



## Los problemas socio-científicos en la formación de profesores de ciencias: un medio para la construcción del conocimiento en la práctica educativa con enfoque CTS

Socio-scientific problems in the training of science teachers: a means for the construction of knowledge in educational practice with a STS approach

**Leidy Yurani Villa García**

Universidade Federal do Pará

leidyvilla10@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3945-8508>

**Luis Eduardo Mosquera Narvaéz**

Universidade Federal do Pará

lemosqueran@unal.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-7325-6849>

**Licurgo Peixoto de Brito**

Universidade Federal do Pará

licurgo.brito@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8363-8971>

**José Alexandre da Silva Valente**

Universidade Federal do Pará

alexvalt@ufpa.br

<https://orcid.org/0000-0001-9551-3498>

### Resumo:

A ciência e a tecnologia como elementos culturais são integradas em diferentes níveis da sociedade. A educação não é indiferente a isso e, por esse motivo, os professores devem realizar ações no currículo. Nesse caso, são importantes as concepções e conhecimentos que os professores assumem sobre as interações entre ciência, tecnologia e sociedade e como isso afeta o ambiente em que nós desenvolvemos, a partir de uma abordagem CTS. Este artigo destaca o surgimento da abordagem dos problemas sócio científicos como temática de pesquisa no ensino de ciências com uma abordagem CTS, propondo uma estratégia educacional em que modelos para a inclusão de problemas sócio-científicos são explorados. Para isso, utiliza-se uma pesquisa atual em ciências farmacêuticas (Complexo nimesulida-prata e associação de polímeros com quitosana: síntese, caracterização e avaliação biológica), de tal maneira que o professor seja concebido como um investigador de sua própria prática num contexto atual e



relevante social, científica e tecnologicamente. A metodologia foi qualitativa por estudo de caso no programa da licenciatura em ciências naturais da Universidade Federal do Pará, Amazônia-Brasil, na disciplina de prática de ensino com abordagem CTS. A pesquisa foi composta de quatro etapas: fundamentação teórica; Análise de uma pesquisa em ciências farmacêuticas; planejamento e desenvolvimento de trabalho de campo e comunicação de experiências. A análise dos dados permitiu que os professores em formação tivessem contato com a realidade das escolas e o exercício da profissão, em um espaço para integrar conhecimentos disciplinares e pedagógicos, além de identificar o planejamento como um processo de pesquisa.

**Palavras-chave:** CTS; questões sócio-científicos; prática docente; formação inicial.

**Abstract:**

Science and technology as cultural elements are embedded in the different levels of society. Education is not indifferent to this, and for this reason, the teachers must take actions in the curriculum. In this case, the conceptions and knowledge that teachers manage about the interactions between science, technology and society and as it affects the environment, in which we develop from an STS approach, become important. This article highlights the emergence of the approach to socio-scientific problems as a research problem in science teaching with an STS approach, proposing an educational strategy where models for the inclusion of socio-scientific problems are explored, using current research in pharmaceutical sciences (Nimesulide-silver complex and polymer association with chitosan: synthesis, characterization and biological evaluation), in such a way that the teacher is conceived as an investigator of his practice. The methodology was qualitative by a case study in the Bachelor of Natural Sciences program of the Universidade Federal do Pará Amazonia-Brazil in the discipline of teaching practice with an STS approach. It was configured by four stages: theoretical foundation; Analysis of research in pharmaceutical sciences; Design and development of fieldwork, and communication of experiences. The analysis of the data allowed the teachers in training to have contact with the reality of the schools and the exercise of the profession, in a space to integrate disciplinary and pedagogical knowledge, in addition to identifying planning as a research process.

**Keywords:** STS; socio-scientific issues; teaching practice; initial training.

**Resumen:**

La ciencia y la tecnología como elementos culturales están inmersos en los diferentes niveles de la sociedad. La educación no es indiferente a esto, y por esta razón los profesores deben realizar acciones en el currículo. En este caso, cobran importancia las concepciones y conocimientos que los profesores manejen sobre las interacciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad y cómo afecta el entorno en que nos desarrollamos desde un enfoque CTS. Este artículo destaca la emergencia del abordaje de problemas socio-científicos como problemática de investigación de la enseñanza de las ciencias con enfoque CTS, proponiendo una estrategia educativa donde se exploran modelos de inclusión de problemas socio-científicos, utilizando una investigación actual en ciencias farmacéuticas (Complejo de nimesulida-plata y asociación polimérica con quitosana: síntesis, caracterización y evaluación biológica), de tal manera que se conciba al maestro como investigador de su propia práctica. La metodología fue cualitativa por estudio de caso en el programa de licenciatura en ciencias naturales de la Universidade



Federal do Pará Amazonia- Brasil en la disciplina de práctica docente con enfoque CTS. Estuvo configurada por cuatro etapas: fundamentación teórica; Análisis de una investigación en ciencias farmacéuticas; Diseño y desarrollo del trabajo de campo, y comunicación de experiencias. El análisis de los datos permitió a los profesores en formación tener un contacto con la realidad de las escuelas y el ejercicio de la profesión, en un espacio para integrar el conocimiento disciplinar y pedagógico, además de, identificar la planificación como un proceso de investigación.

**Palabras clave:** CTS; cuestión socio-científica; práctica docente; formación inicial.

## Introducción

La investigación sobre conocimiento previo de los estudiantes antes de la escolarización fue desarrollada en los años 70, con base principalmente en las perspectivas teóricas de Piaget (1972) y Ausubel (1990). En la década de los 80, se observó el crecimiento de estudios sobre el desarrollo de los estudiantes antes y después de la enseñanza de los conceptos científicos, previstos en aproximaciones de cambios conceptuales. Estas investigaciones reciben contribuciones significativas de disciplinas como neurociencias, lingüística o psicología, entre otras. Por medio de resultados empíricos a preguntas como: ¿qué aprende el ser humano? ¿Cómo aprende el ser humano? ¿Cuándo se puede aprender? Estas preguntas dieron origen a una serie de estrategias y abordajes para el proceso de enseñanza-aprendizaje-evaluación (EAE), de acuerdo con las diferentes explicaciones y de acuerdo con la manera de concebir y relacionar esos procesos.

