a la formación de percepciones compartidas acerca de valores.

En este contexto, la escuela asume un papel crucial. Se convierte en el agente para que la comunidad haga disponible lo que ella misma o la sociedad en general ha logrado. Sin embargo, una escuela que separa el conocimiento de las formas de aplicabilidad no puede considerarse democrática (Collins y Evans, 2017; Dos Santos, 2009). Un ejemplo de esto sería el aprendizaje de las disoluciones sin conexión con la problemática generada por los agroquímicos o sin ningún sentido del uso social. Este tipo de enseñanza no solo limita la comprensión del estudiante, sino que también restringe su capacidad para aplicar el conocimiento en situaciones prácticas y relevantes para la sociedad.

Las anteriores ideas han suscitado un creciente interés entre los académicos en el campo de la investigación educativa en ciencias. Este interés se centra en la formulación de una orientación curricular de carácter emancipador para las ciencias (Dos Santos, 2009; Yore, 2012; Liu, 2013; Sjöström y Eilks, 2018). Dicha orientación no es solo una exigencia de la sociedad de riesgo, sino que también es fundamental para fomentar una ciudadanía activa y la participación democrática en la identificación y solución de los problemas sociocientíficos y socioambientales, generados por las tecnociencias (Valladares, 2021).

Para alcanzar este objetivo, los ciudadanos, apoyados en los conocimientos de las ciencias

naturales y sociales y en la sabiduría que les otorga la experiencia, desarrollan la capacidad de identificar, formular y resolver los tipos de problemas mencionados. Este proceso se lleva a cabo a través del diseño, implementación y evaluación de un plan de acciones sociales y políticas (Hodson, 2014; Levinson, 2018; Liu, 2013; Yore, 2012).

Por esto, se sostiene que la educación en ciencias debe cumplir un propósito tanto educativo como social (Candela, 2024; Liu, 2013). En esta línea de pensamiento, el diseño e implementación de propuestas de enseñanza emancipadoras brindarán a los jóvenes estudiantes la oportunidad de cultivar una cultura orientada hacia la acción sociopolítica. Esto les permitirá hacer visibles los problemas que, aunque presentes, suelen pasar desapercibidos en la sociedad del riesgo (Simonneaux y Simonneaux, 2017).

Además, los jóvenes ciudadanos estarán en la capacidad de llevar a cabo, de forma individual o colectiva, una reflexión crítica sobre los fundamentos científicos y tecnológicos que subyacen a determinados desarrollos tecnocientíficos. Esta tarea sociocognitiva contribuye a fundamentar la participación social y comunitaria de los ciudadanos en los debates políticos y éticos que rodean problemáticas complejas y globales como los alimentos genéticamente modificados, la contaminación del agua, el calentamiento del planeta, el uso de la energía nuclear y la investigación embrionaria (DeWitt y Archer, 2017; Levinson, 2010; Simonneaux y Simonneaux, 2017).

Es importante destacar que estos problemas, en su mayoría, involucran incertidumbres científicas y éticas así como factores económicos y culturales. Para que los estudiantes alcancen las metas de la educación en ciencias orientada a la acción sociopolítica, es esencial que el profesor o diseñador implemente propuestas de enseñanza

interdisciplinarias, ya que se exigen conocimientos de diferentes disciplinas para atender los problemas mencionados. Esto se logra, por ejemplo, con la interacción sinérgica entre las ciencias naturales y las ciencias sociales-humanas (Valladares, 2021). Por tanto, esta sinergia permite que los estudiantes comiencen a identificar y abordar problemas sociales y globales que trascienden las paredes del aula de ciencias (DeWitt y Archer, 2017; Hodson, 2009).

Las propuestas de enseñanza interdisciplinaria, a través de su diseño y puesta en escena de la secuencia de actividades de aprendizaje, incorporan valores intersubjetivos como la mente abierta, el razonamiento científico, el respeto y el criterio crítico (Marks y Eilks, 2009; Tidemand y Nielsen, 2017). Estos valores son fundamentales para el aprendizaje individual y el fomento la participación social y comunitaria en un aula democrática. Por lo tanto, educar para la participación democrática implica más que transmitir conocimientos; involucra brindar a los jóvenes ciudadanos la oportunidad de criticar, rechazar y tratar de solucionar los problemas sociocientíficos y socioambientales que emergen en el marco de la injusticia social e intergeneracional (Levinson, 2010; 2018). En este contexto, el proceso de identificación de las injusticias sociales y ambientales detrás de las situaciones de desigualdad se convierte en un paso crucial. Este proceso permite la generación de un plan de acciones sociales y políticas, con lo que se puede comenzar a lograr la emancipación de los jóvenes ciudadanos.

Por otro lado, las propuestas de enseñanza interdisciplinarias deben incorporar contenidos y procesos de las ciencias naturales. Estos están intrínsecamente ligados al desarrollo tecnocientífico, que a su vez está estrechamente relacionado con la generación de algunas de las problemáticas sociocientíficas y socioambientales actuales. En este sentido, un contenido como el de

las disoluciones químicas, que es el asunto sobre el que aquí se va a profundizar, se encuentra en la base epistemológica de varias problemáticas socioambientales.

Por ejemplo, el problema socioambiental del uso indiscriminado de los agroquímicos en la industria alimentaria proporciona un contexto apropiado para que los estudiantes de grado once participen en las controversias éticas, morales y políticas que ha generado este tipo de desarrollo tecnocientífico. La identificación de estas controversias se guía por el conocimiento canónico y el conocimiento experiencial que subyace a la problemática, incluyendo aspectos sociopolíticos, éticos, emocionales y disciplinares (Pedretti y Nazir, 2011).

Tomando en consideración lo desarrollado hasta aquí, esta investigación se propone abordar la siguiente pregunta: ¿Cómo facilita la propuesta de una enseñanza emancipadora, que aborda el contenido de las disoluciones desde una perspectiva interdisciplinaria, la construcción de una cultura para la acción sociopolítica por parte de un grupo de jóvenes ciudadanos de grado once?

2. Metodología

Esta investigación se enmarcó en el paradigma cualitativo e interpretativo, centrando su atención en la comprensión de cómo los estudiantes de grado once construyen una cultura para la acción sociopolítica. Este enfoque se alinea con los presupuestos epistemológicos, ontológicos y axiológicos de los estudios ideográficos (Cresswell, 2013). Estos presupuestos orientaron la elección del estudio de casos, ya que el propósito del estudio se centró en comprender en profundidad los significados y acciones llevadas a cabo por los estudiantes durante la construcción de una cultura para la acción sociopolítica. Los criterios de intencionalidad que permitieron tomar esta decisión metodológica son la accesibilidad a los

sujetos estudiados (25 estudiantes y un profesor), la disposición a invertir tiempo y cognición, y el conocimiento del profesor y de los estudiantes sobre la educación para la acción social y política.

