

Del CTSA educativo a la ambientalización del contenido y la formación ciudadana ambiental

Do CTSA educativo à ambientalização do conteúdo e a formação cidadã ambiental

From Educational STSE to Content Environmentalization and Environmental Citizenship Training

Diana Lineth Parga Lozano *

Este artículo presenta un balance de los aportes del enfoque CTSA a la educación en ciencias a partir de cinco aspectos. Primero, describe el enfoque desde la alfabetización científica en la visión tradicional, la centrada en la utilidad de la ciencia y la emancipadora. Segundo, analiza el enfoque CTS en interacción con lo ambiental. Esto se plantea como respuesta a la crisis en la relación sociedad-ambiente con la ciencia y la tecnología, y establece la evolución de los contenidos de la enseñanza de la química y la educación ambiental y sustentable. Tercero, contrasta el enfoque CTSA con cuestiones sociocientíficas (CSC) y cuestiones socialmente vivas (CSV) a partir de la educación en química. Cuarto, explica cómo el enfoque CTSA, las CSC y las CSV aproximan dos educaciones, la científica y la ambiental, a través de la ambientalización curricular. Quinto, muestra cómo el enfoque CTSA favorece la formación ciudadana, la ciudadanía científica y la ciudadanía ambiental para una transformación holística y compleja de la educación científica. Estos cinco aspectos evidencian que los enfoques CTS/CTSA en la educación han cambiado el contenido tradicional de enseñanza de las ciencias por un contenido más contextual y para formar sujetos que respondan a los desafíos actuales, en especial los de la crisis socioambiental.

117

Palabras clave: cuestiones sociocientíficas; cuestiones socialmente vivas; alfabetización científica; ciudadanía ambiental; ambientalización del contenido

* Profesora en el doctorado interinstitucional en educación (DIE-UPN), la maestría en docencia de la química y la licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional, Colombia. Integra el Grupo de investigación Alternativas para la Enseñanza de las Ciencias: Alternancias. Correo electrónico: dparga@pedagogica.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7899-0767>.

O artigo faz um balanço dos aportes do enfoque CTSA na educação científica a partir de cinco considerações. Primeira, descreve o enfoque através da alfabetização científica nas visões tradicional, na focada no uso da ciência y na visão emancipatória. Segunda, analisa o enfoque CTS em interação com o ambiental o que se propõe como resposta a crise na relação sociedade-ambiente com ciência e tecnologia; estabelece-se a evolução dos conteúdos do ensino da química, da educação ambiental e em sustentabilidade ambiental. Terceira, contrasta CTSA com questões sociocientíficas (QSC), questões socialmente vivas (QSV) a partir da educação química. Quarta, explica como CTSA, QSC e QSV aproxima duas educações: a científica e ambiental através da ambientalização curricular. Quinta, CTSA favorece a formação cidadã, a cidadania científica e a cidadania ambiental para uma transformação holística e complexa da educação científica. Estes cinco aspectos evidenciam que CTS/CTSA educativo têm mudado o conteúdo tradicional do ensino das ciências por um conteúdo mais contextual e para formar sujeitos que respondam aos desafios atuais, no especial, os próprios da crise socioambiental.

Palavras-chave: questões sociocientíficas; questões socialmente vivas; alfabetização científica; cidadania ambiental; ambientalização do conteúdo

This article reviews the contributions of the STSE approach to science education from five aspects. Firstly, it describes the approach from scientific literacy in the traditional vision, in the one centered on the utility of science and in the emancipatory vision. Secondly, it analyzes the STS approach in interaction with the environment; this is proposed as a response to the crisis in the relationships between society, environment, science and technology; it establishes the content evolution in the teaching of chemistry and environmental and sustainable education. Thirdly, it compares the STSE approach with socio-scientific issues (SSI) and socially acute questions (SAQ) from the point of view of chemistry education. Fourthly, it explains the approximation of two types of education, scientific and environmental education, through curricular environmentalization, as it considers the approaches linked to STSE, STS and SAQ. Fifthly, it shows how the STSE approach favors citizenship education, scientific citizenship, and environmental citizenship for a holistic and complex transformation of science education. These five aspects demonstrate that the STS/STSE approaches have allowed the modification of traditional content in science education for a more contextualized content, in order to train subjects to respond to current challenges, especially those connected with the socio-environmental crisis.

Keywords: socio-scientific issues; socially acute questions; scientific literacy; environmental citizenship; content environmentalization

Introducción

Como campo de trabajo crítico, el enfoque CTS es interdisciplinar; en él convergen disciplinas como la filosofía, la historia de la ciencia, la tecnología, la sociedad, la sociología del conocimiento científico, la teoría política o la economía del cambio técnico (Ibarra y López-Cerezo, 2001); se estudia la dimensión social de la ciencia y de la tecnología, tanto en los antecedentes sociales como en lo referido a las consecuencias sociales y ambientales (Bazzo *et al.*, 2003). Este enfoque es parte de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología y, como afirma Mitcham (2001), busca una nueva relación entre ciencia, tecnología y sociedad. Para Tedesco (2009), CTS es el nombre de la línea de trabajo académico e investigativo que se pregunta por la naturalización social del conocimiento científico y tecnológico y sus incidencias en los ámbitos económicos, sociales, ambientales y culturales, sobre todo, de las sociedades occidentales. La perspectiva emerge por la necesidad de atender las problemáticas consecuencias de naturaleza ambiental y social del vertiginoso desarrollo científico-tecnológico. Comenzó al final de los años 60 del siglo XX en los campus universitarios y se fue extendiendo en la enseñanza básica y media de los años 80, si bien Ratcliffe describe frente al origen de la educación CTS que “estuvo en los científicos y en la educación científica, hacia 1930 y científicos humanistas como Bernal, Hogben y Haldane formaron parte del movimiento que promovió el conocimiento científico para todos, mostrando la relevancia de la ciencia para la sociedad” (2001, p. 53).

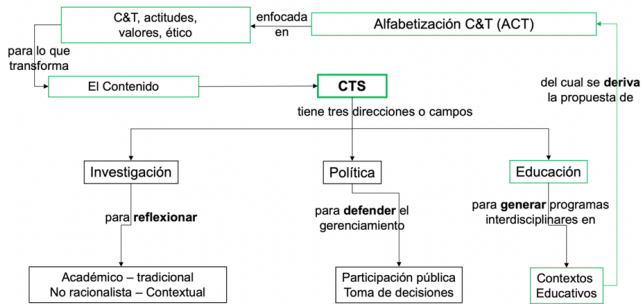
Las consecuencias sociales del impacto de la ciencia y la tecnología están en la crisis institucional producida por la falta de recursos ante nuevos riesgos nucleares, químicos, biológicos y tecnológicos, que evidencian la racionalidad tecnocientífica. Rodríguez (2001) afirma que el riesgo se refiere a la posibilidad de tener, en nuestro futuro, hechos indeseados, siendo el riesgo un concepto descriptivo y normativo. El riesgo tiene la capacidad de generar catástrofes como muerte y destrucciones ecológicas; es como si la edad de las armas químicas, biológicas y nucleares, de destrucción masiva, hubieran sido superadas por la edad de la ingeniería genética, la nanotecnología y la robótica, que tienen el propio riesgo y poder del armamento nuclear (Mitcham, 2001), por lo cual es necesario hoy educar sobre el riesgo.

Las orientaciones desarrolladas por los estudios CTS, según González *et al.* (2000), están relacionadas con tres campos: el campo de la investigación, como opción para la reflexión académica tradicional de la ciencia y la tecnología, yendo hacia una visión no racionalista y socialmente contextualizada de la actividad científico-tecnológica; el campo de la política pública, en la cual los estudios CTS defienden la regulación social de la ciencia y la tecnología para tomar decisiones sobre aspectos de las políticas científico-tecnológicas y promover mecanismos democráticos para esto; y el campo de la educación, que genera programas interdisciplinarios de enseñanza en los diferentes niveles educativos, incluyendo el universitario, tal como se representa en el **Esquema 1**.

