



## Formación de profesores de ciencias en educación CTSA

### STSE Education for Science Teacher Training

**Rosa Nidia Tuay-Sigua**

Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional de Colombia  
[rtuay@pedagogica.edu.co](mailto:rtuay@pedagogica.edu.co)  
<https://orcid.org/0000-0002-2040-2854>

**Yair Alexander Porras-Contreras**

Departamento de Química, Universidad Pedagógica Nacional de Colombia  
[yporras@pedagogica.edu.co](mailto:yporras@pedagogica.edu.co)  
<https://orcid.org/0000-0002-7111-0632>

#### Resumo:

Voltar a atenção para os processos de formação de professores, sugere aprofundar o ensino e aprendizagem como prática social — que adquire uma conotação particular de acordo com o grupo social no qual se desenvolve—. Desta maneira, o ensino das relações CTSA tem obedecido a certas intenções e integrações que se constituem em um sistema de disposições cognoscitivas, axiológicas e práticas que, por sua vez, permitem entender o sentido e o significado das práticas sociais. Através dos programas de pós-graduação em formação, a Universidad Pedagógica Nacional busca desenvolver investigações no campo das relações CTSA, desde e para a formação do educador. Estas permitem o intercâmbio de resultados em diferentes espaços de encontro entre professores e outros agentes implicados na investigação educativa para estabelecer um conceito mais compreensivo de formação. Também torna possível a mobilização dos representantes dos docentes a partir do tratamento de problemas científicos, tecnológicos e socioambientais, orientados pelo modelo de investigação na escola.

O objetivo é articular os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável-ODS-com as relações CTSA, o que implica abordar de maneira intencional os problemas socioambientais locais e globais que afetam os entornos escolares. Para isso, se requer professores formados que incluam fatores sociológicos do contexto e psicológicos —além das características pessoais dos sujeitos implicados—, assim como fatores escolares e de proposta curricular que articule conteúdos acadêmicos dentro de uma formação disciplinar, pedagógica e didática.

**Palavras-chave:** formação de professores; investigação escolar; objetivos de desenvolvimento sustentável; relações CTSA.

#### Abstract:

Focusing on giving attention to teacher training processes suggests approaching teaching and learning as a social practice - which acquires a particular connotation according to the social group in which it develops. In this way, the teaching of STSE relationships has obeyed certain intentions



and integrations, which are constituted in a system of cognitive, axiological and practical dispositions that allow us to understand the meaning and significance of social practices.

One of the main goals set for all the postgraduate training programs at the Universidad Pedagógica Nacional (UPN), is to develop research in STSE relations, by and for the training of the educator. This enables the exchange of results in different meeting spaces between teachers and other agents involved in educational research to establish a more comprehensive concept of training. It also makes it possible to mobilize the representations of teachers based on the treatment of scientific, technological and socio-environmental problems while they are guided by the research model proposed at schools. The main objective of this paper is to articulate the Sustainable Development Goals-SDG\_ with STSE relationships, which implies intentionally addressing local and global socio-environmental problems that affect school environments. For this, trained teachers are required to include context sociological and psychological factors - in addition to the personal characteristics of the subjects involved - as well as school and curricular design factors that articulate academic content within a disciplinary, pedagogical and didactic training

**Keywords:** Teacher training; School research; Sustainable Development Goals; CTSA relationship

#### Resumen:

Centrar la atención en los procesos de formación de profesores sugiere profundizar en la enseñanza y el aprendizaje como práctica social —que adquiere una connotación particular de acuerdo con el grupo social en el que se desarrolle—. De esta manera, la enseñanza de las relaciones CTSA ha obedecido a ciertas intencionales e integraciones que constituyen un sistema de disposiciones cognoscitivas, axiológicas y prácticas; a su vez, permiten entender el sentido y significado de las prácticas sociales.

A través de los programas de formación posgradual en la Universidad Pedagógica Nacional, se busca desarrollar investigaciones en el campo de las relaciones CTSA desde y para la formación del educador. Estas permiten el intercambio de resultados en diferentes espacios de encuentro entre profesores y otros agentes implicados en la investigación educativa para establecer un concepto de formación más comprehensivo. También hacen posible la movilización de las representaciones de los docentes a partir del tratamiento de problemas científicos, tecnológicos y socioambientales, orientados por el modelo de investigación en la escuela.

El objetivo es articular los Objetivos de Desarrollo Sostenible-ODS- con las relaciones CTSA, lo que implica abordar de manera intencionada los problemas socioambientales locales y globales que afectan los entornos escolares. Para ello, se requieren profesores formados que incluyan factores sociológicos de contexto y psicológicos —además de las características personales de los sujetos implicados—, así como factores escolares y de diseño curricular que articulen contenidos académicos dentro de una formación disciplinar, pedagógica y didáctica.