El estudio se enfocó en un grupo de 25 estudiantes, entre 16 y 18 años (17 niñas y 8 niños), pertenecientes a una institución educativa del sector de Siloé, ubicado en la Comuna 20, al oeste de Cali, entre los cerros de Cristo Rey y Bataclán, en la ladera del Parque Los Farallones de Cali. La población de esta zona enfrenta elevados niveles de pobreza, violencia, opresión y discriminación, condiciones que contextualizan el entorno social de los participantes. Igualmente se contó con un profesor de 34 años de experiencia y una propuesta de enseñanza emancipadora diseñada por el docente¹, con la cual se buscó representar de manera equilibrada los contenidos de las ciencias naturales y sociales-humanas. Cabe mencionar que el diseño y la implementación de las actividades de aprendizaje se basaron en la interacción sinérgica entre el ciclo de aprendizaje y las fases de desarrollo en que se ve la construcción de una cultura para la acción sociopolítica (ver Tabla 1).

Tabla 1. Relación entre los ciclos del aprendizaje y la acción sociopolítica

Ciclo de aprendizaje	Ciclo de acción sociopolítica	Fundamentación teórica
Exploración	Modelación	Construcción de un lenguaje común y de referentes compartidos sobre la cultura sociopolítica mediante el análisis de casos reales.
Introducción	Práctica guiada	Desarrollo del pensamiento crítico y eco-reflexivo a través de la resolución guiada de problemas sociocientíficos o socioambientales planteados por el docente.

1 Aquí se encuentran la propuesta: <https://acortar.link/6GH8ff>

Ciclo de aprendizaje	Ciclo de acción sociopolítica	Fundamentación teórica
Aplicación	Aplicación	Fortalecimiento del pensamiento crítico y eco-reflexivo mediante la formulación y la resolución autónoma de problemas sociocientíficos o socioambientales propuestos por los estudiantes.

Fuente: elaboración propia

La propuesta se implementó durante 6 semanas, con 3 horas de clase semanales, entre marzo y abril de 2024. En ese periodo los datos fueron recogidos mediante observación participante. Además, se aplicó una entrevista semiestructurada a nueve estudiantes con niveles académicos alto, medio y bajo a los ocho días de haber finalizado la implementación de la propuesta de enseñanza. Las preguntas de la entrevista se diseñaron para evidenciar tanto la apropiación de la cultura

para la acción social y política por parte de los estudiantes, como las acciones pedagógicas empleadas por el profesor para mediar el proceso de enseñanza. Como fuentes secundarias, se utilizaron los trabajos de los estudiantes y los videos de las clases, grabados con dos cámaras: una fija y otra móvil.

2.1. Análisis

La recolección de la evidencia se realizó mediante un proceso sistemático de codificación abierta y selectiva utilizando el software ATLAS.ti. Dicha evidencia empírica se analizó utilizando la perspectiva analítica de la Comparación Constante (Glaser y Strauss, 1967). Por un lado, la codificación abierta implicó una comparación constante entre las propiedades de las unidades de análisis y las teorías sustantivas que definieron el problema de investigación. Este proceso analítico se llevó a

Tabla 2. Formación de categorías a través de la fusión de códigos

Categorías	Códigos
Categoría 1. La enseñanza interdisciplinaria y la acción sociopolítica se entrelazan en un contexto de reflexiones críticas sobre las tecnociencias	Conceptualización de la democracia representativa y deliberativa (estudiante-profesor), conceptualización de las acciones sociopolíticas (estudiantes), conceptualización de las políticas de desarrollo sostenible, evaluación y supervisión de los procesos industriales cuyos productos y desechos generan problemas ambientales, justicia social, los tipos de conocimiento interdisciplinar que fundamentan la reflexividad en la formulación y solución de un problema sociocientífico y socioambiental, ciclo de aprendizaje y de la cultura para la acción, enfoque comunicativo interactivo y dialógico
Categoría 2. Construcción de conciencia sociopolítica y ambiental a través de la integración crítica de conocimientos científicos y sociales en la educación química	Acciones sociocientíficas indirectas, el profesor andamia los conocimientos de las ciencias sociales-humanas, el profesor andamia la perspectiva de producir-consumir-obtener ganancias-desechar (la nueva estructura de la actividad científica) y el profesor media la comprensión de la relación Ciencia-Tecnología-Sociedad-Innovación (C-T-S-I), justicia social, los jóvenes establecen una relación entre los ámbitos de las tecnociencias y las injusticias sociales, la relación entre la producción industrial, los problemas socioambientales y la toma de conciencia de los problemas socioambientales, el enfoque comunicativo interactivo y dialógico
Categoría 3. La construcción de una cultura sociopolítica a través de una enseñanza emancipadora se presenta como un enfoque crítico para resolver problemas socioambientales	Acciones sociocientíficas indirectas, diseño de un plan de acciones sociopolíticas, estudiantes que identifican obstáculos para implementar el plan de acciones sociopolíticas, identificación de los factores que generan la problemática ambiental de la contaminación del agua, cultura de la acción sociopolítica, los estudiantes proponen acciones sociocientíficas con el propósito de dar solución a la problemática de la contaminación del agua, toma de conciencia de los problemas socioambientales y toma de conciencia del diseño de un plan de acciones sociocientíficas

Fuente: elaboración propia

cabo de manera iterativa, generando una serie de códigos que luego se fusionaron semánticamente para generar unas categorías (ver Tabla 2). Por otra parte, la codificación selectiva asignó el conjunto de citas y memos a estas categorías, entre las que se establecieron relaciones semánticas. Dichas relaciones permitieron el desarrollo reflexivo de las categorías de manera narrativa, dejando ver las voces del investigador, de los autores utilizados en el marco teórico y de los sujetos investigados: al mismo tiempo se documentaron los significados vinculados con la comprensión de la apropiación de una cultura para la acción sociopolítica en los estudiantes de grado once.

3. Discusión y resultados

El desarrollo teórico-empírico de las categorías ofrece una comprensión profunda de la influencia que el diseño y la implementación de una

propuesta, de enseñanza emancipadora sobre las disoluciones químicas, tiene en la apropiación de una cultura para la acción sociopolítica por parte de un grupo de estudiantes de grado once. El desarrollo mencionado se manifiesta en un género narrativo, configurado a través de la interacción sinérgica entre las voces del investigador, de los sujetos investigados y de los autores de la literatura existente. Este relato representa los significados generados en la interacción de las tres voces durante la investigación.

