



Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad

ISSN: 2145-4426

revistacts@itm.edu.co

Instituto Tecnológico Metropolitano

Colombia

Muñoz García, Gustavo Adolfo

COMPRENSIÓN SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA EN LA ENSEÑANZA DE
LAS CIENCIAS DESDE EL ENFOQUE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD (CTS)

Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad, vol. 6, núm. 11, julio-diciembre, 2014, pp. 61-76

Instituto Tecnológico Metropolitano

Medellín, Colombia

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=534366861005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto



COMPRENSIÓN SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DESDE EL ENFOQUE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD (CTS)

Understanding about the nature of science in science
education from the focus Science,
Technology and Society (STS)

Gustavo Adolfo Muñoz García*



* Licenciado en Filosofía, Profesional de Campo-UCO-IKALA, Proyecto: Actualización de los Planes Educativos Municipales (PEM) y Proyectos Educativos Institucionales (PEI) con Elementos de Seguridad Alimentaria y Nutricional-SAN en Antioquia, Medellín-Colombia, filais@hotmail.com

Fecha recepción: 08 de julio de 2014

Fecha de aprobación: 15 de octubre de 2014

Cómo citar / How to cite

Muñoz, G.A. (2014). Comprensión sobre la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias desde el enfoque ciencia, tecnología y sociedad (CTS). *TRILOGÍA. Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 6(11), 61-76.

Resumen: en este artículo se aborda la cuestión de cómo entender la naturaleza de la ciencia dentro de la enseñanza de estas, a través de un enfoque CTS, que desarrolle un tipo de educación científica para el ciudadano sobre los problemas relacionados con la ciencia y la tecnología. Para ello, se analiza el cambio que ha dado la imagen tradicional de la ciencia y la tecnología al de una imagen social. Asimismo, se describe la postura del enfoque CTS en la educación con miras a una enseñanza de las ciencias más situada, reflexiva y crítica. Finalmente, se ofrece una valoración sobre cómo integrar la naturaleza de la ciencia desde el enfoque CTS en su enseñanza, desde una perspectiva de la formación ciudadana.

Palabras clave: educación científica, naturaleza de la ciencia, Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS) y enseñanza de las ciencias.

Abstract: this article discusses how to understand the nature of science within the teaching of sciences using an approach focused on STS that helps us to develop a scientific education based on social problems regarding science and technology. In this regard, we review briefly the transition from a traditional idea of science and technology to a social image of these fields. Likewise, we describe the point of view of the STS approach in education which aims its efforts at a more centered, reflexive, and critical teaching of science. Finally, we offer an assessment on how to integrate the nature of science from a STS approach in science teaching from the perspective of citizen education.

Keywords: scientific education, science of nature, Science, Technology and Society (STS), and science teaching.

INTRODUCCIÓN

La concepción de ciencia y tecnología ha tomado relevancia dentro de los diferentes sectores de la sociedad, ya sea académico, empresarial o social, indicando la importancia de la alfabetización científica y tecnológica, pues en el contexto actual se pide enfocar acciones e «ir más allá», y

aproximar el conocimiento científico y tecnológico hacia la ciudadanía favoreciendo la llamada apropiación social del conocimiento.

Así pues, la educación científica involucra la alfabetización científica y la educación de los ciudadanos, puesto que no basta con darles conocimientos científicos sino que orienta a los docentes y a la ciudadanía, como lo refleja Marco (1999): «desmitificar y decodificar las creencias adheridas a la ciencia y a los científicos, prescindir de su aparente neutralidad, entrar en las cuestiones epistemológicas y en las terribles desigualdades ocasionadas por el mal uso de la ciencia y sus condicionantes sociopolíticas» (citado en Martin, 2002, p. 2). Esto debe ayudar a los pueblos y a las personas a ver la ciencia como un elemento significativo, donde la información científica sea un instrumento sociopolítico y de apropiación para así participar en discusiones públicas acerca de asuntos que se relacionan con la ciencia y la tecnología; por ello, es preciso que la ciudadanía tenga conocimientos básicos en esta materia, para que «la población sea capaz de comprender, interpretar y actuar sobre la sociedad, es decir, de participar activa y responsablemente sobre los problemas del mundo» (Martin, 2002, p. 3), tomando conciencia de no ser meros espectadores pasivos del cambio complejo en lo natural y artificial sino actuar como sujetos activos en la sociedad.

A continuación, se toman como referencia algunas reflexiones de las posturas críticas sobre la imagen tradicional de la ciencia a una imagen renovada de las relaciones entre Ciencia-Tecnología-Sociedad, permitiendo unos elementos para una vida consciente y crítica en un mundo complejo y cambiante de la tecnociencia. Esta imagen renovada de la ciencia y la tecnología rechaza la imagen reduccionista y unidimensional reconociendo la complejidad sociocultural de las comunidades.