**Palabras clave:** Formación de profesores; Investigación escolar; Objetivos de Desarrollo Sostenible; Relaciones CTSA.

## Introducción

Autores iberoamericanos (Caamaño, 1995; Acevedo, 1996; Manassero y Vázquez, 2001; Membiela, 2001; Calero et al., 2019) resaltan la importancia de incluir las relaciones Ciencia,



Tecnología, Sociedad y Ambiente-CTSA-, en los programas de formación de profesores para fomentar la participación ciudadana y la responsabilidad social. En este sentido, las propuestas educativas centradas en las relaciones CTSA comparten los principios filosóficos de la alfabetización científica y tecnológica, referidos a la formación ciudadana. Por lo tanto —de acuerdo con Vieira, Tenreiro-Vieira, y Martins (2011)—, es necesario educar para la democracia y la participación de la sociedad.

Una de las alternativas para la formación de profesores desde estos enfoques corresponde a la articulación de la educación para la sostenibilidad como un proceso complejo que engloba múltiples aristas:

*Debe tener en cuenta factores sociológicos — que reconoce situaciones del profesorado según países, regiones, contextos educativos, etc., lo que no posibilita diseñar un único tipo de formación — ; de contexto y factores psicológicos — en la medida en que el aprendizaje se relacione con necesidades sentidas y vinculadas con el análisis de su propia experiencia — ; las características personales de los sujetos implicados; además de factores escolares y de diseño curricular en los que se articulan contenidos académicos, dentro de una formación pedagógica y didáctica, teniendo en cuenta los cambios en la concepción del papel del profesorado como investigador y dinamizador de la cultura, capaz de asumir retos, para adaptarse a las nuevas realidades” (Tuay-Sigua, Carreño, Duran y Valencia, 2015, p.185).*

A partir de estos referentes, se busca la proyección de experiencias educativas enriquecidas que fomenten el reconocimiento de diversas problemáticas ambientales, el estudio de cuestiones sociocientíficas, las relaciones CTSA, la toma de decisiones y la formación ciudadana; aspectos que potencian procesos de transformación en diferentes ámbitos del proceso formativo.

Este artículo pretende dar a conocer la experiencia desarrollada con profesores en formación posgradual que tienen una trayectoria amplia en la enseñanza de las ciencias y han reflexionado sobre su quehacer, pero han tenido pocas oportunidades de trabajar de manera intencional en problemáticas del contexto a partir de un trabajo colectivo para la planificación, realización y documentación de proyectos de investigación. Estos últimos les permita identificar cuestiones sociocientíficas —CSC— a partir de los Objetivos de Desarrollo Sostenible -ODS- para contribuir de manera significativa en la formación ciudadana y crítica de los actores involucrados, y participar en escenarios de comunicación de los resultados de la investigación: permite el intercambio de experiencias con expertos y otros colegas para constituirse en referentes de trabajos similares y ubicarse en condiciones de ser maestros investigadores comprometidos con la resignificación de sus prácticas.

Esto demuestra que más allá de las dinámicas institucionales, los maestros apuestan por otras concepciones de lo que significa educar en ciencias. Se requiere, además de los conocimientos disciplinares, una serie de valores y compromisos que conlleva a trascender los muros del aula y reconocer otros escenarios para la formación de ciudadanos críticos y comprometidos con las dinámicas de su entorno.



## Contextualización teórica

El movimiento CTSA busca promover un tratamiento educativo de las relaciones complejas entre la ciencia, la tecnología y la dimensión socioambiental con el fin de integrar aspectos propios de diferentes dominios explicativos —filosófico, antropológico, ético, histórico, económico, político, etc.—. Si bien estos son retomados de forma fragmentada por espacios académicos institucionalizados, presentan —en algunos casos— una visión distorsionada de la ciencia y la tecnología (Vázquez, 2014).

Algunas investigaciones realizadas en el marco de la didáctica de las ciencias experimentales señalan la presentación de conocimientos ya elaborados y el refuerzo de ideas alternativas por la enseñanza tradicional como causas frecuentes de las visiones distorsionadas y empobrecidas de la ciencia y la tecnología. Parte de estas representaciones propugnan visiones descontextualizadas, elitistas, individualistas, inductivas, rígidas, algorítmicas, *aprobemáticas*, lineales, ahistóricas, y analíticas de la actividad científica y tecnológica (Callejas, Blanco-Portela, Ladino-Ospina, Tuay-Sigua, y Ochoa, 2017).