3.1 La enseñanza interdisciplinaria y la acción sociopolítica se entrelazan en un contexto de reflexiones críticas sobre las tecnociencias

La propuesta pedagógica para la enseñanza emancipadora de las disoluciones integró de manera sinérgica el ciclo de aprendizaje (exploración, introducción y aplicación) con

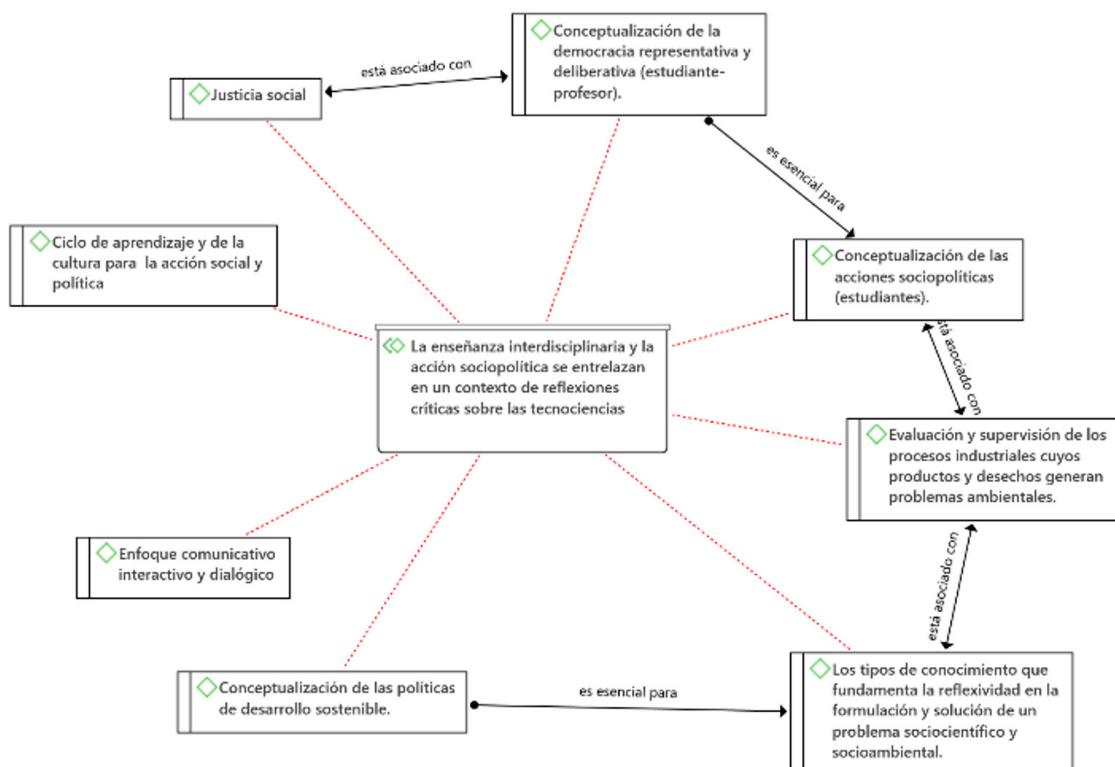


Figura 1: Red semántica de la Categoría 1

Fuente: elaboración propia

el desarrollo de una cultura para la acción sociopolítica (modelación, práctica guiada y aplicación), siguiendo el modelo de apropiación cultural de Hodson (2014). Durante las fases de modelación y práctica guiada, los estudiantes de grado once comenzaron a apropiarse de la retórica propia de esta cultura, lo que evidenció la necesidad de diseñar actividades que no solo faciliten la comprensión de los contenidos científicos, sino también la adquisición de competencias para acciones sociales y políticas, ya sean directas o indirectas, individuales o colectivas. En este sentido, la actividad “Cali: la ciudad de los siete ríos – un análisis crítico” permitió a los estudiantes aplicar constructos como la democracia representativa y deliberativa, la justicia intergeneracional y las políticas públicas relacionadas con el desarrollo sostenible y la participación social y comunitaria.

Profesor: Proporcionen un ejemplo específico de acciones sociopolíticas, tanto directas como indirectas, que los ciudadanos podrían realizar para resolver el problema de la contaminación del agua causada por la agroindustria alimentaria.

Estefanía - estudiante: Yo creo que se podrían hacer cosas como limpiar las quebradas, promover el uso responsable del agua y educar a otras personas sobre la importancia de cuidar este recurso. Pero para hacer todo eso, es importante conocer un poco sobre ciencias sociales y las leyes que regulan el uso del agua.

Profesor: Muy bien, Estefanía. De las acciones que mencionaste, ¿cuáles creen que son directas y cuáles indirectas? ¿Por qué?

Claudia - estudiante: Pues, formar grupos para hacer esas actividades.

Profesor: ¿Por qué consideras que formar grupos es una acción?

Claudia - estudiante: Porque cuando los ciudadanos se unen, están intentando solucionar un problema juntos.

Profesor: ¿Alguien más quiere aportar?

Jhoana - estudiante: En Santiago de Cali, por ejemplo, los ciudadanos podrían participar activamente en

la conservación del agua. Podrían organizarse en grupos de voluntarios para limpiar los ríos, presionar a las autoridades para que hagan políticas que cuiden el agua y también hacer campañas para que más gente entienda por qué es importante conservarla.

Profesor: Gracias, Jhoana. Jonathan, ¿escuchaste la respuesta? ¿Podrías decir cuáles de esas acciones son directas y cuáles indirectas, y por qué?

Jonathan - estudiante: Profesor, la verdad aún no entiendo bien la diferencia.

Profesor: Sara, ¿podrías ayudar a Jonathan a entender?

Sara - estudiante: Claro. Yo pienso que las acciones directas son las que hacemos nosotros mismos, como ir al río y recoger basura. Es una interacción directa con el ambiente. En cambio, las acciones indirectas son las que buscan influir en otros, como educar a la gente con campañas, crear contenidos en redes sociales o hacer movilizaciones para convencer a los políticos de que deben descontaminar los ríos. (Video de clase, marzo de 2024)

Esta orientación interdisciplinaria en la enseñanza, que involucra los conocimientos de las ciencias naturales y los de las ciencias sociales-humanas, permite a los estudiantes abordar de manera informada y comprometida el problema de la contaminación del agua en los ríos de Cali, mediante el diseño e implementación de acciones sociopolíticas que, aunque hipotéticas, buscan resolver esta problemática socioambiental. Este enfoque coincide con los argumentos de Candela (2024), quien sostiene que “este tipo de conocimiento interdisciplinario no solo fundamenta la toma de decisiones, sino que también contribuye a la generación de un plan de acciones directas e indirectas para resolver el problema” (p. 170).

Por otra parte, la internalización de la interdisciplinariedad, tanto con las ciencias experimentales como con las sociales, permite a los jóvenes reflexionar sobre cómo, desde el inicio de la industrialización, las sociedades

hegemónicas han ejercido un poder material y simbólico sobre las clases minoritarias. Este poder ha fomentado la creencia de que los avances en ciencia y tecnología están destinados a resolver diversos problemas como los relacionados con la salud, la seguridad alimentaria, el medio ambiente y las comunicaciones. A partir de esas ideas se ha promovido la idea de que las tecnociencias fortalecen los procesos democráticos. Sin embargo, las características de la sociedad del riesgo actual sugieren que las tecnociencias pueden ser inherentemente antidemocráticas.