Este artículo muestra el aporte de CTS que surge como respuesta a la crisis en la relación de la sociedad con la ciencia y la tecnología y la naturaleza, para lo cual busca favorecer la alfabetización científico-tecnológica y ambiental, la formación ciudadana y en ciudadanía científica y ambiental, así como el aporte a la interacción de dos

educaciones: la científica y la ambiental, a través de la llamada ambientalización curricular, por lo que CTS/CTSA ha favorecido la transformación del contenido de enseñanza, de sus propósitos, formas de enseñar y de concebir la ciencia y la tecnología, intentando formar para responder a los desafíos actuales a través de enfoques como cuestiones sociocientíficas (CSC) y socialmente vivas (CSV).

Esquema 1. Campos de acción de los estudios CTS



Fuente: elaboración propia

Educación CTS y alfabetización científica y tecnológica

120

Frente a la pregunta de Hodson (2017) de si desde las escuelas -y agregamos: desde las universidades y la ciudadanía en general- estamos haciendo lo suficiente para enfrentar los desafíos del mundo, en especial los ambientales, o si -en términos de los propósitos que él llama democráticos, culturales y personales- podemos decir que aún no. Y esto se debe a que, desde la enseñanza de las ciencias, las disciplinas o materias que se enseñan, hay preocupación por el contenido en sí mismo. Lo concerniente a la enseñanza de lo ambiental ha traído más inquietud, principalmente desde el profesorado de biología y química. Sin embargo, el enfoque que ha permitido vincularlo, bien sea para contextualizar la enseñanza o llamar la atención de los estudiantes, es el CTSA educativo. La enseñanza contextualizada, según Caamaño (2011) y Parga y Piñeros (2018), enfatiza en el aprendizaje situado, localizado, y en la situación de aprendizaje, siendo clave el contexto desde el cual se aprende, que enseñar las ciencias a partir de problemas reales y ambientales es una gran posibilidad. En este sentido, los usos del contexto se dan en dos perspectivas: desde las aplicaciones de la ciencia y la tecnología, que parten de los conceptos para interpretar y explicar, y desde el enfoque CTSA educativo, que parte del contexto para introducir o desarrollar un concepto escolar. Sin embargo, los abordajes de temas transversales y de cuestiones sociocientíficas también son enfoques basados en el contexto (Parga, 2019) que contribuyen a hacer frente a los retos actuales.

Los temas transversales, según Membiela (2001), no son otra disciplina, sino que son incorporados a las demás materias a enseñar; son contenidos que dependen de la organización curricular disciplinar, carecen de localización precisa, tratan de ser

organizadores centrales de los contenidos disciplinares y no tienen una epistemología propia. Quintero (2007) presenta como ejemplos de los temas transversales la educación para la salud, para el consumo, para la paz y lo ambiental. Estos temas convocan una preocupación por los problemas socioambientales porque la comunidad fuerza en los alumnos una formación integral, además de los contenidos académicos; conectan la escuela con la vida y configuran una enseñanza contextualizada, favoreciendo una educación en valores; adoptan una perspectiva sociocrítica de asuntos que afectan a la humanidad. Por las características enunciadas, el contexto ambiental a partir de la enseñanza de la química, por ejemplo, no es asumido por muchos profesores como tema transversal, y menos aún como un contenido ambientalizado (Parga, 2019).

En el campo de la educación CTS se busca promover la alfabetización en ciencia y tecnología; esto es, saber leer la realidad marcada por el desarrollo científico-tecnológico, capacitando a todos los ciudadanos para participar en el proceso democrático de la toma de decisiones y promover acciones para resolver problemas relacionados con la ciencia y la tecnología (Waks, 1990); como ejemplos de estos problemas está la degradación del ambiente por contaminación y sobreexplotación de recursos naturales, el control de armas nucleares, la regulación de organismos creados por ingeniería genética, el impacto de las vacunas experimentales, la emergencia climática sobre el cambio global ambiental, etc. Así, el objetivo de la educación CTS es la formación pública y la alfabetización según la nueva imagen de la ciencia y la tecnología en el contexto social (Membiela, 2001; Bazzo *et al.*, 2003).

Veinte años después, esta idea de la alfabetización se mantiene considerando que los ciudadanos alfabetizados científica y tecnológicamente deben participar en la toma de decisiones sobre cuestiones sociales basadas en la ciencia y la tecnología e intervenir en una deliberación crítica sobre ella sin dar por sentado el statu quo subyacente. En este sentido, Yacoubian (2017) plantea que los currículos de ciencia y los documentos de política curricular pueden respaldar la alfabetización científico-tecnológica cuando incorporan principios de educación democrática en su núcleo. Además, hoy es tan necesaria dicha alfabetización porque puede ayudar a las personas a identificar información falsa, a propósito de las *fake news*, ya que, según Sharon y Baram-Tsabari (2020), existen temas como el cambio climático y las vacunas infantiles asociadas al SARS-Cov2 que generan controversia pública persistente, dado que, en general, hay desinformación o, como plantea Bencze, “miembros del sector privado que promueven controversias y confusiones asociadas con posibles daños de sus productos y servicios pagando a científicos, médicos, periodistas y personas de renombre para poner en duda la evidencia de los campos de la ciencia” (2017, p. 25). Como educadores de ciencias, debemos mejorar en los componentes de alfabetización científico-tecnológica teniendo en cuenta aspectos como la comprensión de las prácticas científico-tecnológicas y ambientales; la identificación y el juzgamiento de la experiencia científica apropiada; el conocimiento epistémico y las disposiciones y los hábitos mentales como la curiosidad y apertura mental. Asimismo, nos corresponde saber qué tanto ha variado la concepción de esta alfabetización, pues, según Sjöstrom y Eilks (2018) y Valladares (2021), ha habido una transición de visiones. Por ejemplo, se ha pasado de la visión transmisiva de alfabetización científico-tecnológica (Visión-I) a una visión transformadora (Visión-III) que tiene un

mayor compromiso con la participación social y la emancipación, aspectos estos que se resumen a continuación.

- *Visión-I.* Enfocada en el aprendizaje de contenidos y procesos científicos para su posterior aplicación, enfatiza que la ciencia es una disciplina que exige conocimiento proposicional y procedimental, metacognición y disposición; es la perspectiva “ciencia para preparar a los futuros científicos”. Está presente en las evaluaciones tipo TIMSS y OCDE, que carecen de contexto en sus enunciados.
- *Visión-II.* Centrada en comprender la utilidad del conocimiento científico en la vida y la sociedad y fomentar su aprendizaje desde contextos significativos, contextualizados y relacionados con la tecnología, el medio ambiente y la sociedad, es la perspectiva de “ciencia para todos”. Con un enfoque sociocultural de la enseñanza que considera lo individual-social junto con las dimensiones históricas y filosóficas de la ciencia, así como los valores, las creencias y las emociones. Está presente en las evaluaciones tipo PISA que contextualiza los enunciados.
- *Visión-III.* Promueve la emancipación de los sujetos para transformar la sociedad, demanda del pensamiento crítico; la ciencia escolar requiere mayor compromiso social e impacto de la ciudadanía, lo que incluye una agenda política y emancipatoria integrada con valores como equidad y justicia socioambiental, lo que estaría en la perspectiva de la sustentabilidad ambiental, dada la crisis actual. Así, el aprendizaje es situado e interdisciplinar. La evaluación estaría en la perspectiva de lo que Mueller (2018) llamada evaluación auténtica.

122

Para alcanzar la alfabetización científico-tecnológica, así como la ambiental, el enfoque CTS educativo promueve y renueva las estructuras y contenidos de enseñanza (Parga y Mora, 2020), según una nueva imagen de la ciencia y la tecnología y el ambiente en el contexto social, aunque los aspectos didácticos de esta renovación no han tenido la misma atención que los relacionados con la transformación organizativa curricular, por lo que es requerida una renovación de los objetivos, las concepciones, los métodos y los procedimientos en la enseñanza y la formación docente.

En general, los programas CTS en la enseñanza primaria, secundaria y media asumieron tres opciones: la introducción de CTS en los contenidos de las disciplinas de las ciencias o injerto CTS; las ciencias desde CTS; y CTS puro (Parga y Alba, 2015). En la universidad, el enfoque CTS propuso modificar las estructuras anacrónicas y los contenidos curriculares de la educación en ciencia, ingeniería y humanidades. La universidad en general carecía de programas consolidados que ofrecieran ciencia y tecnología por medio de CTS; lo habitual era ofrecer CTS puro como programas de especialización o en posgrados. Es una opción que prioriza contenidos actitudinales dentro de sus tres componentes.