Por lo tanto, es prioritario el desarrollo de investigaciones en el campo de las relaciones CTSA desde y para la formación del educador, y proponer el intercambio de resultados en los diferentes espacios de encuentro entre los profesores y otros agentes implicados en la investigación educativa. Como resultado del anterior análisis, resulta pertinente considerar las siguientes ideas fuerza de Barraza (2007) para establecer un concepto de formación más comprehensivo, enfocado al estudio de las relaciones CTSA en la Educación en Ciencias de las ciencias:

- La formación es un proceso dialéctico eminentemente personal.
- La trascendencia de la subjetividad se realiza al ponerse el sujeto en formación en relación con los otros y posteriormente al realizar el retorno sobre sí mismo.
- La relación con los otros implica esencialmente apropiación y el retorno sobre sí mismo implica necesariamente reconstrucción.
- El contenido sobre el que trabaja el sujeto en formación son los órdenes socio-institucionales y la cultura, sea de una sociedad en su conjunto, o de una organización laboral en lo específico.
- Las prácticas laborales y/o profesionales atienden al proceso de formación en sus dos vertientes: apropiación y reconstrucción.

De acuerdo con Solbes y Vilches (2004) si la finalidad es formar ciudadanos integrales, es pertinente que docentes y estudiantes, involucrados en la dimensión CTSA:

- 1) Tengan una visión adecuada de cuáles son los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad, sus causas y las posibles medidas a adoptar.
- 2) Comprendan el papel de la ciencia y la tecnología en la resolución de los problemas.
- 3) Sean conscientes de la influencia de la sociedad y de intereses particulares en los objetivos de la ciencia y la tecnología.
- 4) Sean capaces de realizar evaluaciones sobre determinados desarrollos científicos y tecnológicos, en particular, sus riesgos, su impacto tanto social como ambiental.



- 5) Sean capaces, por tanto, de valorar, realizar juicios éticos en torno a los desarrollos, atendiendo a la contribución de estos a la satisfacción de necesidades humanas, a la solución de los problemas del mundo.
- 6) Sean capaces de traducir los argumentos en políticas públicas, escritos, declaraciones, solicitudes, etc.
- 7) Comprendan la importancia de la investigación científica, así como la necesidad del control social que evite la aplicación apresurada de tecnologías insuficientemente contrastadas —«principio de precaución»—.

El Desarrollo Sostenible es considerado uno de los mayores retos en el siglo XXI, en la búsqueda de prácticas sostenibles para disminuir las desigualdades sociales, económicas y ambientales; que afectan el ambiente y la calidad de vida. Reorientar las estructuras y sistemas sociales requiere no solo de la formulación de políticas, sino de actores que estén dispuestos a repensar los propósitos de la educación a través de desarrollos curriculares, prácticas pedagógicas y didácticas, y la investigación en la escuela reorientada hacia comunidades de formación; que a su vez contribuyan a enriquecer las experiencias de aprendizaje a través de enfoques de enseñanza multidisciplinares, incluyentes y participativos.

Un grupo de expertos convocados por UNECE (2011) identificó tres competencias básicas de los educadores para abordar el desarrollo sostenible. Estas involucran: 1). Tener un enfoque holístico que exigen un pensamiento y prácticas integradoras; 2). Visualizar los cambios para explorar futuros alternativos, aprender del pasado inspirados en compromisos con el presente; y, 3). Lograr la transformación para que personas y sistemas aprendan. Esto requiere una transformación en los aspectos pedagógicos, prácticos y del trabajo comunitario en la educación en ciencias.

Construir oportunidades para la formación de profesores demanda la creación de espacios de reflexión crítica hacia la búsqueda e implementación de procesos pedagógicos que respondan en la transformación de maneras de sentir, pensar y actuar de las personas. Para esto resulta imprescindible movilizar aquellas representaciones sociales que propugnan determinismos, linealidades y estereotipos sobre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente (Tuay-Sigua, Pérez, y Porras, 2016).

Por esto, el trabajo por proyectos se constituye en una estrategia de integración del conocimiento para alcanzar la base de los aprendizajes esenciales y ampliar la relación con el entorno. Los proyectos escolares deben iniciar motivando a los estudiantes sobre la importancia del objeto de estudio e invitándolos a investigar. Para lograr esto, el profesor debe ser creativo y así favorecer el enganche inicial que lleve a los estudiantes a asumir con entusiasmo la propuesta. Las principales ventajas que tiene el trabajo por proyectos se resumen en los siguientes aspectos: primero, los estudiantes comprenden los problemas de manera interdisciplinar y se dan a la tarea de buscar soluciones de acuerdo con sus conocimientos. Segundo, se genera motivación hacia el trabajo cooperativo entre estudiantes (Chacón, Chacón, y Alcedo, 2012). Tercero, el trabajo por proyectos a través de la perspectiva CTSA estimula lo que se ha denominado una educación científica relevante para todos; es decir, una educación “en contexto” que proveen los estudios de tecnología y la sociedad (Vázquez y Manassero, 2012).