En este contexto, los estudiantes han argumentado que, aunque los avances tecnocientíficos brindan ciertas comodidades a los ciudadanos, también generan incertidumbres, temores y riesgos. Beck (1992) sostiene que estos avances tienen efectos secundarios en áreas como la salud, la seguridad alimentaria, el medio ambiente y la identidad cultural, entre otras. Siguiendo este razonamiento, se considera que las tecnociencias son inherentemente antidemocráticas, una idea que coincide con los argumentos de Tafoya (2012). Este autor señala que, aunque los avances tecnocientíficos resuelven problemas industriales, estas soluciones tienen un alto costo. En efecto, muchos productos derivados de la relación entre ciencia, tecnología, industria y política generan grandes beneficios económicos para las corporaciones transnacionales, pero a expensas del extractivismo de los recursos naturales y la aparición de problemas sociocientíficos y socioambientales que amenazan todas las formas de vida en el planeta.

Investigador: Valentina, ¿qué relación ves entre la tecnología de los fertilizantes y los problemas ambientales a nivel local, nacional y global?

Valentina - estudiante: Pues yo creo que el costo oculto de los fertilizantes en la agroindustria es muy grande. O sea, sí ayudan a producir más comida, pero también contaminan el agua. Y eso es un problema enorme que afecta a todos.

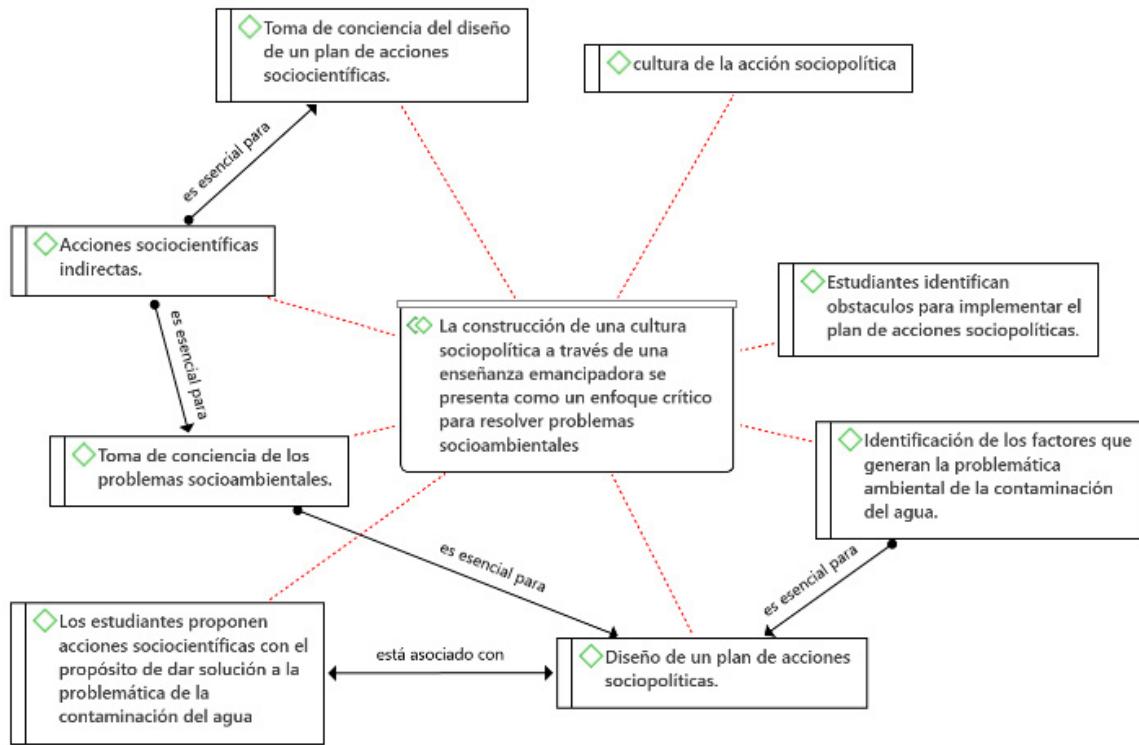
Investigador: Mauricio, ¿qué opinas sobre lo que dice Valentina?

Mauricio - estudiante: Estoy de acuerdo con ella. Los fertilizantes químicos que se usan en la agricultura ayudan a que las cosechas crezcan rápido, pero también contaminan el agua. Cuando los echan en los cultivos, se disuelven y llegan a los ríos, afectando a todos los animales y plantas que viven ahí. Entonces, se está viendo que los fertilizantes están causando problemas graves. Al principio, sufren más los pobres, pero al final nos afecta a todos en el planeta. (entrevista semiestructurada, abril de 2024)

Asimismo, la propuesta de enseñanza emancipadora involucra a los estudiantes en debates reflexivos que les permiten comprender el papel fundamental de las ciencias experimentales y sociales-humanas en la solución de problemas sociocientíficos y socioambientales. Esto es posible gracias a las tareas problema que estructuran las actividades de aprendizaje y al enfoque comunicativo interactivo y dialógico. Según Scott *et al.* (2006), esta perspectiva se basa en una comunicación ideal, donde las diferentes ideas y significados y la sabiduría práctica, tanto de los estudiantes como del profesor, tienen igual importancia en la formulación del problema y en el diseño e implementación del plan de acciones sociopolíticas. Estas acciones buscan resolver, de manera real o hipotética, la cuestión sociocientífica o socioambiental correspondiente.

3.2 Construcción de conciencia sociopolítica y ambiental a través de la integración crítica de conocimientos científicos y sociales en la educación química

El análisis de los datos empíricos indica que el establecimiento de un lenguaje común es uno de los factores que median el desarrollo de la cultura para la acción sociopolítica en los estudiantes de grado once. Para ello, el profesor de química implementa una propuesta emancipadora de

**Figura 2.** Red semántica de la Categoría 2**Fuente:** elaboración propia

enseñanza y aprendizaje de las disoluciones, basada en un enfoque de comunicación interactivo y dialógico. Este enfoque facilita que los jóvenes comiencen a comprender que las políticas de desarrollo de los países occidentales y algunos orientales se fundamentan en el modelo económico neoliberal capitalista. En este contexto, dichas políticas han propiciado la privatización de instituciones gubernamentales responsables de áreas como las comunicaciones, la salud, el medio ambiente, la cultura y la economía, entre otras. La administración y gestión de estos ámbitos se ha delegado a la industria privada, cuyo objetivo principal es obtener beneficios a través del funcionamiento de estas instituciones.

Asimismo, los estudiantes han comenzado a creer que los beneficios mencionados han aumentado porque el gobierno y las cámaras del Senado

otorgan total autonomía administrativa y permiten la explotación ilimitada de los recursos naturales. En otras palabras, que los poderes ejecutivos y los poderes legislativos han reducido la regulación y evaluación de los procesos industriales. Esta creencia probablemente se ha generado porque el profesor dirige la discusión de las tareas problema, con el objetivo de que los jóvenes comprendan que el funcionamiento del sector industrial se basa en la premisa de producir a gran escala, para generar en los ciudadanos la necesidad de consumir una gran variedad de productos de manera excesiva. Este consumismo ilimitado produce grandes beneficios económicos para los propietarios de las industrias privadas, mientras que para la sociedad crea montañas de desperdicios de todo tipo. Dicha situación se traduce en un conjunto de problemáticas sociocientíficas y socioambientales a nivel local, nacional y global. Justamente se

buscó que los jóvenes adquirieran conciencia sobre estas ideas y realidades.