En el injerto CTS, los estudiantes hacen análisis de cuestiones, simulacros de toma de decisiones y configuración de contextos políticos, y realizan proyectos de actuación ciudadana reales o simulados (Waks, 1990). Esta opción para la enseñanza de las ciencias, y de la química en particular, abordó unidades como el uso de la radioactividad,

el reciclaje, la lluvia ácida. La ciencia desde CTS propuso la estructuración de los contenidos de las disciplinas científico-tecnológicas para estudiantes que no quisieran seleccionar disciplinas tradicionales y considerando proyectos interdisciplinarios como los problemas ambientales en los que los alumnos asumen futuros roles; esta permite adquirir conceptos científico-tecnológicos, razonamientos cuantitativos y técnicas de resolución de problemas, por lo que el aprendizaje del contenido está en el contexto de cuestiones familiares comunitarias. En CTS puro, los contenidos científicos tienen un papel subordinado. En general hoy se trabaja casos simulados en los que son representados los roles de los afectados. Otras estrategias de enseñanza son el trabajo en pequeños grupos, el aprendizaje cooperativo, las discusiones centradas en los alumnos, la resolución de problemas, las simulaciones en la toma de decisiones, los debates y las controversias. Ejemplos de proyectos CTS-A en la enseñanza de la química como APQUA y SALTERS, ciencia ciudadana, etc., pueden ser consultados en Parga y Mora (2016).

Estas opciones hicieron que los contenidos CTS en la enseñanza de las ciencias, según Membiela (2001), se entendieran desde dos perspectivas: cuestiones sociales externas a la comunidad científica (variabilidad climática, guerra química, agrotóxicos en los alimentos, pandemia, guerras incluidas la digital, migración masiva, impactos de la inteligencia artificial); y cuestiones sociales internas a la comunidad científica: estudios sociales de la ciencia en los que es la propia ciencia el objeto de estudio de las ciencias sociales, al ocuparse de sus implicaciones filosóficas, sociológicas, históricas, políticas, económicas y culturales.

123

CTS y su interés por lo ambiental

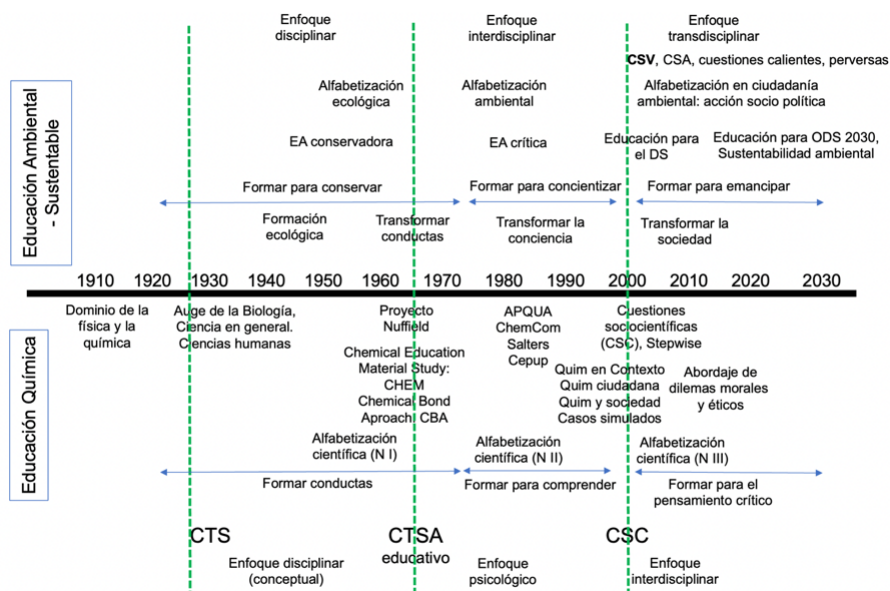
La ciencia y la tecnología son productos de la cultura humana y su desarrollo ha sido tan grande que, para muchos, los tecnófobos, este desarrollo es la causa de los males de la sociedad; para otros, los tecnófilos, el desarrollo de esta dupla es central para el progreso humano, teniendo que ver con la causa de los problemas socioambientales. ¿Será esta relación entre la ciencia y la tecnología la condición para resolverlos? Según Martín-Gordillo (2009), la ciencia y la tecnología son importantes hoy, lo que no implica aceptar que su desarrollo escape de la evaluación y el control social. Esta idea muestra la necesidad de la relación entre la ciencia y la tecnología con lo humanístico; es decir, la alfabetización científico-tecnológica de los ciudadanos, la cual tiene sentido no solo para comprender la producción de los especialistas; también significa tener capacidades-competencias para participar en el intercambio de diálogos, comprender sus significados y las implicaciones socioambientales.

En el campo de la educación CTS existe, desde sus comienzos, un interés por las cuestiones ambientales, las cuales debían analizarse considerando el desarrollo científico-tecnológico porque implicaba, e implica, un cambio radical de la relación entre el ser humano y la naturaleza. Así, el acrónimo CTS es conservado por autores como Aikenhead (2005), en tanto que Edwards *et al.* (2004), Martínez (2010), Pedretti y Nazir (2011), Martínez y Parga (2013), Parga y Mora (2020) y, como se ve en Martins *et al.* (2020), es presentado como CTSA, no solo para destacar problemáticas ambientales en diversos escenarios, sino para ver su evolución con lo ambiental.

Hoy, después de 40 años del surgimiento en la investigación y su práctica en la educación en ciencias (EC) desde el enfoque CTSA, parece haber confusión entre muchos educadores sobre la consigna del enfoque, teniendo diversos discursos, variedad de propuestas de enseñanza y formación, programas y métodos; es como un vasto océano de ideas, principios y prácticas cruzadas y mezcladas, tal como lo afirman Pedretti y Nazir (2011), o incluso sus conceptos son desconocidos o tergiversados por los profesores de ciencias (Parga y Alba, 2015; Bencze, 2017). Según Pedretti y Nazir (2011), el enfoque CTSA puede ser descrito dentro de seis corrientes (aplicación-diseño, histórica, de raciocinio lógico, centrada en el valor, sociocultural y relacionada con la socio-ecojusticia) que muestran a la ciencia en un riesgoso abordaje contextual a partir de la política, ética, historia y filosofía. Las razones de estas corrientes son complejas, pero pueden haber surgido por la presión externa de la política y del currículo educativo, la multitud de contextos y perspectivas del trabajo docente y de investigadores de la EC.

Para el caso de la enseñanza de la química a partir del enfoque CTS/CTSA, han sido desarrollados proyectos como APQUA, ChemCom, CEPUP, Química y sociedad, Química en contexto y SALTERS, entre otros, que se centran en temas ambientales y muestran una evolución en el énfasis de los contenidos; es decir, al pasar del enfoque disciplinar, psicológico, CTS, CTSA, tal y como se presenta en el **Esquema 2**.

Esquema 2. Evolución del contenido en la enseñanza de la química y EA



Fuente: elaboración propia

CTS educativo desde CSC y CSV en profesores de química

Dentro de las propuestas educativas más recientes en CTSA están las cuestiones sociocientíficas (CSC), que comparten principios similares con la educación CTSA, pero cuyos autores pueden considerar diferentes. Pedretti y Nazir (2011) argumentan que CTSA y CSC reconocen la importancia de la conceptualización de la cultura científica para que la ciudadanía participe de una toma de decisiones informada, tengan la capacidad de analizar, sintetizar y evaluar la información, sean formados sobre la naturaleza de las ciencias y expliciten las relaciones entre ciencia, ética y razonamiento moral.