Igualmente, la interacción de CTS en educación contribuye a la renovación de la enseñanza de la ciencia y la tecnología, vinculando lo social, lo económico, lo histórico, lo filosófico y lo cívico-político, de manera que se pueda ofrecer una

visión integradora. Asimismo, se explica que la enseñanza científica tenga el elemento CTS en pro de una imagen renovada de la ciencia y la tecnología y la formación de competencias con espíritu crítico, de tal modo que se incluya el componente de la naturaleza de la ciencia -NdC (Bennássar, Vázquez, Manassero y García, 2010) para dar sentido y coherencia a toda la enseñanza de la ciencia (el porqué y el para qué enseñar ciencia).

MÉTODO

El presente artículo responde a un paradigma cualitativo, cuyo enfoque hermenéutico hace énfasis en el papel que juega la naturaleza de la ciencia en su enseñanza, desde el enfoque CTS. En esta se usó para la recolección de la información la estrategia metodológica documental.

El énfasis está expuesto como un artículo de revisión, a partir de la focalización en temas relacionados con el cambio de la imagen tradicional de la ciencia a una imagen social de la ciencia y la tecnología, el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) en educación y acerca de la naturaleza de la ciencia desde el enfoque (CTS) en la enseñanza de las ciencias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cambio de la imagen tradicional a una imagen social de la ciencia y la tecnología

Desde la Revolución Científica y con la Modernidad se ha dado una valoración a la ciencia como sistema de conocimiento del mundo, una confianza a sus verdades creando adelantos en la tecnología, pretendiendo que el saber científico sea la única forma válida y legítima desde su método organizado y planificado para explicar la realidad, donde la objetividad de la ciencia está garantizada por su método científico, que se basa en dos elementos: la *observación empírica*: recogida de datos sobre los fenómenos naturales a través de los sentidos (fundamentada en la tradición del empirismo clásico) y la

aplicación del *razonamiento lógico deductivo* sobre estos datos (lo que se conoce a partir del siglo XIX como método hipotético-deductivo). Dicha postura clásica considera que tanto los sentidos como el razonamiento lógico son de aplicación universal para todas las acciones humanas. Así pues, esta actitud tradicional y desde el legado de la «concepción heredada» del racionalismo positivista¹ de la ciencia como un *conocimiento fáctico, objetivo y aplicativo*, considerando a la ciencia como una actividad autónoma y pura ajena a otras esferas de la vida social como la política, la economía, la cultura, etc.

En esta concepción la ciencia es

considerada como un conjunto de teorías que representan la «verdad» del mundo natural, teorías que tienen una estructura axiomática, esto es, componen un sistema de enunciados que van desde los más generales a los más específicos (en las versiones más generalistas, las diferentes disciplinas científicas se consideran parte de un gran sistema teórico cuya base es la física matemática) (Chalmers, 2000).

Tras la Segunda Guerra Mundial se estableció el contrato social para la ciencia, donde los países occidentales asumieron que la ciencia y la tecnología lograrían satisfacer las necesidades de seguridad y bienestar socioeconómico. Dicha imagen estuvo influenciada por los lineamientos de la filosofía positivista y la sociología funcionalista de la ciencia predominante en buena parte del siglo XX, orientadas por los valores epistémicos de la búsqueda de la verdad y del conocimiento por el conocimiento. Este tipo de ciencia estuvo marcada por un

individualismo metodológico y el trabajo investigativo giró en torno a la figura del investigador que tiene su laboratorio, y es bajo su nombre que aparecen los descubrimientos. Estos se difunden y discuten en las comunidades de pares, y existe una autonomía de los

¹ Para un resumen de las concepciones positivistas sobre la ciencia véase García Palacios et. al (2001, Capítulo 1) y el libro de Chalmers (2000, Capítulo 1).

científicos en determinar qué se publica o no (Lozano, 2005, p. 12).

Sin embargo, las formas de divulgación de la ciencia estuvieron controladas por comunidades científicas o instituciones públicas y privadas quienes desde sus intereses difundían los resultados de las investigaciones.