Los ciudadanos enfrentan varios problemas cuando quieren reducir la contaminación del agua en sus comunidades. Por ejemplo, muchas veces no tienen el dinero para usar tecnologías que limpian el agua o para aplicar formas de agricultura que no dañen el medio ambiente. Además, las industrias que contaminan a veces no quieren que pongan reglas más estrictas para controlar lo que hacen. Por eso, es importante que la gente presione al gobierno para que cree leyes que regulen todo el proceso de producción, consumo y desechos de las industrias, y así proteger mejor el agua. (Mariana - estudiante, respuesta escrita en una de las tareas de aprendizaje)

Durante la implementación de la propuesta de enseñanza interdisciplinaria de las disoluciones, los jóvenes tuvieron la oportunidad de utilizar de manera deliberada tanto los conocimientos químicos como aquellos de las ciencias sociales-humanas. Estos conocimientos fundamentan las discusiones sobre la problemática ambiental de la contaminación del agua en Cali. Para esto, el profesor orienta a los estudiantes a investigar y a realizar un proceso intertextual entre los constructos y contenidos sociales, las disoluciones y el contexto problemático de la contaminación del agua.

Diego: Yo creo que, para solucionar el problema de la contaminación del agua por los fertilizantes en Colombia, primero se necesitan campañas para que la gente, especialmente los campesinos, entiendan que usar mucho fertilizante es dañino. Pero después de hablar en clase con usted y mis compañeros, y de ver cómo se logró prohibir el asbesto, me di cuenta de que la industria de los fertilizantes tiene mucho poder y no van a dejar que los prohíban o regulen solo porque la gente o los académicos lo pidan. Por eso, es necesario usar la democracia de verdad, participando y debatiendo para que nuestras peticiones lleguen a los legisladores y los

senadores que representan nuestras necesidades, y así puedan hacer leyes que controlen el uso excesivo de fertilizantes. Claro que, para participar en esa democracia deliberativa y representativa, primero tengo que entender bien cómo se relacionan los contenidos de las disoluciones, la tecnología de los fertilizantes y los problemas ambientales que causan. (Video de clase, abril del 2024)

En esta clase de química la sinergia entre diferentes contenidos epistémicos constituye el eje que fundamenta la toma de decisiones y el diseño e implementación de un plan de acciones sociales y políticas para resolver, aunque sea de manera hipotética, el problema socioambiental.

A pesar de las limitaciones señaladas por Levinson (2010) respecto a la falta de una base sólida en ciencias sociales-humanas por parte de los profesores de ciencias, el docente de química en este estudio demuestra un buen nivel de conocimiento en esta área. Esto se refleja tanto en las decisiones curriculares e instruccionales como en las acciones pedagógicas que sustentan la propuesta, las cuales se caracterizan por asumir metas de aprendizaje a largo, mediano y corto plazo de forma completamente interdisciplinaria.

¿Qué intenta que aprendan los estudiantes alrededor de esta idea?

Las metas de aprendizaje presentadas buscan fomentar una comprensión profunda de conceptos químicos, como la concentración de una disolución y la solubilidad, y su aplicación en problemas reales relacionados con la salud humana y el medio ambiente. Se espera que los estudiantes comprendan cómo la concentración de medicamentos y otras sustancias en el cuerpo humano, como la glucosa en la sangre, puede afectar la salud y constituir un factor relevante en condiciones como la diabetes. Asimismo, se exploran las implicaciones de la contaminación del agua, ya sea por el uso indiscriminado de productos químicos en el hogar o por prácticas industriales como la minería del

oro. Los estudiantes desarrollan una conciencia crítica acerca de cómo las decisiones cotidianas y colectivas, tanto en el uso de productos químicos como en la industria minera, pueden impactar el medio ambiente y la salud de las personas. Estas metas promueven la conciencia y responsabilidad ambiental y social, y subrayan la importancia de la participación activa y responsable de todos los miembros de la sociedad en la protección del planeta. (Propuesta de enseñanza del profesor)

La discusión sobre la identificación y solución hipotética del problema de la contaminación del agua en los ríos de Cali ha permitido a los estudiantes de undécimo grado establecer una relación entre las ciencias, el Estado y la industria. Han comenzado a comprender que la selección de los problemas científicos, la elección de los métodos para resolver dichos problemas y las formas de disseminar y argumentar los resultados obtenidos, ya no dependen de los grupos de investigación sino de los patrocinadores privados de los estudios (Etzkowitz, 2003). De hecho, los estudiantes han interpretado que la selección de problemas, los métodos y los medios de divulgación científica a menudo reflejan las prioridades económicas y políticas de las entidades involucradas, lo que puede sesgar la dirección y naturaleza de la investigación.

Profesor: ¿Cuál es la relación entre las ciencias, la tecnología y la industria?

Stiven - estudiante: Profesor, he comenzado a identificar que los conceptos o modelos teóricos de las ciencias están sirviendo para desarrollar tecnologías. Estas tecnologías, a corto plazo, generan altas ganancias económicas para las industrias que se encargan de diseñarlas y desarrollarlas. Por lo tanto, he observado que la industria privada está determinando qué se investiga y cómo se lleva a cabo este proceso de investigación.

Profesor: Pero Stiven, ¿no crees que la relación entre las ciencias, la tecnología y la industria beneficia a la sociedad?

Stiven - estudiante: Profesor, los avances de las ciencias y la tecnología nos han proporcionado ciertas comodidades y han permitido solucionar problemas en diferentes ámbitos de la sociedad. Por ejemplo, en el área de la salud, se han realizado desarrollos tecnológicos que han permitido diagnosticar y tratar enfermedades. Sin embargo, estos desarrollos tecnocientíficos también han generado una serie de problemas ambientales, sociales, políticos y culturales. Muchos de estos problemas pueden ser catalogados como globales. Por ejemplo, el calentamiento global del planeta y la contaminación de las aguas. (Video de clase, abril del 2024)

Estas ideas están en línea con Bencze (2017), quien sostiene que las decisiones de los científicos suelen estar influenciadas por la tecnología y la sociedad. Estas decisiones están fuertemente determinadas por un *ethos* económico que dirige los procesos socioeconómicos hacia el beneficio de entidades privadas a través de la producción de bienes y servicios. Este *ethos* ha sido y sigue siendo una fuerza principal en el desarrollo de dinámicas sociales bajo el marco neoliberal.