Al consolidar los proyectos a partir de la identificación de cuestiones sociocientíficas — CSC— en los territorios de influencia de los profesores, se exploran posibilidades de formación ciudadana de los estudiantes a través de la comprensión de la ciencia y la tecnología como construcción social, histórica y cultural, mediada por los colectivos científicos y otros actores sociales que contribuyen a la toma de decisiones.

El abordaje de CSC se constituye en una alternativa para incorporar la perspectiva CTSA en las prácticas de aula y promover la participación de las comunidades educativas como colectivos que aportan a la investigación en la escuela. En este sentido, el enfoque interdisciplinario desde las CSC se convierte en un componente importante para discutir los valores, las implicaciones políticas, sociales, culturales y ambientales de la ciencia y la tecnología en las clases de ciencias. Se constituyen en problemas abiertos, complejos, controvertidos, reales y cercanos a las comunidades (España y Prieto, 2009).

Las características asignadas a las CSC, según Ratcliffe y Grace (2003), son:

1. Tienen anclaje en la ciencia, regularmente en campos de las fronteras del conocimiento y con gran difusión en los medios de comunicación.
2. Permiten tomar posiciones que conllevan a la formación de opiniones y a la realización de elecciones personales y sociales.
3. Trabajan sobre valores, razonamientos éticos y morales.
4. Implican la probabilidades y riesgos.
5. Se ocupan de problemáticas locales y/o globales, estructuradas social y políticamente en relaciones económicas y de poder.
6. Se pueden considerar a partir de la sostenibilidad.

Esta última característica permite articularlas con los ODS para tener una visión amplia de las principales áreas del desarrollo sostenible, además identificar problemáticas que pueden constituirse en oportunidad para articularlas a las prácticas de la educación en ciencias como un tema transversal en todos los niveles educativos.

Dado el carácter investigativo de la propuesta, se busca la transformación de las prácticas pedagógicas y el abordaje de cuestiones socio científicas para la solución de problemas. El proceso de formación se considera una construcción colectiva basada en la auto-reflexión, la cual permite hacer visibles los procedimientos, las estrategias, los contenidos con sus aciertos y desaciertos y a partir de su visibilización y evaluación, plantear alternativas pedagógicas y didácticas en el marco de las relaciones CTSA. De acuerdo con lo anterior, compartimos con Ull y colaboradores (2009), el manejo de tres competencias para la sostenibilidad, que guardan estrecha relación con la alfabetización científica y tecnológica:

1. Competencias cognitivas relacionadas con el saber y vinculadas con la comprensión crítica de la problemática ambiental global y local
2. Competencias metodológicas, relacionadas con el saber-hacer, la adquisición de habilidades, estrategias, técnicas y procedimientos para la toma de decisiones y la realización de acciones relacionadas con el ambiente y el desarrollo sostenible



3. Competencias actitudinales, relacionadas con el saber ser y valorar, donde el desarrollo de actitudes y valores de sostenibilidad resulta imprescindible.

Asumir estas prácticas se constituye en un reto para los docentes, pues requiere que salgan de su trabajo tradicional y se atrevan a formular propuestas que demandan fundamentos teóricos sólidos y robustos para comprender y orientar a los estudiantes, para construir saberes y comprensiones de sí, de los otros y del entorno. Es necesario que el docente domine los conocimientos disciplinares, desde los fundamentos teóricos como prácticos, que le permitan tener la suficiente experticia para crear y recrear los conocimientos, construir y deconstruir saberes con los estudiantes.

Con el abordaje de una CSC se busca identificar y discutir, desde argumentos razonados, las alteraciones desequilibrantes que ha fomentado la tecnociencia a partir de la creación de relaciones entre los participantes, desde los cuales se pueda relacionar la teoría y la práctica de la investigación para la sostenibilidad y generar condiciones para la reflexión sobre las prácticas escolares a partir de experiencias, con enfoques de aprendizaje transformadores en relaciones con el entorno.