Además, según la Organización de Estados Iberoamericanos -OEI- (2001), la *concepción clásica* de las relaciones entre la ciencia y la tecnología con la sociedad, estuvo basada en un modelo lineal con una concepción esencialista y triunfalista, promoviendo una percepción de un conocimiento acumulativo y objetivo sobre el mundo. Este progreso lineal, fue visto como el paradigma del progreso, lo que se conoció como «el viejo contrato social para la ciencia» usando un *modelo déficit simple*,² así, la tecnología fue vista como *ciencia aplicada* que va del progreso científico a lo social. Por otra parte, presentó una confianza por las comunidades científicas y tecnológicas dentro de la actividad científica e industrial. También esta imagen clásica muestra una racionalidad instrumental, técnica, y práctica cuya finalidad es descubrir verdades sobre la naturaleza ajena a valores sociales que afecten dicha práctica científica y tecnológica. Esta visión clásica consideró que la ciencia y la tecnología producen la riqueza, el desarrollo y el bienestar, esto apuntó a una visión del conocimiento científico aislado del mundo social en una esfera autónoma, lo cual permitió caer en el error de suponer que la comunidad científica es inmune y ajena a las demandas de la sociedad en general.

Desde esta perspectiva empezó a desarrollarse a nivel internacional un sistema nacional de ciencia y tecnología que estableció las políticas para los proyectos y la actividad científica. Así, el laboratorio se convirtió en una industria científica según las directrices industriales y militares, donde el científico se convirtió en un actor más del proceso y aparecieron nuevos actores: los ingenieros, los técnicos,

los inversionistas y el Estado (Lozano, 2005). Esta nueva dinámica fortaleció las relaciones entre ciencia y tecnología. No obstante, las decisiones tuvieron en cuenta al par científico, pero las decisiones últimas sobre cómo operaba la investigación y sus resultados fueron de carácter político. Así pues, la actividad científica, estuvo impulsada por los intereses políticos y las agencias militares en el desarrollo de proyectos científicos con orientación militar.

En este sentido, el proyecto de la modernidad de la ciencia y la tecnología suponía que la ciencia era (*racionalidad teórica*) dirigida a descubrir verdades para comprender el mundo y la tecnología (*racionalidad práctica-aplicada-instrumental*) en la creación y manipulación de artefactos para mejorar las condiciones de vida. De este modo, se ha considerado a la tecnología como la parte práctica y material de la ciencia.

Esta distinción entre ciencia y tecnología es un punto que desde la imagen tradicional es presentada como formas autónomas de la cultura, como actividades neutrales, como una alianza hacia la manipulación de la naturaleza (López Cerezo y Sánchez, 2001).

Frente a esta postura se tomó un giro social en la década de los 60 con respecto a las líneas de la idea de desarrollo, progreso y el papel de los expertos en la toma de decisiones, como resultado del modelo lineal de desarrollo creado en los Estados Unidos de cara a la competencia espacial y armamentista presentada con la Unión Soviética. Al mismo tiempo, por la dinámica interna de la ciencia y la tecnología con su idea de autonomía y las formas de neutralidad como actividades aisladas del contexto social, político y económico.

Los primeros casos que surgieron históricamente a este respecto fueron los protagonizados por los grupos

² Véase para ampliar los modelos de la ciencia a Lozano (2005, Capítulo 1).

sociales, organizaciones, movimientos y asociaciones cuya crítica estuvieron relacionados en principio con los desastres ambientales propios del desarrollo industrial contemporáneo como: derrames de petróleo o catástrofes nucleares y otros riesgos e impactos provocados por la ciencia y la tecnología en la sociedad (López Cerezo y Sanz, 2012). Estas protestas sirvieron de base para iniciar procesos de sensibilización, concientización y tratar los temas de la ciencia y la tecnología como un análisis político y de lucha contra los estados tecnocráticos. Más tarde, las políticas científicas y tecnológicas comenzaron a revisarse por algunos gobiernos occidentales. Ciertamente, el papel jugado por las ciencias humanas y sociales tuvo una posición frente a la imagen tradicional de la ciencia y la tecnología, empezando a reconocer que estas tienen un contenido cultural.

Esta idea tradicional dio lugar a la promoción de la desmitificación del conocimiento que surgió en la década del 60 con los estudios en Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) y propició un fuerte revulsivo al concepto de ciencia. Puesto que la valoración tradicional de la ciencia no tuvo en cuenta las cosmovisiones culturales y sociales (Medina, 2001). Al mismo tiempo, la desmitificación integró elementos de carácter sociocultural y político hacia la comprensión de la actividad científica.

De ahí, ciertos movimientos han prestado atención en estudiar las explicaciones internas de la ciencia. Por *internista* se conoce como «la doctrina según la cual la historia de la ciencia se explica a partir de *factores intelectuales*, es decir ideas. El desarrollo de conceptos, de las teorías, modelos, etc. Que dan fundamentación a la ciencia» (Hesse, 1980, p. 9). Asimismo, las posturas desde las explicaciones *externista* de Kuhn (1972), Feyerabend (2000), Hesse (1980), Olivé (2007) y otros, quienes toman en cuenta los factores que no son estrictamente intelectuales sino los de *carácter extrínseco* al conocimiento como aquellos de carácter político, económico, ideológico, etc., para explicar y comprender el desarrollo del *contenido de la ciencia*.