3.3 La construcción de una cultura sociopolítica a través de una enseñanza emancipadora se presenta como un enfoque crítico para resolver problemas socioambientales

El análisis de los datos revela un hecho importante: las actividades de aprendizaje, específicamente las fases de modelado y práctica guiada, han facilitado a los estudiantes de grado once una comprensión sinérgica de los contenidos de las disoluciones y de las ciencias sociales-humanas. Esta sinergia es evidente en la forma en que los jóvenes ciudadanos han comenzado a construir una cultura para la acción sociopolítica. Esta cultura brinda la capacidad de identificar y solucionar los problemas sociocientíficos y socioambientales, en otras palabras, les permite a los estudiantes entender que la contaminación

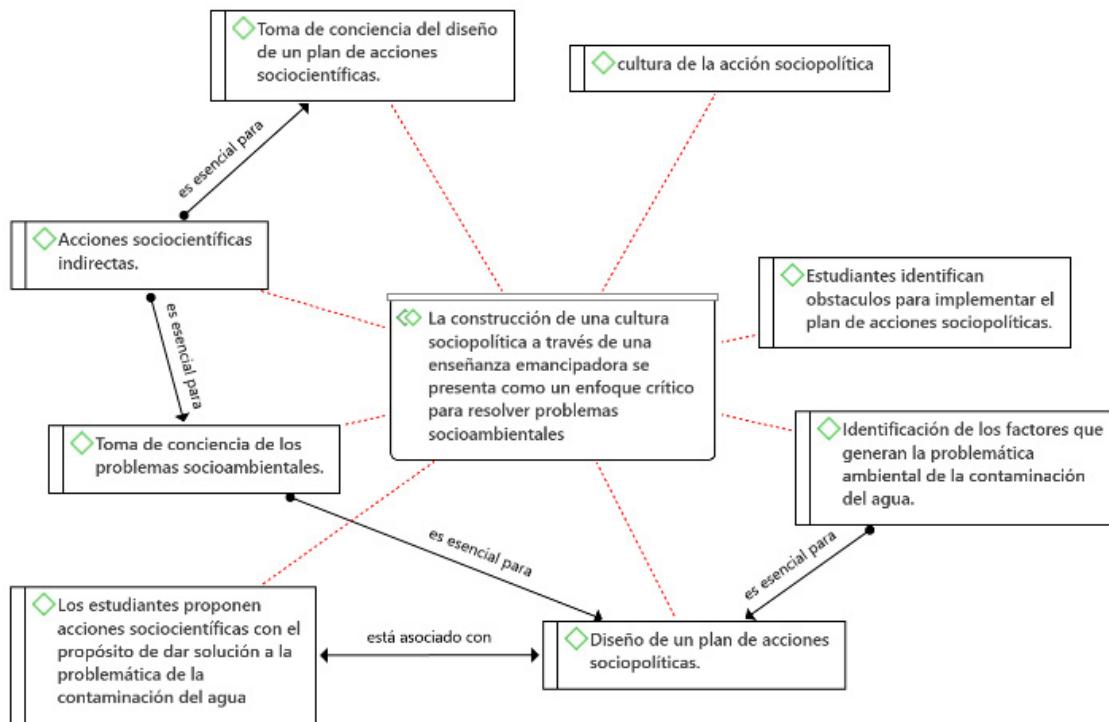


Figura 3. Red semántica de la Categoría 3

Fuente: elaboración propia

del agua de los ríos no solo se produce por los residuos que las industrias vierten, sino también por los compuestos y elementos químicos que se desechan a través de las redes de aguas residuales de hogares e industrias, como el acetaminofén, los antibióticos y los hidrocarburos. Esta situación preocupante les genera la necesidad de reflexionar sobre cómo las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) deberían tratar el agua. A partir de ello, los estudiantes consideran que el objetivo del tratamiento del agua no es solo identificar y eliminar los microorganismos patógenos y los compuestos químicos convencionales, sino también detectar y extraer todas las moléculas de compuestos químicos que amenazan las formas de vida en el hemisferio.

Una cultura para la acción social y política constituye la base del conocimiento, las creencias y los valores de los ciudadanos, en este caso los jóvenes estudiantes que participaron de la

implementación de la propuesta. Esta cultura, a su vez, moldea su visión del mundo y de la sociedad, no solo guía en la identificación y delimitación de problemas sociocientíficos y socioambientales, sino que también brinda herramientas para el diseño, implementación y evaluación de un plan de acciones sociopolíticas. Este plan, aunque hipotético, está destinado a resolver problemas reales, como la contaminación del agua. De esta manera, los jóvenes ciudadanos comienzan a construir construir una cultura de activismo político, fundamentada en la acción y la reflexión crítica.

Andrés - estudiante: La verdad, me preocupé mucho al leer la noticia sobre la contaminación del agua por los medicamentos que ya no se usan y los residuos tóxicos que se generan en su producción. Estos contaminantes se tiran al alcantarillado y no se pueden eliminar ni desactivar para limpiar el agua. Yo ya sabía que el agua tenía sustancias

contaminantes, pero pensaba que se quitaban antes de que llegara a las casas. Ahora, con esta noticia, me da miedo porque no sé qué es lo que realmente estoy tomando. Por eso creo que hay que hacer algo, porque este tipo de contaminación afecta la vida de las personas y de otros seres vivos.

Profesor: Si fueras un senador de la república, ¿qué acciones directas e indirectas implementarías para resolver la preocupación que tienes?

Andrés - estudiante: Si yo fuera un senador de la república, presentaría inmediatamente mi preocupación sobre la problemática de la contaminación de los ríos en Cali y Colombia, con el objetivo de empezar a solucionar este problema ambiental. En estas acciones sociopolíticas, implicaría tanto a la empresa privada como a las instituciones gubernamentales. Estas acciones deberían estar en el contexto de la formulación de leyes legislativas que regulen la expulsión de desechos de las empresas a las aguas residuales.

Profesor: Teniendo en cuenta que hay empresas a las que legalmente les resulta más fácil pagar las multas que se imponen que cambiar su sistema de producción, especialmente en la industria agropecuaria, ¿qué acciones directas o indirectas se podrían llevar a cabo considerando la democracia deliberativa y representativa? Entonces, suponiendo que algunos de ustedes fueran ciudadanos y otros fueran representantes a la cámara o el senado, ¿qué acciones llevarían a cabo? ¿A qué instituciones gubernamentales recurrirían para que los ayudaran en la solución del problema ambiental?

Marcos - estudiante: Yo, como ciudadano que tengo voz y voto, en ese sentido, convocaría a mis conciudadanos a una reunión, donde les explicaría las problemáticas ambientales que está generando la empresa en particular. Además, los invitaría a reflexionar sobre los altos riesgos que los productos y desechos de dicha empresa nos estaría generando a nosotros y a todos los seres vivos. Por lo tanto, los animaría a no comprar los productos de esa empresa. (Video de clase, marzo del 2024)

Del mismo modo, las tareas que forman parte de estas actividades de aprendizaje permiten a los estudiantes comenzar a visualizar las posibles acciones sociales y políticas que podrían, aunque sea de manera hipotética, solucionar el problema de la contaminación del agua. Para ello, los jóvenes aplican de forma consciente sus conocimientos sobre las condiciones y estructuras que respaldan los desarrollos tecnocientíficos e industriales. Además, consideran los principios políticos y económicos que impulsan estos desarrollos.

Profesor: ¿Cómo va el diseño del plan de acciones sociopolíticas encaminado a dar solución a la problemática de la contaminación del agua de los ríos de Cali?