## Metodología

La metodología se plantea desde el paradigma cualitativo con enfoque interpretativo con el diseño de proyectos elaborados por 25 profesores de ciencias naturales, cuyo objetivo es transformar las prácticas pedagógicas a partir de la resolución de problemáticas educativas contextualizadas desde las relaciones CTSA. Se parte de una construcción colectiva basada en la autorreflexión, que visibiliza los procedimientos, las estrategias, los contenidos —con sus aciertos y desaciertos— a partir de su evaluación; además de plantear alternativas pedagógicas y didácticas en el marco de las relaciones CTSA, articuladas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Las etapas de abordaje metodológico se orientan, en primera fase, al reconocimiento del contexto a través del método Territori (Bozzano, 2009) para la búsqueda de soluciones locales a problemas globales y la transición a escuelas sostenibles. Se caracterizan los territorios legales, reales, vividos, pensados y posibles. A partir de esto, se discriminan cuáles son las problemáticas identificadas en los contextos escolares y sus entornos que permiten reconocer las políticas claves, recursos e iniciativas que apoyan el abordaje y desarrollo de las cuestiones socio-científicas-CSC seleccionadas.

En segunda fase, se busca la construcción de proyectos que apoyen la construcción de soluciones a las CSC, incluyendo detalles sobre propósitos, enfoques pedagógicos, tipos de iniciativas, grupos objetivo y motivaciones de los estudiantes y profesores.

En tercer momento, se busca proporcionar construir espacios de reflexión sobre los resultados y estrategias de cara al futuro para la formación ciudadana.

La cuarta fase es la comunicación de saberes que se construyen en cada uno de los proyectos, no solo a través de la socialización en el escenario del espacio académico en la Universidad, sino mediante producciones presentadas en el Seminario Iberoamericano CTS. Esto



permite visibilizar el trabajo de los docentes y ubicarlo como investigador que identifica, interviene y comunica los resultados de su trabajo.

La tabla 1 expone los resultados de incorporar las relaciones CTSA, articuladas con los ODS, en los procesos de formación de docentes de la maestría en Docencia de las Ciencias de la Universidad Pedagógica Nacional. También muestra el abordaje en procesos de aprendizaje a través de su inclusión en las actividades, en la evaluación y en las estrategias metodológicas en aulas de educación básica y media de la ciudad de Bogotá, Colombia.

Tabla 1: Investigaciones realizadas por los profesores en las instituciones de educación básica y media

Títulos	Objetivo	Alcances
Aceites residuales: Una estrategia ambiental para la elaboración de jabón líquido	Proponer, desarrollar e implementar una propuesta de desarrollo sostenible a partir del aceite residual de los restaurantes escolares para producir jabón líquido como una alternativa ambiental y económica para las instituciones.	Los residuos, al ser desechados en los cuerpos de agua, generan un impacto desfavorable al medioambiente, especialmente en los recursos hídricos, suelo y a la salud humana; afectan su capacidad de intercambio de oxígeno y alteran los ecosistemas. Por lo que es necesario buscar estrategias para la reducción de este efecto.
Violencia en Colombia: migración interna campo-ciudad	Promover reflexiones sobre aspectos teóricos y prácticos de las dinámicas migratorias internas en Colombia dentro del marco de Desarrollo Sostenible y las relaciones CTSA.	Se evidencia la migración interna en Colombia, además de un desplazamiento cultural, reflejado en las condiciones socioeconómicas que afectan la constitución de las familias de las estudiantes.  La comprensión del concepto de migración y sus derivaciones —interna y externa— abarca múltiples aristas en la historia de Colombia, asociadas a causas y consecuencias de las dinámicas sociales de los integrantes de las comunidades educativas.  Al reconocer saberes ancestrales que se han venido heredando de generación en generación, es posible reflexionar sobre la importancia de la cultura en los territorios para las personas y sus familias.  Las implicaciones de la cultura del contexto en la cultura de la escuela, a través de las migraciones, permitirán comprender las dinámicas sociales de las últimas décadas en el país. Esta es una tarea que apenas se emprende.
Configuración de una estrategia didáctica para promover el uso y cuidado del agua en estudiantes de 11 y 12 años	Construcción de una <i>secuencia de actividades</i> fundamentada en las reflexiones del contexto, que fomente la concienciación y aprovechamiento de las fuentes hídricas en la institución.	Se desarrollan prácticas conformes a la concepción que se tenga del agua —como recurso o como bien— para promover actitudes y acciones en la escuela y en los hogares, y generar un cambio de visiones sobre este bien común.