Estas cuestiones implican conocimiento de frontera, y tienen una base de evidencia incompleta (Ratcliffe, 2009), caracterizada por el alto grado de incertidumbre, porque es generada de investigaciones no concluidas, desarrolladas en diferentes áreas de la ciencia y la tecnología; hacen explícita la naturaleza sociocultural del conocimiento científico y la mutua relación entre CTSA (Farias y Carvalho, 2012; Martínez y Parga, 2013); involucran discusiones sociales y filosóficas sobre la naturaleza y el ambiente causadas por las interferencias humanas, así como intereses políticos y económicos (Sadler y Dawson, 2012; Robottom y Simonneaux, 2012). Estas CSC abarcan implicaciones éticas, morales y ambientales, impactos globales, nacionales y locales; requieren ser analizadas en términos de riesgo/beneficio; están presentes en los medios de comunicación por las percepciones y representaciones que generan sobre la ciencia y la tecnología, involucrando discusiones, controversias y temas de interés público por el impacto producido en los interesados: gobierno, especialistas, organizaciones no gubernamentales y población, entre otros, o como dirían Funtowicz y Ravetz (2000): la comunidad de pares extendida.

125

Según Pedretti (2003), estas características hacen que las CSC requieran de un trabajo multi e interdisciplinar para involucrar aspectos sociales en un diálogo entre saberes científicos y humanísticos (diálogo entre disciplinas). Además, Farias y Carvalho (2012) argumentan que estas permiten traducir la complejidad inherente a la vida social, posibilitando prácticas de educación ambiental y el desarrollo de aprendizajes que evidencian una perspectiva investigativa de la realidad tanto como cuestiones de ética, moral y política.

Autores como Sauvé (2010), Simonneaux y Simonneaux (2014), Simonneaux y Pouliot (2017) plantean las cuestiones socialmente vivas (CSV) o cuestiones "calientes"; Wals y Dillon (2015) los problemas perversos; y Bencze (2017) la perspectiva STEPWISE. Lo que tienen en común es que estos asuntos inquietan nuestras sociedades, en especial en temas como salud, ambiente, política y economía. Aquí, la dimensión biofísica de las realidades entra en juego y la tecnología se torna central de la mirada, como problema o solución; por lo tanto, el papel social de la ciencia y la tecnología, en especial de la química, no puede ser evitado. Las CSV son una estrategia para abordar las relaciones de saber y poder, y para desarrollar una cultura científica y ecológica, en el sentido de la ecología política; son desafíos sociales que movilizan representaciones, valores e intereses en confrontación (Sauvé, 2010). Las CSC están en nuestra sociedad, en los campos de investigación y de profesión, en las aulas de clase, en los medios de comunicación; son muchos los actores involucrados

en la producción de estos temas: científicos, filósofos, ciudadanos denunciantes. Para Simonneaux y Simonneaux (2014), el conocimiento involucrado en las CSV es controvertido, plural, poliparadigmático y comprometido (analiza las controversias, las incertidumbres, los riesgos); es contextual (observa datos empíricos en un contexto particular) y distribuido (construido por los diferentes productores de conocimiento).

El estudio de las CSV y las CSC invita a reconocer las complejidades de las realidades socioecológicas y el carácter evolutivo, y a veces las contradicciones del saber científico; ambas estimulan la relación sobre la dimensión ética de la toma de decisiones y de la acción para percibir la naturaleza de los conflictos en los que emergen (Sauvé, 2010). Para Parga (2019), las CSC abordadas desde la EC aluden a tres pilares del desarrollo sustentable: económico, científico (ecológico) y social; en tanto que las CSV desde la educación ambiental (EA) consideran principalmente tres pilares del desarrollo humano sustentable: ético, cultural y político. Los dos grupos de pilares están interrelacionados y son interdependientes (Parga, 2019) en la medida que se tenga una visión compleja y sistémica de las cuestiones a analizar y resolver.

Cuando las CSC son trabajadas por los profesores de química, las controversias de naturaleza socioambiental tienen mayor predominio (Martínez y Parga, 2013), por ejemplo, al desarrollar cuestiones como las siguientes: vale más el agua o el oro, alimentos transgénicos, el agua es mercancía o un bien común de los seres vivos del planeta, bebés a la carta, el dopaje deportivo, vacunas y COVID-19, existe el cambio climático. La perspectiva CTSA hace más énfasis en la formación ciudadana de los sujetos, formación que las CSC desarrollan desde temas controvertidos como los riesgos para la salud y el ambiente de determinados desarrollos tecnocientíficos, y que a partir de la enseñanza de la química se trabajan como controversias. Muchos profesores pueden considerar que evitar temas controvertidos, especialmente aquellos con dimensiones políticas significativas, y evitar involucrarse en acciones sociopolíticas es adoptar un punto de vista neutral (Bencze, 2017); evitar asuntos políticos es, en efecto, dejar que otros decidan; en este sentido, STEPWISE permite que los estudiantes alcancen temprano esta comprensión para garantizar una conciencia sociopolítica de por vida. Sin embargo, este enfoque es más para la educación científica, pues muchos de los problemas ambientales hoy son, en gran medida, problemas sociales más que científicos, y no basta solo con la ciencia y la tecnología para superarlos.

Ambientalización del contenido en la enseñanza de la química

Al incluir lo ambiental en la EC, hay una aproximación compleja de las relaciones CTSA, las CSC, las CSV o la perspectiva CSC/CSV, que incluyen aspectos ambientales. En los dos casos interactúan aspectos sobre la naturaleza y la sociedad. El asunto aquí es saber cómo el profesorado de química usa estas perspectivas para incluir, en la enseñanza de su área, contenidos ambientales como forma de ambientalizar el contenido y que pueda movilizar, en sus estudiantes, el interés por los temas ambientales; también es necesario su formación en estas perspectivas para el abordaje de temas controversiales y socialmente vivos, tales como la contaminación química por minería, la fumigación con sustancias ilegales, los agrotóxicos, las implicaciones

de la nanotecnología, los transgénicos, los impactos de energías alternativas como la nuclear y las guerras químicas, biológicas y digitales, que son el resultado de las actividades tecnocientíficas y que requieren de la participación de los ciudadanos (Parga y Pinzón, 2014). Parga (2019) se plantea si serán estas las opciones para ambientalizar los contenidos en la formación de profesores de química, o lo que está en predominio con estos enfoques (CTSA, CSC, CSV) es solo para la enseñanza de temas ambientales a partir de la química, con la intención de contextualizar el contenido y llamar la atención de los estudiantes. Para responder a esto, es necesario analizar si las propias propuestas de la EA pueden ser incorporadas en la enseñanza de la química como otra forma de tener una enseñanza de la química ambientalizada.

En la literatura, algunas estrategias y algunos modelos de la EA que han estructurado la enseñanza de la química (EQ) de manera diferente se describen en la **Tabla 1**. Calafell (2015) plantea la necesidad de cambio curricular en las instituciones; García (2015) considera que los modelos didácticos son construcciones teórico-prácticas para describir la realidad educativa y propone instrumentos, normas y pautas para su intervención; Sauvé (2010) muestra diversidad de corrientes, conceptos de EA y estrategias de enseñanza como lazos entre saberes y acciones construidas recíprocamente.

Estas posturas están asociadas con la construcción y el establecimiento de modelos para la acción, siendo necesario completarlas con otros elementos para resolver las diferencias entre educación ambiental, educación para el desarrollo sostenible (EDS) y las demás educaciones propuestas para la sustentabilidad ambiental; se requiere interrelacionar modelos didácticos en el campo ambiental con la cartografía de la EA y el contenido, considerar modelos didácticos ambientales que incluyan las miradas de las “epistemologías otras”, que, según Parga (2019), se relacionan con el pensamiento ambiental, la epistemología del sur, el pensamiento de la sustentabilidad de los pueblos andinos, las visiones andinas de buen vivir o *Sumak Kawsay*, las posmodernas y alternativas a los modelos actuales de desarrollo económico y la propuesta de la ecología integral.