Fernando - estudiante: Para buscar una solución real y efectiva que beneficie a todos los ciudadanos, considero que deberíamos utilizar inicialmente acciones sociopolíticas directas y, posteriormente, acciones sociopolíticas indirectas. Estas últimas tienen como objetivo principal influir en el sistema de conocimientos, creencias y valores de las personas que tienen poder de decisión política. En este sentido, debemos llevar a cabo campañas de concientización para todos los ciudadanos caleños sobre los riesgos ambientales a los que estamos expuestos debido a la producción y desechos emitidos por el sector industrial. Estas acciones tienen como objetivo inicial que los ciudadanos comunes reflexionen sobre el problema socioambiental de la contaminación de los ríos de Cali y las consecuencias que este problema genera para la vida de todas las especies, incluida la humana. Sin embargo, dado que la industria de los fertilizantes tiene un poder ideológico y material, será muy complejo regular la producción de desechos y el efecto negativo que los fertilizantes producen en las cosechas y, por ende, en la contaminación del agua. Por lo tanto, consideramos que los ciudadanos deben buscar ayuda en la Cámara de Representantes y el Senado para que sean ellos quienes legislen sobre

la regulación de los fertilizantes y sus productos de desecho. La suspensión del uso ilimitado de los fertilizantes no se llevará a cabo simplemente porque los ciudadanos lo pidan, se requieren actos legislativos que monitoreen y evalúen el uso de estas sustancias químicas. Por tanto, los ciudadanos debemos presionar al poder legislativo para encontrar una solución a la problemática de la contaminación del agua. Por supuesto, esta solución debe ir acompañada de una propuesta alternativa para la industria.

María - estudiante: De acuerdo con el enfoque de la democracia deliberativa que se está discutiendo, creo que nuestra participación puede ser un aporte significativo. Sin embargo, estoy de acuerdo con Fernando en que nosotros, y los ciudadanos en general, no poseemos un poder material y político que nos permita legislar sobre el uso excesivo de fertilizantes en la industria alimentaria. En este sentido, considero que debemos recurrir a la democracia representativa. Es decir, debemos buscar aliados en la Cámara del Senado y en la Cámara de Representantes, para que sean ellos quienes presenten los actos legislativos destinados a regular y evaluar el uso de fertilizantes en la industria alimentaria. (Video de clase, abril del 2024)

En este proceso de construcción, implementación y evaluación de un plan de acciones sociopolíticas, el papel del profesor ha sido fundamental. Mediante la negociación de significados y un enfoque comunicativo dialógico/interactivo, el profesor ha planteado una serie de cuestionamientos tanto monodisciplinares como interdisciplinares. La resolución de estos cuestionamientos ha permitido a los estudiantes identificar y apropiar conceptos clave para abordar el problema socioambiental de la contaminación del agua en Cali. Entre estos conceptos se encuentran los factores que generan el problema socioambiental, las acciones sociopolíticas tanto indirectas como directas para solucionar el problema, las instituciones

gubernamentales encargadas de monitorear y evaluar los procesos de producción de las empresas privadas que podrían estar contaminando el agua, y los desafíos que se presentan al implementar el plan de acciones.

Profesor: ¿Cómo podrías aplicar tu comprensión de la solubilidad para informar al público sobre los riesgos de la contaminación por mercurio y fomentar comportamientos seguros y saludables?

Mariana - estudiante: Podríamos emplear diversos canales de comunicación como carteles, folletos, anuncios en línea y redes sociales, para educar a la población sobre los impactos de la solubilidad del mercurio en la salud humana y el medio ambiente. Podríamos destacar los riesgos de consumir pescado contaminado con mercurio y subrayar la importancia de prevenir la contaminación de los cuerpos de agua.

Profesor: Martha, ¿qué medidas políticas consideras necesarias para regular la descarga de mercurio y otras sustancias solubles en agua por parte de las industrias?

Martha - estudiante: Desde una perspectiva política, sería beneficioso implementar regulaciones más estrictas para controlar la descarga de mercurio y otras sustancias solubles en agua por parte de las industrias. Esto podría implicar establecer límites máximos para las emisiones de mercurio, requerir la implementación de tecnologías de control de la contaminación en las instalaciones industriales y aplicar sanciones más severas para aquellos que violen las regulaciones ambientales. (Video de clase, abril del 2024)

De ahí que el profesor de química toma la decisión pedagógica de motivar a los jóvenes ciudadanos a investigar las funciones de las instituciones gubernamentales y los funcionarios públicos, quienes pueden ser aliados clave para resolver la problemática ambiental. Además, los anima a comprender cómo estas instituciones, dentro del marco de la democracia representativa, establecen una serie de normas y reglas. El propósito de

estas normas es regular y supervisar los procesos industriales y sus residuos de producción para mantener las condiciones fisicoquímicas adecuadas en los cuerpos de agua de los ríos, permitiendo su disfrute seguro por parte de los ciudadanos y todas las formas de vida.

Este enfoque está alineado con las teorías de Jensen (2004) y Candela (2024). Ambos académicos argumentan que un currículo crítico de ciencias, que actúa como mediador en la construcción de una cultura para la acción social y política, debe permitir a los jóvenes ciudadanos apropiarse de los productos, los procesos y la naturaleza inherente de las ciencias. Esto debe hacerse en paralelo con los conocimientos derivados de las ciencias sociales. Estos componentes constituyen las dimensiones del conocimiento que respaldan las acciones sociopolíticas emprendidas por los estudiantes. Por lo tanto, estos investigadores sostienen que la intersección de estas dos áreas de conocimiento es esencial para abordar de manera integral los desafíos que enfrentan los ciudadanos en la sociedad de riesgo actual.

Los ciudadanos pueden encontrar diversos obstáculos al intentar reducir la contaminación del agua en sus comunidades. Estos obstáculos pueden abarcar desde la falta de recursos económicos para implementar tecnologías de tratamiento de aguas residuales o prácticas agrícolas sostenibles, hasta la resistencia de las industrias contaminantes que pueden oponerse a regulaciones más estrictas.

Para superar estos desafíos, es esencial fomentar la colaboración y coordinación entre diferentes actores, incluyendo el gobierno, la sociedad civil, el sector privado y la comunidad científica. Además, resulta crucial desarrollar mecanismos de financiamiento y apoyo técnico que faciliten la implementación de soluciones innovadoras y sostenibles para la gestión del agua y la prevención de la contaminación. (Heilin - estudiante, respuesta escrita a una de las tareas de aprendizaje)

4. Conclusiones

El estudio evidencia que el diseño e implementación de una propuesta de enseñanza emancipadora sobre las disoluciones permite a los jóvenes de grado once comenzar a desarrollar un pensamiento crítico eco-reflexivo. Este pensamiento fundamenta acciones sociales y políticas orientadas a proponer soluciones, aunque sean hipotéticas, al problema socioambiental de la contaminación del agua en la sociedad, para el que se usó el caso de los ríos de Cali como ejemplo y caso de estudio.