Una propuesta de aula desde los ODS: Los bioplásticos desde una perspectiva CTSA	Formulación de una propuesta de aula desarrollada bajo la perspectiva CTSA con el fin de brindar herramientas teóricas y prácticas en el fortalecimiento de ciudades sostenibles, a partir del análisis de una problemática ambiental del contexto relacionada con la producción y manejo de residuos.	La configuración de un pensamiento sistemático descentraliza el conocimiento científico, lo que permite al estudiante evaluar las incidencias en el manejo de los residuos sobre las formas de vida. A partir de la experimentación, los estudiantes comprenden y toman una postura argumentativa y propositiva sobre la importancia de la elaboración de bioplásticos, la diferencia que hay en la degradación de polímeros vs. biopolímeros y la importancia de crear nuevas alternativas de solución, reflexiones sobre los problemas ambientales por la acción humana.
Estrategia para la apropiación de los ODS en primera infancia	Desarrollar habilidades de pensamiento como la observación y la clasificación de residuos sólidos con niños de primera infancia.	Permite caracterizar otras formas de actuar del maestro, como pensar en propuestas de aula con nuevas didácticas y metodologías; facilitando el diálogo con otras disciplinas en el encuentro de experiencias pedagógicas para este nivel escolar. Al trabajar de manera intencional los procesos cognitivos en los niños y niñas, se amplía la capacidad de resolver problemas cotidianos de manera creativa. Esta labor debe estar bajo la orientación y el acompañamiento de sus maestros y el trabajo en equipo con los padres de familia. Este procedimiento apoya acciones positivas para la estructuración ética, emocional y cognitiva de los futuros ciudadanos.
Acción por el cambio climático. Mirada a la polución en el aula	Implementación de una propuesta de aula en torno a la contaminación del aire en la ciudad de Bogotá.	Se realiza una caracterización del entorno escolar, que permite identificar las condiciones de la contaminación del aire y de prácticas que contribuyen a la polución; además, permite generar espacios para la divulgación a la comunidad educativa. Se evidencia que los estudiantes tienen unas ideas generales sobre lo que es la contaminación del aire, y que esta se asocia a residuos producto de la actividad humana, lo que demuestra que es necesario seguir trabajando de manera intencional el pensamiento crítico asociado con las CTSA y los ODS.
	- Promoción de reflexiones sobre aspectos teóricos y prácticos de problemas socioambientales, articulados a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en la Educación en Ciencias desde la perspectiva de las Interacciones CTSA.	

Los resultados de estas experiencias muestran los retos a los que se han tenido que enfrentar los docentes, lo que implica prepararse para asumir un papel crítico e incorporar los Objetivos



del Desarrollo Sostenible en la Educación CTSA. Los espacios de formación se constituyen en oportunidades para desarrollar prácticas pedagógicas y didácticas coherentes con las necesidades del contexto y de los estudiantes.

En la primera fase, los resultados muestran la necesidad de caracterizar los diferentes aspectos del territorio —legales, reales, vividos, pensados y posibles— en términos de su espacio geográfico; políticas asociadas a este; el sentir de la comunidad; las características asociadas con condiciones ambientales; las migraciones; el uso de los recursos y de bienes comunes, así como las acciones directas y las prácticas educativas que incentiven su transformación. Esto permite que los estudiantes asuman unas posturas frente a las causas, efectos y acciones como propuestas para abordar problemas locales con una mirada global, que los ubica en la ciudad y sociedad que habitan.

La escuela juega un papel crítico en la consecución del desarrollo sostenible, en la medida en que preparan a los jóvenes para desafiar los paradigmas dominantes y producir una investigación innovadora. Se reconoce que los sistemas educativos juegan un papel clave a la hora de alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible en cuanto preparan a los estudiantes con los conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para orientar los juicios informados.

En la fase dos, como lo muestra la tabla 1, las cuestiones sociocientíficas abordadas desde los ODS resaltan la importancia de la formación en torno a las relaciones CTSA con el fin de garantizar la participación de los ciudadanos en la toma de decisiones fundamentadas sobre aspectos socioambientales, relacionados con la ciencia y la tecnología. En coherencia con los propósitos del Seminario Iberoamericano CTS, se busca contribuir a la formación de una ciudadanía responsable que asuma con conocimientos y experiencias los problemas socioambientales interconectados a los que se enfrenta la humanidad actualmente.

En la fase tres se configuran iniciativas formales como mediaciones interactivas apoyadas en datos de instituciones de orden local y mundial, iniciativas de apoyo a la enseñanza como la cartografía social para identificar condiciones esenciales del territorio y las comunidades. Las iniciativas no formales como trabajo comunitario y la formación de monitores para el acompañamiento en el trabajo de campo.