Bajo este panorama, se han planteado diversas estrategias para mejorar la enseñanza de las ciencias dentro de las que se reconoce el abordaje de problemas socio científicos dentro del aula para la construcción de conocimiento escolar, esto es evidenciado en los trabajos de Tobin y Fraser (1998), Abell y Lederman (2007) y Vosniadou (2008). En los cuales se plantean de manera consciente que la idea es lidiar con una controversia en la sala de aula para que los alumnos construyan su conocimiento y no resolver el problema.

Al reconocer la importancia del abordaje CTS como una estrategia para la EAE se hace necesario establecer espacios formativos donde los futuros profesores tengan contacto con este enfoque en el ejercicio de la profesión. De allí que en este estudio, se reconoce el abordaje CTS en las ciencias exactas a través de una investigación en ciencias farmacéuticas (Complejo de nimesulida-plata y asociación polimérica con quitosana: síntesis, caracterización y evaluación biológica) y se proyecta a la enseñanza a través de los modelos derivados de la literatura en alfabetización científica, en la cual el conocimiento del estudiante, el conocimiento del profesor y el conocimiento disciplinar de las ciencias naturales están relacionados, para mejorar la enseñanza, aprendizaje y evaluación de forma bidireccional y significativa. Esta investigación fue desarrollada con estudiantes de licenciatura en ciencias naturales de la Universidade Federal do Pará-Amazonia, Brasil, en la disciplina Práctica educativa con enfoque CTS.

En el desarrollo de este trabajo se consideran cuatro etapas, a saber: **La fundamentación teórica** en la cual se realiza una exploración sobre el concepto de currículo como aparato conceptual a través de la relación entre el mundo de la producción y de la reproducción; **El análisis**



**de una investigación en ciencias farmacéuticas** a partir del abordaje CTS en ciencias exactas y los modelos de inclusión de problemas socio científicos en la enseñanza, enfatizando la naturaleza activa e investigativa del profesor; **Diseño y desarrollo del trabajo de campo**, donde la reflexión de la teoría de la primera etapa es colocada en práctica, de modo que enriquezca la acción, autonomía e intervenciones en la sala de aula de los profesores en formación, por tanto, planifican un aula por medio de los modelos observados y levantando un problema socio científico; **La comunicación de experiencias** en la cual el futuro profesor organiza su pensamiento por escrito, formalizando cada experiencia en documentos tipo artículo. Con todo este proceso de investigación, se espera hacer contribuciones para el desarrollo de trabajos llevados a espacios de formación de profesores en sentido que, en sus actividades diarias, sean responsables por promover el aprendizaje de sus futuros estudiantes y mejorar su profesionalismo, orientando en la dirección de reformas educacionales actuales y respondiendo a las necesidades socioculturales que les son presentadas en el campo de la educación en ciencias.

## Contextualización teórica

Actualmente las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) han generado diversas polémicas en la vida social y han generado las más disímiles reacciones sociales, políticas, académicas, éticas y religiosas. De ahí que se plantee como propósito detallar a fondo la naturaleza, significado y relaciones CTS, ¿Qué ideas involucra?, ¿Cómo aparece CTS en la escena de la enseñanza de las ciencias?, ¿Cuáles son sus problemas, sus soluciones y sus aportes al mundo? Para responder a estos interrogantes se asume que la relación CTS gira en torno a un problema central de carácter socio-científico debido a que los desarrollos tecno-científicos han sido de tal magnitud y naturaleza que afectan radicalmente las formas de vida de la sociedad (Uribe, 2007). Estos problemas socio-científicos se identifican en muchos ejemplos, tales como la transgénesis, la clonación, la creación y el uso de armas nucleares, entre otros. No hay duda de que el abordaje de estas cuestiones en la educación formal e informal es una necesidad inaplazable y representa un desafío para los profesores e investigadores.

Autores como Zeidler, Sadler, Simmons y Howes (2005), ubican el enfoque de Problemas Socio-científicos en la Educación, como una reconstrucción y evolución del modelo Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Planteando que la Educación CTS ha sido presentada como temas generales en cursos aislados o cuadros auxiliares en los libros de textos de ciencias, que han permitido reconocer las implicaciones sociales de la ciencia y la tecnología, pero que no han tenido en cuenta explícitamente la filosofía personal y el sistema de creencias de los estudiantes, los contextos particulares de éstos, su crecimiento psicológico y epistemológico, ni el desarrollo de su carácter y valores morales. Por el contrario, el enfoque de los Problemas Socio-científicos si tiene en cuenta estos aspectos, centrándose en los principios morales de los estudiantes, que se manifiestan en el abordaje de problemas basados en la ciencia y la tecnología, en el marco inmediato de sus propias vidas. En este sentido, se plantea que los problemas socio-científicos además de abordar temas de la ciencia que son controversiales, Christensen y Fensham (2012)



plantean que estos problemas se caracterizan por presentar una ciencia: 1) interdisciplinaria; 2) multidisciplinaria incluyendo aspectos no científicos; 3) con un conocimiento que es incierto; 4) en la cual las posibilidades y probabilidades que se hallan son objetivos de solución, no soluciones únicas y correctas; 5) en la que la incertidumbre introduce la idea de riesgo como una característica de las soluciones. De tal manera que, la introducción de las cuestiones socio-científicas basadas en casos representa una estrategia pedagógica que aborda, no sólo los aspectos sociológicos y disciplinares, sino también las consecuencias psicológicas de los planes de estudio y el discurso del aula.

Es aquí donde se plantea la necesidad de formar a los profesores con un enfoque CTS. Reconociendo que formar profesores para que aprendan a enseñar, es un proceso que sobrepasa la transmisión de conocimientos teóricos producto de la investigación sobre la enseñanza. Se trata más bien, de proveer las condiciones necesarias para la construcción de conocimientos prácticos desde las experiencias de enseñanza en contextos reales (Russell y Martin, 2007). Ahora bien, el abordaje de problemas socio-científicos en la formación de profesores trae importantes aportes en su práctica profesional, generando desafíos debido a la exigencia en aspectos sociales, éticos, políticos y ambientales relacionados con los conocimientos disciplinares. Así, el objetivo es proponer estrategias para mejorar la enseñanza de las ciencias a través de problemas socio-científicos, siendo conscientes que no se trata de resolver el problema, pero sí de trabajar la controversia dentro del aula para que los estudiantes construyan el conocimiento escolar.