Tabla 1. Modelos didácticos en EA para favorecer la EQ

Propuesta	Modelo o corriente	Características del modelo
Calafell <i>et al.</i> (2015)	El modelo requiere un cambio institucional: curricular, de los contenidos, fines y procesos	Cambio institucional para crear cultura y transformación social
		Organización curricular para superar lo monodisciplinar (valorización racional y emocional), ir de lo horizontal a una perspectiva en red, del currículo estático a uno dinámico, de lo disciplinar al diálogo
		Pasar de los contenidos temáticos a estudiar fenómenos, de la transmisión informativa a la comprensión modelizadora; de la evaluación acreditada a una reguladora
García (2015)	Didáctico tradicional	El profesor enseña sobre el medio y los problemas ambientales; transmite saberes disciplinares y valores ambientales; no tiene contenidos ni objetivos ambientales, solo temas y actividades (salidas pedagógicas, celebraciones especiales)
	Tecnológico	EA es adquirir rutinas, hábitos, conductas proambientales; carece de una visión global de los problemas, sin capacidades para resolver problemas complejos; trabaja con agenda 21 o PRAE (proyecto ambiental escolar) para reducir el consumo
	Activista	Se hacen jornadas y materiales; se sobrevalora la experiencia; el profesor no sabe qué sucede en la mente del alumno al reciclar papel o al analizar indicadores de contaminación porque es un observador; sobrevalora el recurso didáctico. Es un simulacro de aprendizaje significativo
	Constructivista	Perspectiva compleja y crítica, requiere de un modelo no reduccionista e integrador
	Ambientalista (naturaleza)	Inmersión, interpretación, juegos sensoriales, actividades de descubrimiento
	Conservacionista/ recursista (recurso)	Orienta los códigos de comportamientos, auditorio ambiental, proyecto de gestión conservación
	Resolutiva (problema)	Estudios de casos, análisis de situaciones problema, experiencia de resolución de problemas asociados a proyectos
Sauvé (2010)	Sistema (sistema)	Estudio de casos: análisis de sistemas ambientales
	Científica (objeto de estudio)	Estudio de fenómenos, observación, demostración, experimentación, actividad de investigación hipotético-deductiva
	Moral/ética (objeto de valores)	Análisis de valores: clarifica y crítica los valores sociales
	Holística (todo, o ser)	Exploración libre, visualización, talleres de creación, integración de estrategias complementarias
	Crítica (objeto de transformación; lugar para la emancipación)	Análisis del discurso, estudios de casos, debates, investigación-acción
	Feminista (objeto de solicitud)	Estudios de casos, inmersión, talleres de creación, actividades de intercambio, de comunicación
	Etnografía (lugar de identidad)	Cuentos, narraciones y leyendas, estudios de casos, inmersión

Fuente: adaptada de Parga y Mora (2016, pp. 782-783)

Lo descrito deja ver que no existe consenso frente a lo que sería una didáctica ambiental; a veces es referida como una estrategia de aula o un conjunto de actividades, o se considera que con adaptar la didáctica de las ciencias es suficiente. Los que la consideran aún no asumen un estatuto epistemológico autónomo; en tanto que otras perspectivas, como las de Costel (2014), Calafell *et al.* (2015), García (2015), Walls y Dillon (2015) Parga y Mora (2016), Sjöström y Malmö (2018), Parga (2019), pueden asumirla a partir del constructivismo, la interdisciplinariedad, la transdisciplinariedad, la complejidad y el diálogo de saberes, por ser más que una didáctica de la sustentabilidad; como afirman Walls y Dillon (2015), sería un mecanismo de aprendizaje e instrucción de procedimientos y herramientas que ayuden a los alumnos a interrelacionar y ver interdependencias, navegar disputas sociocientíficas, anticipar futuros e imaginar lo más deseable, enfrentar la incertidumbre y el valor, comprender y usar la diversidad; es decir, esta didáctica demanda formar en capacidades-competencias para la sustentabilidad ambiental (Parga, 2019; Rieckmann y Barth, 2022). La didáctica transdisciplinar sería para enseñar la sustentabilidad, porque lo que se está enseñando y aprendiendo son problemas sociocientíficos y, sobre todo, socioambientales. El contenido de lo ambiental, de la sustentabilidad ambiental, no es disciplinar; es un contenido real, vivo, caliente, que genera tensión, emoción, frustración, tanto en el salón de clase como en la sociedad, y, como afirman Simonneaux y Simonneaux (2014), muestra valores éticos, lo que está más allá de las materias escolares; es un contenido del contexto real, no es producto de la tradición cultural, para lo cual los modelos didácticos centrados en lo contextual, las CSC y CSV, están siendo usados aunque varíen entre lo “frío” y lo “caliente”.

La didáctica ambiental, según Parga (2019), debe ser entendida como un campo transdisciplinar, con una mirada crítica y transformadora que se va consolidando, en tanto que sus investigadores, y sobre todos sus profesores, deben superar la concepción de esta didáctica como conjunto de métodos y estrategias de enseñanza, o de actividades propias de gestión ambiental, ecológica, o que significa educar para conservar en lo ambiental, o la EDS, o la educación en ciencias sustentables. Se demanda superar la visión dogmática por una visión relativista, identificar y consolidar modelos didácticos a partir de los cuales enseñar y reconocer las dificultades de enseñanza-aprendizaje propias y la de los estudiantes.

Enseñar lo ambiental no es transversalizar el currículo, porque, de esta forma, sucede como con los contenidos actitudinales; todos los consideran importantes, pero pocos se comprometen y se responsabilizan; esto implica superar la enseñanza intuitiva, rutinaria, artesanal y activista-irreflexiva, por modelos reflexivos, constructivistas y críticos; es decir, por modelos didácticos para abordar los problemas reales, complejos y controvertidos, problemas vivos, que establecen puentes entre conocimientos, saberes y acciones transformadoras. Al enseñar lo ambiental, no se debe asumir que es para tener éxitos inmediatos y fáciles de medir, en el sentido del modelo de enseñanza tecnológico; incluso dejar de creer que, por hacer muchas actividades, los estudiantes aprendieron y que sus ideas, representaciones mentales y conductas fueron modificadas, pues en corto tiempo no es posible, dada la resistencia al cambio; lo logrado puede ser producto de un adiestramiento de la conducta por el activismo y no un aprendizaje significativo, ni posnormal, ni localizado.

De acuerdo con lo analizado, la ambientalización de los contenidos para un profesor de ciencias naturales, en especial de química, pasa, según Parga (2019, 2020), por abordajes incipientes en los cuales se enseña con enfoque central en contenidos monodisciplinarios y se alude a algún tema de interés ambiental tradicional, hasta tener un plan de estudio totalmente basado en problemas reales orientados a la acción; es decir, una ambientalización deseable (transdisciplinar), en la que las CSV favorecen más que las CSC, o, según Sepúlveda y Mora (2021), como cuestiones socioambientales (CSA), cuando se trata de la educación ambiental.

Ciudadanía ambiental y ciencia ciudadana

El término “ciudadanía” no es fácil de conceptualizar. Esto depende de la época, del contexto geográfico, político, ideológico, e incluso de intereses vigentes. Puede ser una idea formal limitada al individuo, centrada en tomar decisiones y en hacer selecciones en un contexto contradictorio que demandaría transformaciones y justicia social, es decir, en la ampliación de la participación de actores diversos en contextos deliberativos. La ciudadanía en la educación es considerada una de las competencias que se deben favorecer; para Colombia, habilitan para la convivencia, la participación democrática y la solidaridad; son desarrolladas durante la enseñanza básica y media. Según el MEN (2004), las competencias ciudadanas son conocimientos, actitudes y habilidades cognitivas, emocionales y comunicativas que, integradas, posibilitan que los ciudadanos y las ciudadanas actúen de forma constructiva en la sociedad democrática para que todas las personas sean sujetos activos-sociales en ejercer la ciudadanía. La formación ciudadana se refiere a saberse relacionar con los demás de forma cada vez más comprensiva y justa, y a la capacidad de resolver problemas cotidianos.

130

En el contexto actual es demandado por la política internacional la formación ciudadana. Es lo que la Unesco denomina educación para la ciudadanía mundial (ECM): una educación que favorece el desarrollo de sociedades más justas, pacíficas, tolerantes, sustentables, inclusivas y seguras. Es uno de los desafíos de la globalización, y más hoy, cuando no se tiene un consenso acerca del significado de ser ciudadano mundial (Unesco, 2016). Esta ECM también ha sido llamada educación sin fronteras o ciudadanía del Estado-Nación, cosmopolitismo, ciudadanía planetaria. Busca empoderar para la participación con roles activos, locales y globales, y enfrentar desafíos como los problemas ambientales, la desigualdad y la injusticia social.