Al consolidar la educación en ciencias desde la problematización, sistematización y organización de prácticas relacionadas con problemáticas educativas, sociales, científicas y tecnológicas, y con el ambiente —como personas y como grupos sociales—, y al fomentar actividades educativas alternativas mediante la participación y el cambio del papel de estudiante como un sujeto activo y comprometido como ciudadano, se avanza en la garantía de una educación de calidad inclusiva y equitativa, donde se promueven oportunidades de aprendizaje permanente para la vida.

En la fase 4 se consolidan seis comunicaciones, todas presentadas en la convocatoria del VII Seminario Iberoamericano CTS. La escritura de los resultados de las investigaciones realizadas en el aula requirió una mirada del maestro como productor de conocimiento escolar.

La comunicación de los resultados de las investigaciones es una condición esencial del trabajo escolar, en tres aspectos claves: la primera es la construcción de la comunicación. Esto exige la organización de información, síntesis, selección de referentes y el manejo de normas de escritura. La segunda clave es el ejercicio comunicativo para compartir, discutir y presentar los resultados de la investigación en las mesas de trabajo y paneles, que reclama una capacidad de



escucha y aprendizaje, análisis y aporte de y hacia otros con los cuales pueden darse coincidencias o controversias. La tercera es la disposición emocional que demanda movilidad: presentarse ante otros y defender su punto de vista. Esto —sin duda— contribuye a que los maestros tengan otra percepción de su condición y aporta en su identidad profesional.

## Conclusiones

Lograr procesos de intervención desde las relaciones CTSA, articulados a los ODS en el trabajo en el aula, implica desarrollar habilidades prácticas, cognitivas y metacognitivas; disposiciones y rasgos que contribuyan al razonamiento sistemático para transferir capacidades intelectuales de un campo a otro a través de juicios y toma de decisiones razonables, reflexivas y conscientes. Así, se contribuye en la formación de ciudadanos que participen activamente en la sociedad.

Estos enfoques abren diferentes vertientes en el campo educativo, no solo en relación con las prácticas que deberíamos enseñar para obtener resultados beneficiosos, sino como debemos evaluar y analizar estos resultados y aportar a la alfabetización científica y tecnológica. Se evidencia el compromiso de los profesores en potenciar los aspectos más creativos y relevantes de la actividad científica en el marco de las relaciones CTSA, permitiendo la participación de los estudiantes para que sean coprotagonistas del desarrollo de las investigaciones. Esto les permite ser conscientes de su responsabilidad social.

La forma como se han integrado las relaciones CTSA y los ODS a la educación en ciencias ha enmarcado un propósito educativo, que ha conducido, por un lado, a una mayor presencia en el discurso formativo y, por otro, a aportar a la formación ciudadana a partir de la evaluación de las implicaciones del conocimiento en la interpretación y transformación de la realidad; un requisito fundamental para desarrollar una actitud responsable y crítica. Además, se muestra indudablemente su aporte a las investigaciones de naturaleza interdisciplinaria, lo que permite a los educadores encontrar otras formas de replantear el pensamiento crítico —dentro y fuera del aula— en actuaciones de interacción social, ambiental, en elecciones éticas y compromisos públicos.

Los procesos de formación de los profesores deben girar hacia una discusión intencional sobre problemas socioambientales, para que se pueda no solo transformar el trabajo en el aula a partir de estrategias que responden a una pedagogía de tipo dialógico —que permita la aplicación de conocimiento y la construcción de una postura sustentada frente a lo que se construye—, sino modificar acciones, actitudes y comportamientos de los ciudadanos.

El trabajo colectivo de docentes y estudiantes, integrados a las cuestiones sociocientíficas del entorno, permite la apertura de la escuela a diversos ambientes donde transcurre la vida, generando visión y valores compartidos, una mayor conciencia de la necesidad de cambio de las estrategias educativas y un aumento de las interconexiones locales y globales.

Además, es fundamental intercambiar resultados en diferentes espacios de encuentro entre los profesores y otros agentes implicados en la investigación educativa como condición para dinamizar el trabajo en el aula. Al asumirse como bucle, la docencia se retroalimenta de la investigación y viceversa.



Para comprender esta complejidad en la formación de profesores es necesario abordarla desde una mirada crítica, integradora y dialéctica, mediatizada a través de procesos sociales, particularmente desde la integración con otras meta-disciplinas, la cual permite pensarla más allá de una realidad objetiva dada por agentes externos a la escuela, para considerarla como una construcción dialéctica, intersubjetiva, realista y crítica, en donde circulan saberes y emergen redes de interacciones entre sujetos, que se construyen socialmente y se relacionan con el contexto histórico, político y ético en el que son elaborados los conocimientos, como una construcción social y cultural, orientada hacia la transformación de realidades.