## Metodología

Direccionados por el propósito de esta investigación, se asumió la metodología desde una perspectiva cualitativa por estudio de caso Stake (1999). Este enfoque brindó la posibilidad de comprender cómo los profesores en formación matriculados en la práctica docente con abordaje CTS proyectan la enseñanza a través de los modelos derivados de la literatura en alfabetización científica. Apoyados en los criterios para la selección del caso enunciados por Stake (1999), se escogió como caso a indagar a los estudiantes matriculados en el curso práctica docente con abordaje CTS, con edades entre los 17 y 30 años. Conviene subrayar que para esta investigación resultó fundamental que ellos estuvieran matriculados en el séptimo semestre del programa de licenciatura; así, llegaron al aula sosteniendo fuertes teorías personales acerca de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

En ese sentido, se plantearon cuatro etapas: 1. La fundamentación teórica, 2. El análisis de una investigación en ciencias farmacéuticas, 3. Diseño y desarrollo del trabajo de campo, 4. La comunicación de experiencias. Desde luego, el desarrollo de este proceso suministró la posibilidad a los estudiantes de: 1) descubrir, clarificar y fortalecer sus teorías personales sobre la enseñanza - aprendizaje y evaluación con un abordaje CTS; 2) desafiar las fuertes teorías personales; 3) desarrollar una nueva comprensión sobre la enseñanza y aprendizaje con enfoque CTS; y 4) potenciar las habilidades reflexivas y de planificación con los diversos modelos de inclusión de los problemas socio-científicos.



## Etapa 1: Fundamentación teórica

Para esta etapa los estudiantes antes de cada clase debieron hacer un estudio reflexivo a los documentos provenientes de la literatura y previamente enviados. De tal manera que se presentan elementos teóricos que les permitieron comprometerse activamente en las discusiones en el desarrollo de las aulas. Es preciso resaltar que esta etapa inició el proceso y continuó su desarrollo de manera paralela a través de todo el proceso.

Inicialmente, se ha tomado como referencia Lundgren (1992), que hace una relación directa con los procesos de producción de las bases materiales de la vida, aspectos simbólicos y condiciones sociales y reproducción de bases materiales simbólicas y de fuerza de trabajo. Da ahí surge la necesidad de representación que es subsecuentemente concebida como un problema curricular. Lo cual lleva a observar el currículo como un aspecto fundamental.

En este sentido, el currículo desempeña un papel importante, articulando o estableciendo un puente entre los principios teóricos de una propuesta educacional y su desarrollo. Es decir, el currículo no es lo que tradicionalmente se espera “una propuesta educacional que será alcanzada en la escuela antes de ser realizada”, por el contrario, es el proceso generado a partir de tareas educacionales planeadas, el estudio empírico de su proceso y la conclusión de los mismos plenamente justificados.

En este trabajo, nos enfocamos en el proceso de planeación curricular donde se asume el abordaje CTS como un aspecto fundamental para la EAE, para esto se plantean textos como: Ensino de Física através de temas no atual cenário do ensino de ciências (Brito y Gomes, 2007); O Surgimento da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na Educação (Vaz, Fagundes y Pinheiro, 2009); Uma análise dos pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) (Santos y Mortimer, 2002); Educação em Química: compromisso com a cidadania (Santos y Schnetzler, 2010); As ilhas de racionalidade e o saber significativo: o ensino de ciências através de projetos (Nehring, Silva, Trindade, Pietrocola, Leite y Pinheiro, 2002); Ciências na Amazônia: o viver e o saber do povo das águas (Lima, Palheta, Dias y Pinheiro, 2006) y la visión CTS de Aikenhead (2005).

A través del análisis de los autores, se establece que el abordaje de cuestiones controvertidas en un contexto de ciencia fue uno de los objetivos del CTS durante la década de 1970, donde cabe resaltar en Inglaterra el *Humanities Curriculum Project* el cual tenía como objetivo abordar las cuestiones controvertidas en las escuelas secundarias: la familia, la pobreza, las relaciones raciales, las relaciones entre los sexos, la ley y el orden. Fueron cuestiones que consideraron que debían abordar, con el propósito de la formación de ciudadanos alfabetizados científicamente. Sin embargo, con la aprobación de la Ley de Reforma Educativa de 1988 y la introducción de un plan de estudios nacional en Inglaterra, Gales e Irlanda del Norte, la enseñanza de la polémica y los temas controvertidos se convirtieron en marginados.

Sin embargo, autores como Zeidler et al. (2005) los diferencian fuertemente del abordaje de la Educación Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) que igualmente pretende una alfabetización científica en los estudiantes; esta diferenciación debida a que la Educación CTS ha sido presentada como cursos aislados o cuadros auxiliares en los libros de textos de ciencias, sin tener en cuenta explícitamente el crecimiento psicológico y epistemológico del estudiante, ni el desarrollo de su carácter y la virtud, que sí son tenidos en cuenta desde el abordaje de problemas socio-científicos.



Los problemas socio-científicos se ubican en el marco general de la alfabetización científica, de manera que estimulan y promueven el desarrollo intelectual relacionando aspectos morales y éticos, así como la interdependencia entre la ciencia y la sociedad. En este caso, los asuntos socio-científicos son problemas 1) que pueden identificarse a partir de premisas diferentes, creencias fundamentales, valores, y se ofrecen explicaciones contradictorias (Crick, 1998; Oulton, Dillon, y Grace, 2004; Villa, 2015); 2) intervienen un número considerable de personas o grupos diferentes (Bailey, 1975; Crick, 1998); y 3) no siempre es susceptible de ser resuelto recurriendo a la evidencia (Stenhouse, 1998; Stradling, 1984; Wellington, 1986). Es decir, estas cuestiones son las que comúnmente dividen la sociedad y para las que grupos significativos ofrecen explicaciones y soluciones opuestas (Crick, 1998, p. 56).