Según Parga (2019), la formación en capacidades-competencias ciudadanas puede darse a través de propuestas argumentadas desde la educación en ciencias CTSA, por ejemplo las cuestiones perversas; las CSC; las CSV; las CSA; la imagen y comprensión pública de la ciencia del siglo XXI, en especial la imagen pública de la química, como plantean Guerris *et al.* (2020); la ciencia y la ciudadanía, o ciencia ciudadana; la ambientalización curricular; la didáctica de las ciencias; la didáctica transdisciplinar; las educaciones para la sustentabilidad ambiental, para el desarrollo sustentable; y la misma educación ambiental, entre muchas otras. Estas han movilizad o intereses en problemáticas actuales. Para esto hay que superar los contenidos enciclopédicos y

transformarlos en lo que Parga (2019) llama contenidos vivos o problemas actuales del mundo, y así contribuir no solo para formar a las presentes y futuras generaciones, sino también para formar en la toma de decisiones, para lograr un mundo más viable y mejor, para que sean respetados los derechos de todos los habitantes del planeta -humanos y demás seres de la naturaleza- y se permita el desarrollo humano en sustentabilidad, y para convivir en armonía.

Unesco (2016) establece el concepto de ciudadanía como un aspecto contemplado en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 2030) a través del ODS 4, para “garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos, lo cual incluye a la ciudadanía mundial como una de sus metas”. Para 2030 la comunidad internacional acordó asegurar que todos los estudiantes adquieran el conocimiento y las habilidades necesarias para promover el desarrollo sostenible -si bien desde América Latina se plantea la sustentabilidad ambiental-, incluyendo a la ciudadanía mundial. Se insta por la responsabilidad de las universidades de promover esta ciudadanía al enseñar a sus estudiantes, miembros de una comunidad global-local, el uso de habilidades para contribuir con ella. Veinte años atrás, Ratcliffe (2001), al analizar el futuro de la educación CTS, asumía que era prominente la ciencia para la ciudadanía y que emergía con fuerza en el currículo, aspecto que hoy está en el centro de la educación en ciencias y sus políticas.

Estos planteos han hecho que surjan visiones sobre la ciudadanía ambiental y la ciudadana en sustentabilidad, que, según Akpan (2017), desde la educación científica como desde las demás educaciones, deben promoverla a través de programas socialmente responsables para que haya personas conscientes de sus responsabilidades; deben favorecer la transformación de vidas y actitudes, la viabilidad de la democracia, la promoción de una ciudadanía “otra”. Como afirman Parga y Pinzón (2014), es posible, a partir de la educación científica, formar ciudadanos autónomos, críticos y responsables, con conocimientos suficientes para tomar decisiones, las cuales están pensadas y fundamentadas desde los saberes de la cultura, analizando las implicaciones sociales, éticas, morales, políticas, económicas y ambientales de los conocimientos. Se trata de una ciudadanía que involucra los saberes producidos por la humanidad, y no solo los conocimientos científicos.

Asimismo, han surgido propuestas como las de ciencia ciudadana (CC) y demociencia (ciencia democrática), ciencia en la comunidad, ciencia multitud, ciencia multitud de fuentes, monitoreo voluntario, ciencia ciudadana en línea. Estas refieren a la participación pública en la investigación científica, en la que se hace monitoreo participativo e investigación-acción participativa y colaborativa, y se mejora la capacidad de las comunidades científicas y la comprensión pública de la ciencia. Esta CC, según Irwin (1995), es más una ciudadanía científica que ambiental o en sustentabilidad, ya que es el desarrollo de conceptos de ciudadanía científica lo que ponen en primer plano, la necesidad de abrir la ciencia y los procesos de la política científica al público; en este sentido, la ciencia debería responder a las preocupaciones de la ciudadanía al producir conocimientos científicos confiables a partir de criterios para tal fin.

Según Blake *et al.* (2020), la ciencia ciudadana es un modelo de investigación que implica la asociación de miembros de la comunidad y científicos acreditados para abordar una cuestión científica de interés mutuo. Estos programas de CC pueden tener un alcance hiper local o global, se centran en tomar o analizar datos o ambos, y pueden abarcar variadas áreas de estudio: astronomía, ornitología, océanos, insectos, arrecifes de coral, peces de agua dulce, agricultura, historia del arte, sismología, hidrología, plásticos, contaminación, percepción ciudadana (de la ciencia), pandemia, COVID-19, entre otros.

Por último, un desafío para la educación científica es impactar en la formación ciudadana; es decir, que desde ella se enfoquen acciones para ayudar a superar problemas de la región como la pobreza, la calidad de vida digna y la injusticia, haciendo una EC con miembros activos. Para ello, fomentar las capacidades-competencias de una persona en el siglo XXI, en la perspectiva de Macedo (2016), Parga (2019) y Rieckmann y Barth (2022), pueden favorecer los aportes de ciencia ciudadana y las cuestiones controversiales (calientes, perversas, agudas, vivas, sociocientíficas, socioambientales, STEPWISE) que fomentan el activismo sociopolítico.

Consideraciones finales

En el contexto colombiano e internacional, la educación en ciencias se ha visto abocada a dejar de ser aislada para ser relacional con educaciones emergentes: EA emancipadora, EDS, educación para la sustentabilidad, educación ciudadana, ecociudadanía y ciudadanía ambiental; lo que ha hecho que esta EC cambie, o no, hacia los extremos fríos y calientes -como dirían Simonneaux y Simonneaux (2014)- al abordar temas agudos de la sociedad para ambientalizar el currículo y evidenciar su evolución (**Tabla 2**).

Tabla 2. Formas de abordar la educación en ciencias (EC)

Niveles Criterios	Extremo frío	Intermedio tibio	Extremo caliente	
	EC	CSC	CSV	Convivir en armonía
Participación democrática	Deliberativa: el conocimiento científico viene de especialistas, es retórico	Práctica: el conocimiento es situado	Democracia representativa (disenso-conflicto)	Democracia comunitaria, planetaria
Aprendizaje	Conceptos de las ciencias	Ciudadanía científica, alfabetización científica, inteligencia moral, responsabilidad social	Desarrollar la ciudadanía científica y política	Desarrollar la ciudadanía ambiental para el cambio social; resolver problemas reales
Conocimiento movilizado	Científico monodisciplinar	Científico interdisciplinar	Interdisciplinar en ciencias y humanidades y conocimiento no académico	Académico, popular, ancestral, etc. (diálogo de saberes)
Objetivo	Desarrollar conocimiento conceptual y procedimental sobre la ciencia Aprendizaje de conceptos	Motivar a los alumnos Convencerlos de los méritos de la tecnociencia, desarrollar pensamiento de orden superior	Fomentar compromisos en los alumnos activistas Toma de decisiones con pensamiento crítico y activismo	Resolver problemas de la vida, reales, del contexto (acción sociopolítica)
Valores promovidos	Valores epistémicos: validez, fiabilidad, precisión	Valores sociales de la ciencia	Valores filosóficos los cuales son explicitados	Valores éticos, morales, espirituales
Niveles de los problemas	Nivel 1 Apreciación del impacto social del cambio científico y social; la ciencia y la tecnología son determinadas por la cultura	Nivel 2 Reconocimiento de las decisiones sobre el desarrollo científico y tecnológico Nivel 3 Desarrollo de los propios puntos de vista y según los valores	N3 y Nivel 4 Reparación y adopción de medidas sobre CSV	N1, N2, N3, N4
Tipos de controversia	Disciplinar	Centrada en la ciencia y la tecnología	Enfocada en lo social	Enfocada en lo socioambiental

133

Fuente: adaptada de Parga (2019, p. 78)

Las CSC, las CSV y el programa STEPWISE están en la perspectiva de la ciencia en contexto -Science- in-Context o SinC- (Bencze *et al.*, 2020), siendo la base de todas ellas la perspectiva educativa CTSA que hoy se comprende como entidad holística, enfocada en las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente, en la que

la ciencia estaría en contextos sociales, tecnológicos, culturales, éticos, políticos y ambientales; se promueve así la responsabilidad social y la agencia, el compromiso de los estudiantes y la esperanza de visiones alternativas del futuro; se busca complementarlas, por ejemplo, desde las CSC con EA, para favorecer el desarrollo de competencias de los estudiantes y de profesores hacia la EDS (Rieckmann y Barth, 2022) y la educación en sustentabilidad ambiental (Parga, 2021), incluida la conceptualización de afirmaciones científicas, el equilibrio de consideraciones éticas y culturales, la negociación de consecuencias no deseadas de las soluciones propuestas y la participación en discursos sociocientíficos (Herman *et al.*, 2018). Si bien el enfoque CTSA, las CSC y las CSV evolucionan de forma diferente, se van adaptando a cada contexto cultural, haciendo que surjan enfoques como cuestiones socioambientales (CSA) que atienden conflictos de esta naturaleza (Mora y Sepúlveda, 2020) y CSC para el caso colombiano (Martínez y Parga, 2013), o, por el contrario, que se mantengan aún en las perspectivas de los años 70 del siglo pasado al 2000, como ocurre con los lineamientos curriculares colombianos (Parga y Mora, 2020).