En este contexto, la gestión del aula, basada en las perspectivas de los ciclos de aprendizaje y la acción sociopolítica, así como en el enfoque comunicativo interactivo y dialógico, brinda a los estudiantes la oportunidad de iniciar la toma de conciencia sociopolítica y ambiental. Esto se logra mediante la integración crítica de conocimientos científicos y sociales en la educación química.

Si bien este estudio contribuye a comprender cómo el diseño e implementación de propuestas de enseñanza emancipadoras en ambientes reales favorecen la construcción de una cultura para la acción sociopolítica, aún queda mucho por investigar respecto a qué, cómo y por qué llevar a cabo una educación química que forme ciudadanos comprometidos con la justicia social e intergeneracional.

5. Referencias

- Beck, U. (1992). *The risk society: Towards a new modernity*. Sage Publications.
- Bencze, J. L. (Ed.). (2017). *Science and technology education promoting wellbeing for individuals, societies and environments*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-55505-8>
- Bencze, L., Pouliot, C., Pedretti, E., Simonneaux, L., Simonneaux, J. y Zeidler, D. (2020). SAQ, SSI and STSE education: Defending and extending "science-in-context". *Cultural Studies of Science*

- Education*, 15, 825-851. <https://doi.org/10.1007/s11422-019-09962-7>
- Bencze, J. L. y Alsop, S. (2009). Anti-capitalist/pro-communitarian S&T education. *Journal for Activist Science & Technology Education*, 1(1), 65-84. <https://jps.library.utoronto.ca/index.php/jaste/article/view/21987>
- Bennett, J., Lubben, F. y Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science education*, 91(3), 347-370. <https://doi.org/10.1002/sce.20186>
- Candela, B. F. (2024). El currículo de ciencias: un instrumento educativo de carácter político. *Pedagogía y Saberes*, (60), 160-174. <https://doi.org/10.17227/pys.num60-18865>
- Chávarro, L. A. (2018). Riesgo e incertidumbre como características de la sociedad actual: ideas, percepciones y representaciones. *Revista Reflexiones*, 97(1), 65-75. <http://dx.doi.org/10.15517/rr.v97i1.31509>
- Collins, H. y Evans, R. (2017). *Why democracies need science* (primera edición). Wiley.
- Cresswell, J. (2013). *Qualitative inquiry & research design: Choosing among five approaches*. SAGE Publications.
- DeWitt, J. y Archer, L. (2017). Participation in informal science learning experiences: the rich get richer? *International Journal of Science Education, Part B*, 7(4), 356-373. <https://doi.org/10.1080/21548455.2017.1360531>
- Dos Santos, W. L. P. (2009). Scientific literacy: a Freirean perspective as a radical view of humanistic science education. *Science Education*, 93(2), 361-382. <https://doi.org/10.1002/sce.20301>
- Etzkowitz, H. (2003). Innovation in innovation: The triple helix of university-industry-government relations. *Social science information*, 42(3), 293-337. <https://doi.org/10.1177/05390184030423002>
- Galamba, A. y Matthews, B. (2021). Science education against the rise of fascist and authoritarian movements: towards the development of a pedagogy for democracy. *Cultural Studies of Science Education*, 16, 581-607. <https://doi.org/10.1007/s11422-020-10002-y>
- Glaser y Strauss (1967). *The discovery of grounded theory*. Aldine Publishing Company.
- Hodson, D. (2009). Putting your money where your mouth is: Towards an action-oriented science curriculum. *Journal of Activist Science & Technology Education*, 1(1), 1-15.
- Hodson, D. (2014). Becoming part of the solution: Learning about activism, learning through activism, learning from activism. En J. Bencze y S. Alsop (Eds.), *Activist science and technology education* (pp. 67-98). Dordrecht: Springer.
- Jensen, B. B. (2004). Environmental and health education viewed from an action-oriented perspective: A case from Denmark. *Journal of Curriculum Studies*, 36(4), 405-425. <https://doi.org/10.1080/0022027032000167235>
- Levinson, R. (2010). Science education and democratic participation: An uneasy congruence? *Studies in Science Education*, 46(1), 69-119. <https://doi.org/10.1080/03057260903562433>
- Levinson, R. (2018). Realising the school science curriculum. *The Curriculum Journal*, 29(4), 522-537. <https://doi.org/10.1080/09585176.2018.1504314>
- Liu, X. (2013). Expanding notions of scientific literacy: a reconceptualization of aims of science education in the knowledge society. En N. Mansour y R. Wegerif (Eds.), *Science education for diversity* (pp. 23-39). Springer.
- Marks, R. y Elkins, I. (2009). Promoting Scientific Literacy Using a Sociocritical and Problem-Oriented Approach to Chemistry Teaching: Concept, Examples, Experiences. *International journal of environmental and science education*, 4(3), 231-245. <http://www.ijese.net/makale/1396.html>
- Pedretti, E. y Nazir, Y. (2011). Currents in STSE education: mapping a complex field. *Science Education*, 95(4), 601-626. <https://doi.org/10.1002/sce.20435>
- Scott, P. H., Mortimer, E. F. y Aguiar, O. G. (2006). The tension between authoritative and dialogic discourse: A fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Science education*, 90(4), 605-631. <https://doi.org/10.1002/sce.20131>

- Simonneaux, L. y Simonneaux, J. (2017). Stepwise as a vehicle for scientific and political education? En L. Bencze (Ed.), *Science and technology education promoting wellbeing for individuals, societies and environments* (pp. 565-587). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-55505-8_27
- Solomon, J. (1996). STS in Britain: Science in a social context. En R. E. Yager (Ed.), *Science/technology/society as reform in science education* (pp. 241-248). SUNY Press.
- Sjöström, J. y Eilks, I. (2018). Reconsidering different visions of scientific literacy and science education based on the concept of Bildung. Cognition, metacognition, and culture in STEM education: Learning, teaching and assessment. En Y. J. Dori, Z.R. Mevarech y D.R. Baker (Eds.), *Cognition, Metacognition and Culture in STEM Education. Innovations in Science Education and Technology*, vol 24. (pp. 65-88). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4_4
- Tafoya, E. (2012). Implicaciones de la tecnociencia en la modernidad reflexiva. Complejidad, riesgo y democracia. Mundo nano. *Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología*, 5(1), 17-41. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-56912012000100017&script=sci_arttext
- Tidemand, S. y Nielsen, J. A. (2017). The role of socioscientific issues in biology teaching: From the perspective of teachers. *International Journal of Science Education*, 39(1), 44-61. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1264644>
- Valladares, L. (2021). Scientific literacy and social transformation: Critical perspectives about science participation and emancipation. *Science & Education*, 30, 557-587. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2>
- Yore, L. (2012). Science literacy for all: more than a slogan, logo, or rally flag! En K. Tan y M. Kim (Eds.), *Issues and challenges in science education research* (pp. 5-23). Springer.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L. y Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377. <https://doi.org/10.1002/sce.20048>
- Zidny, R., Sjöström, J. y Eilks, I. (2020). A multi-perspective reflection on how indigenous knowledge and related ideas can improve science education for sustainability. *Science & Education*, 29, 145-185. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00100-x>