En este sentido los problemas socio-científicos hacen alusión a problemas de naturaleza multifacética, que tienen participación de varias disciplinas científicas, aspectos económicos, filosofía social y ética (Christensen y Fensham, 2012); estos abarcan dilemas sociales vinculados conceptual y tecnológicamente a la ciencia, en cuyo proceso de resolución se realiza un razonamiento informal que describe la generación y evaluación de las posiciones con las que se responde a situaciones complejas (Sadler, 2004; Levinson, 2008), lo cual requiere considerar cuestiones relacionadas al carácter y la virtud de los estudiantes, para permitir el desarrollo de estas (Zeidler et al., 2005). Con el abordaje de los problemas socio-científicos en la escuela, se espera que la ciencia sea un asunto público, de manera que los estudiantes como ciudadanos de una sociedad conozcan y participen con posiciones que implican posturas basadas en la moral, de discusiones sobre temas que son de interés actual y controversiales tales como el uso de células madres, las terapias génicas, los monocultivos para obtención de combustibles, efectos adversos de medicamentos, uso de placebos, terapia con metales, uso de nuevas tecnologías (micro y nanotecnología) y el calentamiento global entre otros. Estos problemas socio-científicos, además de abordar temas de la ciencia que son controversiales (Christensen y Fensham, 2012; Villa, 2015), plantean que se caracterizan por presentar una ciencia: 1) interdisciplinaria; 2) multidisciplinaria incluyendo aspectos no científicos; 3) con un conocimiento que es incierto; 4) en la cual las posibilidades y probabilidades que se hallan son objetivos de solución, no soluciones únicas y correctas; 5) en la que la incertidumbre introduce la idea de riesgo como una característica de las soluciones.

Sin embargo, la inclusión de estos problemas socio-científicos pueden presentar diferentes obstáculos para la inclusión en el aula, entre los que podemos mencionar que (i) la ciencia es compleja, incierta se corre el riesgo de simplificar el asunto, (ii) difícilmente se puede tomar una decisión en estos asuntos pues, apenas se están construyendo, (iii) la ciencia es impermeable (interdisciplinaria), (iv) los maestros asumen una postura lógico-positivista (los hechos científicos son verificables y no se mezclan con el discurso moral).

Teniendo en cuenta estos obstáculos, desde el enfoque de los problemas socio científicos Levinson (2008), propone cinco modelos de inclusión en el aula donde se presenta la jerarquía, fuente de conocimiento, visión del conocimiento, el manejo de la controversia, la pedagogía utilizada y la evaluación que se plantea, los cuales serán el eje orientador del trabajo de campo:



### 1. El modelo del déficit

**Jerarquía Científico** - profesor – estudiante

**Fuente del conocimiento:** Cuerpo de la ciencia

**Vista del conocimiento:** El conocimiento científico es correcto y cierto. Donde hay incertidumbres y conocimientos tentativos es el dominio de los expertos. La Ciencia 'dura' se difunde hacia la ciencia aplicada.

**Controversia:** Es poco probable que los estudiantes y las personas comunes tengan los conocimientos necesarios y la comprensión para participar en cuestiones controversiales. Sin embargo, así como el contenido de la ciencia ellos pueden enseñar acerca de los métodos de la ciencia y las controversias, tanto dentro de los dominios científicos y socio-científicos.

**Pedagogía:** La autoridad del conocimiento se encuentra en la ciencia y el profesor como representante de ella. El conocimiento necesario para una controversia puede ser llevado a la atención de los estudiantes.

**Evaluación:** Prueba de conocimientos/hechos de la ciencia relevante para la controversia

### 2. El modelo de los problemas escolares y sociales

**Jerarquía:** Científico / profesor – estudiante

**Fuente del conocimiento:** Cuerpo de la ciencia y otras disciplinas

**Vista del conocimiento:** El conocimiento científico es correcto, pero el énfasis está en los métodos y procedimientos de la ciencia en lugar de los hechos. La ciencia se difunde en las aplicaciones sociales, pero hay una cierta transparencia sobre el proceso científico.

**Controversia:** Se lleva a cabo en el aula, pero podría implicar el análisis de la ciencia en los periódicos que distinguen la retórica de la evidencia.

**Pedagogía:** Maestro controla el contenido, pero podría ser un facilitador en discusión.

**Evaluación:** Pruebas para habilidades de argumentación, el uso de órdenes para apoyar las reclamaciones

### 3. El modelo socio-pragmático

**Jerarquía:** Científico / profesor / alumno como colaboradores en el contexto escolar

**Fuente del conocimiento:** Ciencia como necesidad

**Vista del conocimiento:** Profesor / expertos delinean áreas de controversia, pero la ciencia es vista como discutible y que responda a las necesidades sociales.

**Controversia:** Participativo.

**Pedagogía:** El profesor como facilitador. El conocimiento compartido entre el profesor y los estudiantes

**Evaluación:** Podría ser el conocimiento y habilidades de los participantes lleva a la clasificación de un problema, pero difícil de determinar.



#### 4. El modelo dialógico / negociado

**Jerarquía:** Científico / Usuario/ alumno. Confía probable que exista entre el consumidor y el experto.

**Fuente del conocimiento:** Varios. Académico / descontextualizados y locales / contextualizada. Interdisciplinario.

**Vista del conocimiento:** Las limitaciones de la ciencia académica reconocida, sino también sus posibilidades. El rol de la evidencia anecdótica y conocimientos comunes descontextualizados. Los funcionamientos de la ciencia son transparentes y discutible, pero todavía hay fronteras entre la ciencia y la sociedad. Controversia: Todas las partes establecen un diálogo para tratar de llegar a una resolución. A menudo orientada a la acción o la acción es un resultado.

**Pedagogía:** El conocimiento compartido, distribuido y negociado entre expertos y usuarios

**Evaluación:** Complejo y problemático. Identificadores en un proceso tales como la naturaleza del diálogo.

#### 5. El modelo de praxis colectiva

**Jerarquía:** Liderados por necesidades de los participantes

**Fuente del conocimiento:** Surge a partir de las necesidades de los participantes y por lo general se basa en conocimientos " locales. El conocimiento científico es subordinado a las necesidades del colectivo y desafiado con frecuencia.