El enfoque CTSA, las CSC y las CSV, desde la perspectiva filosófica (ontológica, epistemológica y axiológica) y pedagógica–didáctica, tienen más aspectos en común que diferenciados. En su ontología, dejan ver las relaciones complejas de la ciencia y la tecnología con otras dimensiones: política, social, económica, ambiental, espiritual, ética-estética, cultural. Consideran las visiones de la ciencia y la tecnología más allá de lo tradicional e involucran una red de relaciones de la comunidad de pares (Funtowicz y Ravetz, 2000). En lo epistemológico, desarrollan representaciones del mundo al priorizar a las ciencias naturales, haciéndolo un poco menos las CSV; las perspectivas y prácticas CTSA se globalizaron antes que CSC y CSV, pero se han adaptado a los contextos locales. Dependiendo de la corriente, el enfoque CTSA se puede orientar más hacia una perspectiva internalista -o no- de la ciencia y trabajar su naturaleza. En lo axiológico, las CSC discuten y llevan a los estudiantes a tomar decisiones morales para promover cambios en el mundo real.

Pedagógica y didácticamente, según Pedretti y Nazir (2011) y Bencze *et al.* (2020), se muestran variaciones importantes al formar desde la educación científica y al enseñar ciencias desde el enfoque CTSA, las CSV y las CSC. Se promueve la alfabetización científica en la Visión-II. Sin embargo, las CSV politizan más, por lo que llevarían hacia la Visión-III de la alfabetización científico-tecnológica, aspecto que es importante porque se supera la Visión-I, que incluso es favorecida por el enfoque STEAM que hoy es cuestionado por enfatizar lo disciplinar de la ciencia, tecnología, matemática e ingeniería (Bencze *et al.*, 2020); en los tres casos, varía el nivel de activismo, si bien las CSC buscan más el abordaje en valores. Estas dimensiones de la educación en ciencias han permitido ambientalizar el currículo, siendo menos deseable el enfoque CTSA. En un nivel intermedio estaría el abordaje de las CSC, y más deseable serían las CSA (Parga, 2019).

Bibliografía

Aikenhead, G. (2005). Educación ciencia - tecnología - sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se llame. *Educación Química*, 16(2), 114-124. Recuperado de: https://andoni.garriz.com/documentos/aikenhead_a_rose_by_any_other_name.pdf.

Akpan, B. (2017). Science Education in a Future World. En Akpan, B. (ed.). *Science Education: a global perspective* (331-346). Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-32351-0_17.

Bazzo, W. A., Linsingen, I. y Teixeira, L. (2003). Introdução aos estudos CTS (ciência, tecnologia e sociedade). *Cadernos de Ibero-América*. Madrid: OEI.

Bencze, L. (2017). *Science and Technology Education Promoting Wellbeing for Individuals, Societies and Environments*. STEPWISE. Ontario: Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-55505-8.

Bencze, L., Pouliot, Ch., 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*, 1-20. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11422-019-09962-7>.

Blake, C., Rhanor, A. y Pajic, C. (2020). The Demographics of Citizen Science Participation and Its Implications for Data Quality and Environmental Justice. *Citizen Science: Theory and Practice*. DOI: <https://doi.org/10.5334/cstp.320>.

135

Caamaño, A. (2011). Contextualización, indagación y modelización. Tres enfoques para el aprendizaje en las clases de química. *Aula de Innovación Educativa*, 207, 17-21. Recuperado de: http://webdelprofesor.ula.ve/nucleotachira/oscar/materias/practica1/lecturas_pra1/lecturasUnidadI/contextualizacion.pdf.

Calafell, G., Bonil, J. y Junyent, M. P. (2015). ¿Es posible una didáctica de la Educación Ambiental? ¿Existen contenidos específicos para ello? *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental do PPGEA/FURG-RS*, especial, 31-54.

Costel, E. M. (2014). Didactic Options for the Environmental Education. The 6th International Conference Edu World, Pitesti, Arges, Romania, Education Facing Contemporary World Issues. *Proceedings 7th-9th November*, 1380-1385.

Eduards, M., Gil, D., Vilches, A. y Praia, J. (2004). La atención a la situación del mundo en la educación científica. *Enseñanza de las ciencias*, 22(1), 47-64. Recuperado de: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21960>.

Farias, C. R. O., Carvalho, W. L. P. (2012). Do arquivo à escola: interpretações em torno de um caso controverso de direito ambiental no ensino médio. En L. M. Orquiza De Carvalho y W. L. P. Carvalho (Orgs.), *Formação de professores e Questões sociocientíficas no ensino de ciências* (pp. 194-223). São Paulo: Escrituras.

Funtowicz, S. y Ravetz, J. (2000). *La ciencia posnormal*. Barcelona: Icaria.

García, E. (2015). ¿Es posible una didáctica de la Educación Ambiental? Hacia un modelo didáctico basado en las perspectivas constructivista, compleja y crítica. *Revista Eletrónica do Mestrado em Educação Ambiental do PPGEA/FURG-RS, especial*, 1-30.

González, M. I, López Cerezo, J. A. y Luján, J. L. (2000). *Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Tecnós.

Guerris, M., Cuadros, J., González-Sabaté, I. y Serrano, V. (2020). Describing the public perception of chemistry on twitter. *Chemistry education Research and Practice*, 2, 1-12. DOI: 10.1039/C9RP00282K.

Herman, B. C., Sadler, T. D., Zeidler, S. D. y Newton, M. H. (2018). A Socioscientific Issues Approach to Environmental Education. En G. Reis y J. Scott (Eds.), *International Perspectives on the Theory and Practice of Environmental Education: A Reader* (145-162). Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-67732-3>.

Hodson, D. (2017). Foreword: The Significance of STEPWISE for Fostering Life-Long Sociopolitical Activism. En L. Bencze (Ed.), *Science and Technology Education Promoting Wellbeing for Individuals, Societies and Environments*. STEPWISE (3-18). Ontario: Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-55505-8.

136

Ibarra, A. y López Cerezo, J. (2001). Norte y sur de CTS. En A. Ibarra y J. López Cerezo, (Eds.), *Desafíos y tensiones actuales en ciencia, tecnología y sociedad* (13-23). Madrid: Biblioteca Nueva y OEI.

Irwin, A. (1995). *Citizen Science: A Study of People, Expertise and Sustainable Development*. Routledge.

Macedo, B. (2016). *Educación científica*. Montevideo: UNESCO. Recuperado de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000246427>.

Martins, I., Caamaño, A., Chrispino, A. y Vilches, A. (2020). 20 años de seminarios Ibéricos – Iberoamericanos CTS. *Boletín de la AIA-CTS, especial*, 12. Recuperado de: https://aia-cts.web.ua.pt/wp-content/uploads/2020/06/AIA-CTS_Boletim12especial.pdf.

Martínez, L. F. y Parga, D. L. (2013). *Discurso ético y ambiental sobre cuestiones sociocientíficas: aportes para la formación del profesorado*. Bogotá: Editorial Universidad Pedagógica Nacional. DOI: <https://doi.org/10.2307/j.ctvfc51wz>.