En definitiva, los cambios significativos que se logran al implementar una estrategia de formación a partir de las relaciones CTSA, articuladas a los ODS en educación en ciencias, abarca los diferentes actores y conlleva cambios en la formación de profesores que incluye otras visiones.

## Referencias

- Acevedo, J. (1996). La formación del profesorado de enseñanza secundaria y la educación CTS. Una cuestión problemática. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 26, 131-144.
- Barraza, A. (2007). La Formación Docente Bajo una Conceptualización Comprehensiva y un Enfoque por Competencias. *Estudios Pedagógicos*, 33(2), 131-153.
- Bozzano, H. (2009). El Método Territorio. Una mirada territorial a proyectos e investigaciones no siempre territoriales. 8th International Conference of Territorial Intelligence. Salerno: ENTI. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00533337/document>
- Caamaño, A. (ed.) (1995). La educación ciencia-tecnología-sociedad. (Monográfico). *Alambique*, 3.
- Calero M., Mayoral O., Ull A., & Vilches, A. (2019). La educación para la sostenibilidad en la formación del profesorado de ciencias experimentales en Secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, 37(1), 157-175.
- Callejas, M., Blanco-Portela, N., Ladino-Ospina, Y., Tuay-Sigua, R-N., & Ochoa, K. (2017). Professional development of university educators in ESD: a study from pedagogical styles. *International Journal of Sustainability in Higher education*, 18, 648-665.
- Chacón Corzo, M. A., Chacón, C. T., & Alcedo, Y. A. (2012). Los proyectos de aprendizaje interdisciplinarios en la formación docente. *Revista mexicana de investigación educativa*, 17(54), 877-902.
- España, E., & Prieto, T. (2009). Educar para la sostenibilidad: el contexto de los problemas socio-científicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 345-354.
- Manassero, M., & Vázquez, A. (2001). Percepción de los estudiantes sobre la influencia de la ciencia escolar en la sociedad. *Bordón*, 53(1), 97-113.
- Mader, M. et al. (2013). *State of the art report. Mapping opportunities for developing Education for Sustainable Development competences in the UE4SD partner countries*. <https://www.ue4sd.eu/outcomes/2014-12-16-14-08-40>.
- Membiola, P. (coord.) (2001). *La enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía*. Madrid, España: Narcea.
- Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science Education for Citizenship*. Boston, USA: Open University Press.



- Solbes, J., & Vilches, A. (2004). Papel de las Relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente en la Formación Ciudadana. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 337-347.
- Tuay-Sigua, R. N., Carreño, A., Duran, V., & Valencia, F. (2015). Conocimiento profesional docente desde la Naturaleza de la Ciencia, la Tecnología y el Ambiente en docentes de Secundaria. En Duro, E., & Slek, C. (Eds). *Educación secundaria y sus modalidades en el contexto nacional e internacional: presente y por venir* (pp. 173-187), Córdoba, Argentina: Producciones Académicas, UNICEF – EDUCC, Editorial de la Universidad Católica de Córdoba
- Tuay-Sigua, R. N., Pérez, M., & Porras, Y. (2016). Propuesta didáctica para la formación de profesores desde la perspectiva de la sustentabilidad a partir de investigaciones con docentes de Escuelas Normales Superiores. *Tecné, Episteme y Didaxis*: TED. Número Extraordinario, 1298-1305.
- Ull, M., Aznar, P., Martínez, M., Palacios, B., & Piñero, A. (2009). Competencias para la sostenibilidad y curricula universitarios. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 2957-2960.
- UNECE (2011). Learning for the future: Competences in Education for Sustainable Development, ECE/CEP/AC.13/2011/. [http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/esd/6thMeetSC/Learning%20for%20the%20Future\\_%20Competences%20for%20Educators%20in%20ESD/ECE\\_CEP\\_AC13\\_2011\\_6%20COMPETENCES%20EN.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/esd/6thMeetSC/Learning%20for%20the%20Future_%20Competences%20for%20Educators%20in%20ESD/ECE_CEP_AC13_2011_6%20COMPETENCES%20EN.pdf).
- Vázquez, A., & Manassero, M. (2012). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 2): Una revisión desde los currículos de ciencias y la competencia PISA. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 9(1), 32-53.
- Vázquez, A (2014). Enseñanza, Aprendizaje y Evaluación en la Formación de Docentes en Educación CTS en el contexto del siglo XXI. *Revista Uni-Pluri/versidad*, 14(2), 37-49.
- Vieira, R. M., Tenreiro-Vieira, C., & Martins, I. P. (2011). *A Educação em Ciências com orientação CTS. Atividades para o ensino básico*. Porto, Portugal: Areal Editores.