**Vista del conocimiento:** Compartido y distribuido. Hechos y teorías de la ciencia "académica" son vistos como irrelevantes para las necesidades de la comunidad. La ciencia está distribuida de forma heterogénea entre los grupos y las comunidades.

**Controversia:** Podría ser en torno a un tema en particular, pero la visión de la ciencia, que es cuestionable. 'El conocimiento científico es el resultado contingente recibido'. Acción orientada.

**Pedagogía:** Conocimiento compartido y distribuido entre los participantes. Autoridad moldeada por la praxis.

**Evaluación:** Problemática

### Etapa 2: Análisis de una investigación en ciencias farmacéuticas

Partiendo de la reflexión teórica del currículo con enfoque CTS y de los cinco modelos de inclusión de problemas socio científicos propuestos por Levinson (2008), se pretende analizar un problema controversial en las ciencias farmacéuticas desde el marco teórico de CTS propuesto por Aikenhead (2005), a través de tres fases 1. Sociedad y tecnología un vistazo de la ciencia; 2: Tecnología y ciencia (innovación y/o investigación) con objetivo social y 3: La tecnología y ciencia retornando a la sociedad, es decir desde su nacimiento como una necesidad básica de la sociedad que se convierte en un problema antes de ingresar al ámbito técnico y tecnológico, y así ser transformados por medio de conceptos y habilidades científicas para retornar como un producto evaluado (Figura 1).

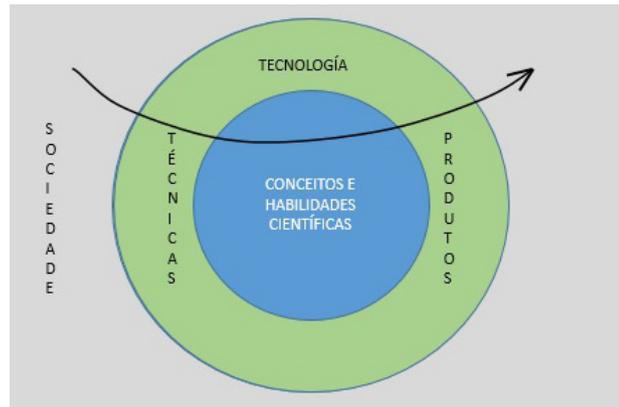


Figura 1: Secuencia de la estructura de enseñanza bajo la orientación CTS (Aikenhead, 2005)

### Ejemplo CTS en ciencias exactas, una investigación en ciencias farmacéuticas

#### *Fase 1: Sociedad y tecnología un vistazo de la ciencia*

Toda sociedad se caracteriza por tener necesidades primarias como lo son: alimentación, vivienda, salud entre otras. Estas generan problemas sociales con bases científicas (problemas socio-científicos) cuando no se satisfacen en su totalidad. En este sentido, la salud como necesidad primaria comprende el uso de medicamentos en la sociedad, es así como, la nimesulida un antiinflamatorio no esterooidal Figura 2, usado ampliamente para el tratamiento de inflamaciones agudas y crónicas, inhibiendo las cicloxigenasas y por consiguiente la formación de prostaglandinas como mecanismo de acción. Esto genera efectos adversos como disturbios gastrointestinales, toxicidad renal y hepática, que se desarrollan principalmente por uso oral y parenteral del fármaco (Figura 3).

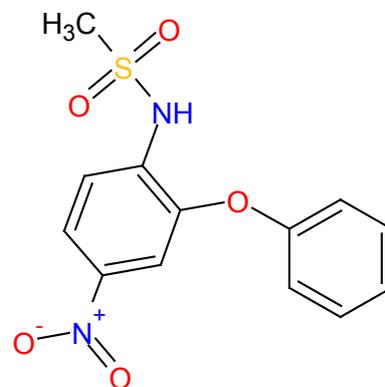


Figura 2: Estructura molecular de la nimesulida y su principal grupo funcional sulfonamida.  
Adaptado de Birkh y Basel (2005)

Estos efectos adversos constituyen una problemática social que es pertinente observar desde la ciencia para dar una posible solución. En este caso particular, el uso de diferentes técnicas (asociación polimérica, gelificación iónica, coacervación, micro emulsiones, complejos de coordinación, etc.) para la síntesis de micro-partículas, así como las nuevas tecnologías, los conceptos y habilidades científicas, llevan a la comprensión, análisis y conclusión del problema socio-científico, y así tener una forma farmacéutica adecuada para la liberación controlada del fármaco.