Martínez, L. F. (2010). *A abordagem de questões sociocientíficas na formação continuada de professores de ciências: contribuições e dificuldades [Tese doutorado]*. Universidade Estadual Paulista. Recuperado de: <http://www2.fc.unesp.br/BibliotecaVirtual/DetalhaDocumentoAction.do?idDocumento=325>.

Membiola, P. (2001). Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía. Madrid: Narcea Ediciones.

MEN (2004). Serie Guía No. 6 estándares básicos de competencias ciudadanas. Bogotá.

Mitchan, C. (2001). Los científicos e ingenieros como críticos morales en el mundo tecnocientífico. En A. Ibarra y J. López Cerezo (Eds.), *Desafíos y tensiones actuales en ciencia, tecnología y sociedad* (199-216). Madrid: Biblioteca Nueva y OEI.

Mueller, J. (2018). What is Authentic Assessment? Recuperado de: <http://jfmuller.faculty.noctrl.edu/toolbox/whatisit.htm>.

Parga, D. L. (2019). Conhecimento didático do conteúdo ambientalizado na formação inicial do professor de química na Colômbia [Tese doutorado]. Universidade Estadual Paulista. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11449/190931>.

Parga, D. L. (2021). Desafios atuais da educação química e da formação de professores: pesquisas sobre ambientalização do conteúdo. Bogotá: Editorial Universidad Pedagógica Nacional. DOI: <https://doi.org/10.17227/td.2021.8186>.

Parga, D. L. y Alba, D. (2015). Contenidos CTSA en libros de texto de química. *Praxis & Saber*, 6(11), 15-42. DOI: <https://doi.org/10.19053/22160159.3572>.

137

Parga, D. L. y Mora, W. M. (2016). Didáctica ambiental y conocimiento didáctico del contenido en química. *Indagatio didactica*, 8(1), 777-792. Recuperado de: <http://revistas.ua.pt/index.php/ID/issue/view/283>.

Parga, D. L. y Mora, W. M. (2020). Educación CTS en Colombia: un balance de 20 años. *Boletín de la AIA-CTS, edición especial*, 12, 120-125. Recuperado de: https://aia-cts.web.ua.pt/wp-content/uploads/2020/06/AIA-CTS_Boletim12especial.pdf.

Parga, D. L. y Pinzón, Y. (2014). El currículo del programa de formación de profesores en la interfaz universidad escuela. En L. F. Martínez y D. L. Parga (Comps.), *Formación permanente de profesores en la interfaz universidad-escuela: currículos, fundamentos y roles, una experiencia en construcción* (39-71). Bogotá: Editorial Universidad Pedagógica Nacional.

Parga, D. L. y Piñeros, G. J. (2018). Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados. *Educación química*, 29(1), 55-65. DOI: <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63683>.

Pedretti, E. (2003). Teaching Science, Technology, Society and Environmental (STSE) education: Preservice teachers' philosophical and pedagogical landscapes. En D. Zeidler (Org.), *The role of moral reasoning on Socio scientific issues and discourse in science education* (219-239). Kluwer Academic Publishers. Recuperado de: <https://>

www.researchgate.net/publication/318306792_The_Role_of_Moral_Reasoning_and_Discourse_in_Science_Education.

Pedretti, E. y Nazir, J. (2011). Currents in STSE Education: Mapping a Complex Field, 40 Years On. *Science Education*, 95(4), 601-626. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20435>.

Quintero, C. (2007). Diseño, experimentación y evaluación de materiales curriculares para la formación en ciencias, tecnología y sociedad (CTS). Cali: Editorial Universidad Santiago de Cali.

Ratcliffe, M. (2009). The place of Socioscientific issues in citizenship education. En A. Ross (Ed.), *Human Rights and Citizenship Education* (12-16). Londres: CICE.

Ratcliffe, M. (2001). Society in school science education. *School Science Review*, 82(300), 83-92.

Rieckmann, M. y Barth, M. (2022). Educators' Competence Frameworks in Education for Sustainable Development. En P. Vare, N. Lousselet y M. Rieckmann (Eds.), *Competences in Education for Sustainable Development. Critical Perspectives* (19-26). Springer.

Robotton, I. y Simonneaux, L. (2012). Socio-Scientific issues and education for sustainability in contemporary education. *Research in Science Education*, 42(1), 1-4. DOI: [10.1007/s11165-011-9253-2](https://doi.org/10.1007/s11165-011-9253-2).

Rodríguez, H. (2001). ¿Cumple sus promesas la evaluación del riesgo? En A. Ibarra y J. López Cerezo (Eds.), *Desafíos y tensiones actuales en ciencia, tecnología y sociedad* (149-165). Madrid: Biblioteca Nueva y OEI.

Sadler, T. y Dawson, V. (2012). Socio-scientific Issues in Science Education: contexts for the Promotion of Key Learning Outcomes. En B. J. Fraser, K. G. Tobin y C. J. McRobbie (Ed.), *Second International Handbook of Science Education* (799-809). Londres y New York: Springer Dordrecht Heidelberg. DOI: [10.1007/978-1-4020-9041-7_53](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_53).

Sauvé, L. (2010). Educación científica y educación ambiental: un cruce fecundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 5-18. Recuperado de: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/189092/353371>.

Sepúlveda, E. y Mora, W. M. (2021). Cuestiones socioambientales como articulador curricular en la formación de profesores de ciencias: aproximación a un estado del arte. *Praxis & Saber*, 12(31), e12648. DOI: <https://doi.org/10.19053/22160159.v12.n31.2021.12648>.

Sharon, A. J. y Baram-Tsabari, A. (2020). Can science literacy help individuals identify misinformation in everyday life? *Science education*, 104(5), 873-894. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.21581>.

Simonneaux, L. y Pouliot, Ch. (2017). Les Questions Socialement Vives (QSV) ou Socially Acute Questions (SAQ). *Sisyphus-Journal of Education*, 5(2), 1-4. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/5757/575763877001.pdf>.

Simonneaux, L. y Simonneaux, J. (2014). Panorama de recherches autour de l'enseignement des Questions Socialement Vives. *Revue Francophone du Développement Durable*, 4, 109-126. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/281826475_Panorama_de_recherches_autour_de_l%27enseignement-apprentissage_des_Questions_Socialement_Vives.

Sjöström, J. y Eilks, I. (2018). Chapter 4: Reconsidering Different Visions of Scientific Literacy and Science Education Based on the Concept of Bildung. En Y. J. Dori, Z. R. Mevarech y D. R. Baker (Eds.), *Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education* (65-88). Springer.

Sjöström, J. y Malmö, C. R. (2018). Towards Transdisciplinary Didaktik – Didactic Modelling of Complex Controversial Issues Teaching for Reflexive Bildung and Sustainability. En I. Eilks, S. Markic y B. Ralle (Eds.), *Building bridges across disciplines* (3-16). Aachen: Shaker Verlag.

Tedesco, J. C. (2009). Prioridad en la enseñanza de las ciencias: una decisión política. En M. Martin-Gordillo (Coord.), *Educación, ciencia, tecnología y sociedad* (11-20). Madrid: OEI.

UNESCO (2016). *Educación para la ciudadanía mundial. Preparar a los educandos para los retos del siglo XXI*. París: UNESCO. Recuperado de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244957>.

Valladares, L. (2021). Scientific Literacy and Social Transformation. *Critical Perspectives About Science Participation and Emancipation. Science & Education*, 30, 557–587. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2>.

Waks, L. J. (1990). Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos actuales. En M. Medina y J. Sanmartín (Eds.), *Ciencia, Tecnología y Sociedad* (42-75). Barcelona: Anthropos.

Walls, A. y Dillon, J. (2015). Foreword. En S. K. Stratton, R. Hagevik, A. Feldman y M. Bloom (Eds.), *Educating Science Teachers for Sustainability* (v-vii). Springer.

Yacoubian, H. A. (2018). Scientific literacy for democratic decision-making. *International Journal of Science Education*, 40(3), 308-327. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1420266>.

Cómo citar este artículo

Parga Lozano, D. L. (2022). Del CTSA educativo a la ambientalización del contenido y la formación ciudadana ambiental. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad —CTS*, 17(51), 117-140. Recuperado de: [inserte URL]