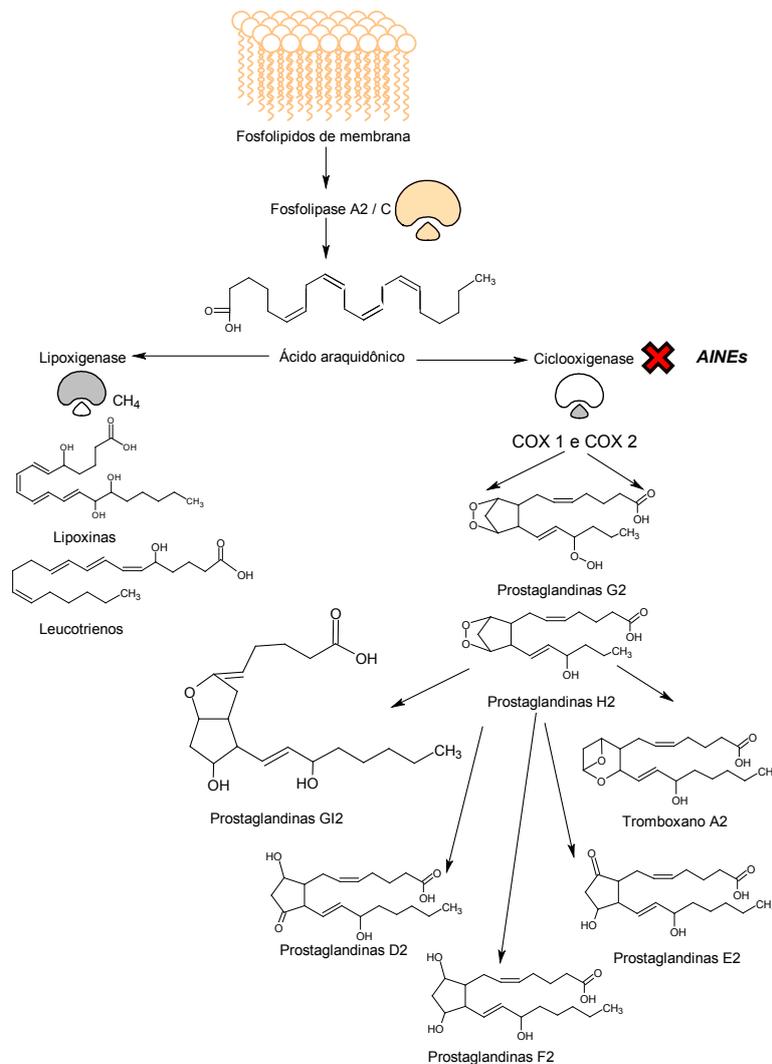


Figura 3: Ruta de síntesis de prostaglandinas y leucotrienos, y acción de los anti-inflamatorios no-esteroides en la cascada de la inflamación (Mosquera, 2020).

### Fase 2: Tecnología y ciencia (innovación y/o investigación) con objetivo social

Asumir este tipo de problemática desde la ciencia y la tecnología con un objetivo social implica el avance de investigaciones relacionadas al diseño y desarrollo de formulaciones farmacéuticas. En este caso particular, la formación de un complejo de coordinación nimesulida-Plata y una asociación polimérica con quitosana (figura 4), se usaron como estrategias para la liberación controlada del fármaco, con el uso de la ciencia y la tecnología para cumplir los objetivos sociales propuestos, caracterizando fisicoquímicamente las sustancias obtenidas, por técnica de ultravioleta, infra-rojo y termogravimetría, así como tener una cinética de liberación del fármaco y finalmente haciendo una evaluación *in-vitro* e *in-vivo* de las micro-partículas para su evaluación farmacológica, y así ver la posibilidad de reducir los efectos adversos de la nimesulida y mantener sus efectos terapéuticos.

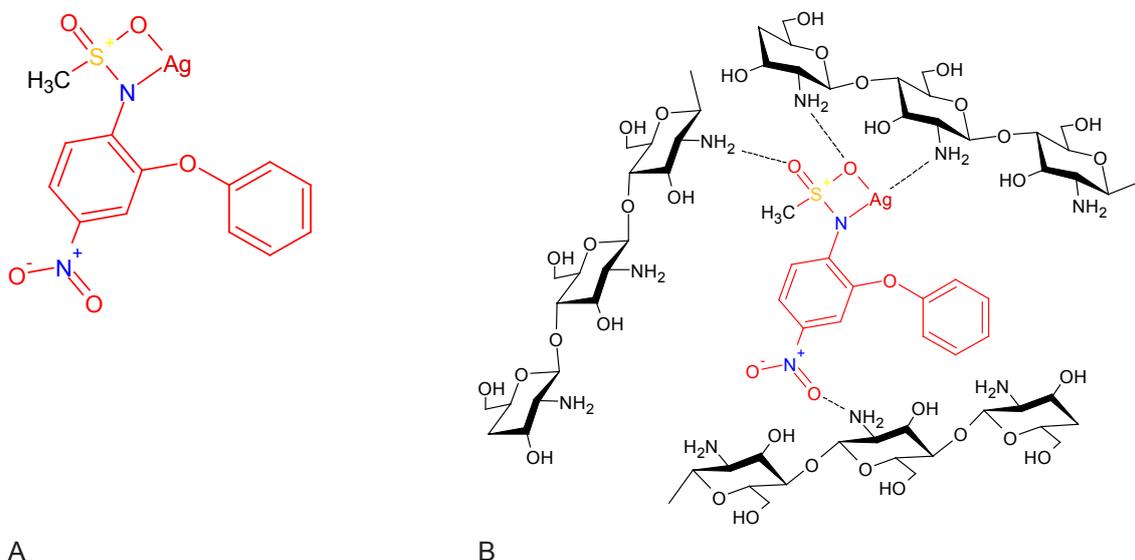


Figura 4: Representación estructural del complejo y su asociación con la quitosana. A) Complejo de coordinación nimesulida-plata. B) Asociación polimérica con quitosana (Mosquera, 2020)

### Fase 3: La tecnología y ciencia retornando a la sociedad

Para hacer un retorno a la sociedad se deben efectuar ensayos no clínicos testados principalmente en animales para obtener el perfil de seguridad, que incluyen estudios toxicológicos. Estos estudios dan como información principal las etapas farmacocinéticas (ADME) y farmacodinámicas de la nueva forma farmacéutica. Los ensayos clínicos son la última etapa, efectuados en humanos, inicialmente sanos y después con la patología.



### **Etapa 3: Trabajo de campo**

En esta etapa, se parte de los acuerdos teóricos que fueron establecidos en la primera etapa sobre los modelos de inclusión de problemas socio-científicos y son colocados en práctica. En este sentido, los profesores en formación planean un aula por medio de un abordaje CTS, en la selección de un grado específico en que se desee trabajar para iniciar el proceso de necesidades conceptuales. Las actividades son realizadas en relación directa con un contexto educativo y un modelo de inclusión específico.

### **Etapa 4: Socialización de las experiencias**

Finalmente, los datos de este estudio fueron recolectados a través de los registros filmicos de las acciones y pensamientos de los profesores formadores y los profesores en formación, durante las diferentes etapas. También, se consideraron fuentes documentales las planificaciones por equipo que realizaron los estudiantes en los diferentes modelos de inclusión de los problemas socio-científicos. Para la socialización del trabajo de campo y la retroalimentación de las ideas frente a las actividades propuestas los estudiantes hicieron una presentación ante sus colegas de la disciplina de su planificación la cual fue discutida frente a los acuerdos conceptuales.

Bajo este panorama, se espera hacer contribuciones para el desarrollo de trabajos orientados a la formación de profesores para mejorar su profesionalismo, en dirección de las reformas curriculares actuales y respondiendo a las necesidades socio-culturales presentes en el campo de la educación en ciencias.

## **Resultados**

Nuevas posibilidades están siendo presentadas actualmente en la investigación educativa, en particular, frente al abordaje CTS en la enseñanza de la ciencia, lo que implica un creciente interés en el estudio de la planeación, desarrollo y evaluación a través de problemas socio científicos en la sala de aula. El abordaje presentado en los modelos de inclusión de los problemas socio científicos a través de la investigación en ciencias farmacéuticas (Complejo de nimesulida-plata y asociación polimérica con quitosana: síntesis, caracterización y evaluación biológica) permitió a los profesores en formación tener un contacto con la realidad de las escuelas y el ejercicio de la profesión, en un espacio que pretendía integrar el contenido y el conocimiento pedagógico.

Durante el trabajo de campo los profesores en formación se agruparon y seleccionaron uno de los modelos de inclusión de problemas socio-científico en el aula modelo de: déficit, problemas escolares y sociales, socio-pragmático, dialógico-negociado y praxis colectiva (Zeidler et al., 2005) para hacer la planificación curricular. Este proceso permitió discusiones identificando que el modelo de *déficit* es un tanto similar al modelo tradicional, donde la controversia es impuesta por el profesor y los estudiantes no tienen la oportunidad o alcance para discutirlo. Por otro lado,



el modelo de *praxis colectiva* es el más distante generando desafíos, debido a la necesidad y demanda de tiempo para su planificación, las características propias del maestro (investigador reflexivo) y las modificaciones en la estructura curricular.

En los debates presentados, se identifica la diferencia entre los objetivos las ciencias (la investigación en ciencias farmacéuticas como objeto de análisis desde las CTS) y la educación en ciencias (La inclusión de un problema socio científico como el presentado en la investigación en ciencias farmacéuticas al proceso de EAE), sin embargo, se racionalizan las diferentes posibilidades de integración de estas a través de los modelos de inclusión de problemas socio-científicos en el aula. Otro aspecto considerado importante fue la necesidad de diferenciar innovación de investigación, una vez que un profesor puede: (i) utilizar investigaciones y/o procesos de innovación para su inclusión en el proceso de EAE y (ii) Identificar, investigación e innovación en la sala de aula.

Considerando las características ya mencionadas del modelo de praxis colectiva, los profesores en formación se sintieron a fin de este, incluso sabiendo que las condiciones de la escuela no son ideales y que es difícil la inclusión de todos los núcleos conceptuales de la misma forma. En este sentido, pensar en lidiar con problemas socio-científicos, teniendo en cuenta que no se pretende resolverlos, pero trabajando en torno de su controversia, permitió integrar diferentes núcleos conceptuales observados en la investigación que se analizó como ejemplo. En tanto algún conocimiento apartado puede ser trabajado a partir de otro abordaje y no se inscribe completamente en el abordaje CTS.

Dentro de los problemas socio científicos que los profesores en formación presentaron en las planificaciones se destaca: alimentos transgénicos, aborto, vacunas, el origen del universo, entre otros, aspectos que son cotidianos y llevan a los estudiantes a asumir una posición crítica frente a las situaciones actuales del país. El análisis de estas planificaciones permite proyectar la relación de la teoría y la práctica al interior del aula, además de ver la necesidad de llevar estos trabajos al desarrollo en un contexto escolar específico. La relación entre la planificación (currículo planeado) y el desarrollo de clases (currículo procesado) debe ser analizada para mejorar y fortalecer la propuesta, llevando en consideración aspectos como: (1) Qué materiales y recursos de enseñanza pueden ser usados en el ambiente de aprendizaje, (2) cómo desarrollar las ideas y direccionarlas de los estudiantes en el recorrido de un aula, qué cambios ocurren de su planificación para su desarrollo, (3) qué y cómo él evalúa los procesos mentales de los estudiantes y con qué finalidad y (4) cómo surge la controversia.

Finalmente, se valora el proceso de investigación acción desarrollado con profesores en formación, donde las aulas fueron elaboradas a partir de los diferentes modelos para la inclusión de problemas socio-científicas en la sala de aula a partir de un abordaje CTS. Pues se da, de acuerdo con las necesidades particulares de un contexto educativo real, donde fue hecho un abordaje para el reconocimiento e identificación de las experiencias que faciliten la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación de conceptos, procedimientos y actitudes en las ciencias naturales. Implicando, con eso, en la concepción de currículo como factor clave para el diseño curricular. En este caso, el currículo fue asumido clásicamente como un proceso lineal donde los fundamentos son los objetivos que en un inicio o en un final de la propuesta son invariables. En contrapartida, en este proceso de investigación el currículo es concebido como un proceso cíclico, en el cual los profesores en formación planifican, desarrollan y evalúan analíticamente su acción docente, con el objetivo de mejorar cada vez más su práctica y potencializar procesos de aprendizaje, dependiendo del aprendizaje significativa en sus estudiantes.



## Conclusiones

En el proceso educativo, cualquier aumento en la autonomía profesional de los profesores presenta consecuencias importantes tanto para el conocimiento solicitado para la investigación, como para la relación existente entre los investigadores y profesores, es decir, un profesor debe ser un investigador. Por tanto, este estudio al reconocer el abordaje CTS en las ciencias exactas a través de una investigación en ciencias farmacéuticas (Complejo de nimesulida-plata y asociación polimérica con quitosana: síntesis, caracterización y evaluación biológica) y proyectarlo a la enseñanza a través de los modelos derivados de la literatura en alfabetización científica, permitió hacer de la planificación un proceso de investigación realizado por el profesor en formación donde se consigue relacionar el conocimiento del estudiante, el conocimiento del profesor y el conocimiento disciplinar de las ciencias naturales, para mejorar la enseñanza, aprendizaje y evaluación de forma bidireccional y significativa.

La tarea de planificar la enseñanza está íntimamente relacionada con la cotidianidad, donde se tornan posibles los procesos de comprensión, creación y transformación de la realidad educativa establecida por el proceso de construcción de conocimiento científico escolar. Por tanto, la inclusión de un problema socio-científico como una investigación en ciencias farmacéuticas en la educación permiten (i) Relacionar los constructos teóricos con la cotidianidad del niño, buscando un posicionamiento y participación ciudadana crítica; (ii) Identificar procesos tecnológicos, de innovación y de investigación que pueden ser llevados al aula para su manejo y no para su resolución y finalmente (iii) Como estos procesos desarrolladas en las ciencias exactas afectan directamente a la sociedad.

Por otro lado, se afirma que en la formación de profesores en ciencias debe haber una relación permanente entre teoría y práctica educativa, que exige la realización de ejercicios pedagógicos sobre problemas educativos específicos, en que se establece la relación enseñanza e investigación. Con base en contextos reales y diferentes abordajes, entre los cuales, se reconoce el enfoque CTS, y que permiten la interacción teniendo la orientación del profesor universitario. En este sentido, la propuesta que el profesor en formación planifica integra la enseñanza y la investigación como medio de inclusión de los problemas socio-científicos en el aula. De tal manera que este espacio formativo integra la realidad de las escuelas y el ejercicio profesional relacionando el conocimiento disciplinar y el conocimiento pedagógico.

## Referencias

- Abell, S., & Lederman, N. (Eds.). (2007). *Handbook of research on science education*. Mahwah, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Aikenhead, G. (2005). Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. *Educación Química*, 16(2), 114-124.
- Ausubel, D., & Novack, J. (1990). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Ed Trillas.
- Bailey, E. (1994). Gender Relations in the Workplace: Using Approaches from the field of Cross-Cultural Training. En Brislin, R. & Yoshida T. (Eds.). *Improving Intercultural Interactions. Modules for Cross-Cultural Training Programs* (pp.221-243), Thousand Oaks, CA: Sage.



- Birch, R., & Basel, V. (2005). Nimesulide – Actions and Uses.
- Brito, L., & Gomes, N. (2007). *Ensino de física através de temas no atual cenário do ensino de ciências*. VI ENPEC. Florianópolis-SC.
- Carr, W. (1988). *Teoría crítica de la enseñanza*. Barcelona: Martínez Roca.
- Christensen, C., & Fensham, P. (2012). Risk, uncertainty and complexity in science education. En Fraser, Barry J., Tobin, K. G., & McRobbie, C. J. (Eds.) *Second International Handbook of Science Education* (pp. 751-769), Londres: Springer.
- Crick, B. (1998). *Education for Citizenship and the Teaching of Democracy in Schools*. Londres: Qualifications and Curriculum Authority.
- Kemmis, S. (1998). *El Currículum: más allá de la teoría de la reproducción*. Madrid: Ediciones Morata S.A.
- Levinson, R. (2008). A Theory of Curricular Approaches to the Teaching of Socio-Scientific Issues. *ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 1(1), 133-151.
- Lima, A., Palheta, F., Dias, L., & Pinheiro, S. (2006). *Ciências na Amazônia: o viver e o saber do povo das águas*. Belém-PA: NPADC, UFPA,
- Lundgren, U. (1992). *Teoría del Currículum y Escolarización*. Madrid: Ediciones Morata S.A.
- Mosquera, L. (2020). *Complexo Nimesulida-Prata E Associação Polimérica Com O Quitosana: Síntese, Caracterização E Avaliação Biológica*. Universidade Federal do Pará.
- Nehring, C., Silva, C., Trindade, J., Pietrocola, M., Leite, R., & Pinheiro, T. (2002). As ilhas de racionalidade e o saber significativo: o ensino de ciências através de projetos. *ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(1).
- Oulton, C., Dillon, J., & Grace, M. (2004). *Reconceptualizing the teaching of controversial issues*. *International Journal of Science Education*, 26(4), 411-425.
- Piaget, J. (1972). *Psicología y pedagogía*. Barcelona: Ariel.
- Russell, T., & Martín, A. (2007). Learning to teach science. En Abell, S., & Lederman, N. (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 1151-1178), Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Sadler, T., & Zeidler, D. (2004). The morality of socio-scientific issues construal and resolution of genetic engineering dilemmas. *Science Education*, 88(1), 4 - 27.
- Sadler, T. (2004). Moral and ethical dimensions of socio- scientific decision making as integral components of scientific literacy. *The Science Educator*, 13, 39- 48
- Santos, W., & Mortimer, E. (2002). Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia –Sociedade) no contexto da educação brasileira. *ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências*. 2(2).
- Santos, W., & Schnetzler, R. (2010). *Educação em Química: compromisso com a cidadania*. Unijui, Ijuí-RS.
- Stenhouse, L. (1991). *Investigación y desarrollo del currículum*. Madrid: Ediciones Morata.
- Stenhouse, L. (1998). *Investigación y Desarrollo del Currículum*. 3ª Edición, Madrid: Ediciones Morata.
- Stradling, R. (1984). The teaching of controversial issues: an evaluation. *Educational Review*, 36(2), 121-129
- Stake, R. (1999). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Ediciones Morata.
- Tobin, K., & Fraser, B. (1998). Qualitative and quantitative landscapes of classroom learning environments. En, Fraser, B., & Tobin, K. G. (Eds.), *The international handbook of science education* (pp. 623–640), Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.



Indagatio Didactica, vol. 12 (4), novembro 2020  
<https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21778>

ISSN: 1647-3582

- Uribe, C. (2007). *Ciencia, Tecnología y Sociedad: Evolución y Revoluciones*. Instituto de Química - Universidad de Antioquia.
- Vaz, C., Fagundes, A., & Pinheiro, N. (2009). O Surgimento da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na Educação: Uma Revisão. I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, Ponta Grossa-PR.
- Vosniadou, S., Vamvakoussi, X., & Skopeliti, X. (2008). *The framework approach to the problem of conceptual change*. En Vosniadou, S. (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 1–34), New York: Routledge.
- Villa. L. (2015). *Transformando la orientación de un PPP desde lo rentable a la formación científica educativa*. Universidad Del Valle.
- Wellington, J. (Ed.). (1986). *Controversial issues in the curriculum*. Oxford: Basil Blackwell, 1986
- Zeidler, D., Sadler, T., Simmons, M., & Howes, E. (2005). Beyond STS: A Research-Based Framework for Socio-scientific Issues Education. *Science Education*, 89(3), 357-377.