Hesse (1980) defiende el «exterior de la ciencia, desde un enfoque social del interior de la misma, es decir, del contenido del conocimiento» (p. 10). De este modo, hay que saber diferenciar entre factores socio-históricos y los intelectuales para entender la forma de actuar de la ciencia y la tecnología en una determinada sociedad y contexto histórico en particular. Por lo tanto, la ciencia no debe tomarse como una imagen desde la perspectiva racional y aislada de lo social ni tampoco ver la ciencia únicamente marcada por unos valores e intereses socio-culturales y políticos que alejarían la explicación interna de la ciencia. Sin embargo, «cada sociedad puede tener sus propios criterios epistemológicos y sus maneras estándar de usar la terminología cognitiva» (Hesse, 1980, p. 10). Lo anterior, resiste a la imagen de la ciencia bajo unas categorías lógicas y cognitivas, estrictamente intelectuales y que se bastan a sí mismas para proporcionar una visión amplia y ajustada de la ciencia.

Por otro lado, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura, por ejemplo, en su Declaración de Santo Domingo, La ciencia para el siglo XXI: una nueva visión y un marco para la acción (1999), expresa:

Para que un país esté en condiciones de atender a las necesidades fundamentales de su población, la enseñanza de las ciencias y la tecnología es un imperativo estratégico. Como parte de esa educación científica y tecnológica, los estudiantes deberían aprender a resolver problemas concretos y a atender a las necesidades de la sociedad, utilizando sus competencias y conocimientos científicos y tecnológicos [...]

En ella, se recoge la necesidad de localizar nuevas vías para que la ciudadanía tenga acceso a los conocimientos científicos y ofrezca bases para una ciudadanía responsable.

Ahora bien, en el contexto Iberoamericano, se reitera en las Metas 2021 (OEI, 2010), el fomento de una *educación científico-tecnológico* e innovación y cuya orientación educativa para la enseñanza de la ciencia esté compuesto

por la evidencia empírica y la lógica científica como las relaciones sociales, creencias y valores que los científicos usan en el desarrollo tecnocientífico. Asimismo, los valores propios de la ciencia no deben estar aislados de los valores contextuales, tales como los valores éticos, ideológicos, económicos, políticos, religiosos y culturales (Acevedo, 1997).

El enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad -CTS- en la educación

El enfoque CTS en el campo de la educación tiene como objetivo la alfabetización científica y tecnológica de los ciudadanos. Una sociedad donde los ciudadanos requieren de unas competencias científicas a través del manejo de unos saberes científicos y técnicos y competencias ciudadanas, puesto que la alfabetización puede formar a la ciudadanía en modelos de participación basada en cuestionamientos de los aspectos relacionados con el desarrollo tecno-científico. Igualmente, el promover un acercamiento a la ciencia, en la medida en que nos formamos, una comprensión más amplia de la misma o *modelo de déficit complejo*,³ y a saber vivir en el mundo en medio de numerosos interrogantes (Giordan et al, 1994, citado por Osorio, 2002).

Es preciso, mencionar los principales objetivos del enfoque CTS, según la OEI (2001), plantea:

- Promover la alfabetización científica, mostrando la ciencia como una actividad humana de gran importancia social. Forma parte de la cultura general en las sociedades democráticas modernas.
- Estimular o consolidar en los jóvenes la vocación por el estudio de las ciencias y la tecnología, a la vez que la independencia de juicio y un sentido de la responsabilidad crítica.
- Favorecer el desarrollo y consolidación de actitudes y prácticas democráticas en cuestiones de importancia

social relacionadas con la innovación tecnológica o la intervención ambiental.

- Propiciar el compromiso respecto a la integración social de las mujeres y minorías, así como el estímulo para un desarrollo socioeconómico respetuoso con el medio ambiente y equitativo con relación a generaciones futuras.
- contribuir a salvar el creciente abismo entre la cultura humanista y la cultura científico-tecnológica que fractura nuestras sociedades.

En general, el propósito de CTS es promover la «alfabetización científico-tecnológica» para todas las personas, de manera que se capaciten los ciudadanos para participar en el proceso democrático de la toma de decisiones y se promueva la acción ciudadana encaminada a la resolución de problemas, con una visión centrada en la formación de actitudes, valores y normas de comportamiento; además, a la incorporación a nivel educativo como una nueva propuesta curricular desde enfoque CTS como un elemento esencial de la educación científica.

También, Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) en educación, propone comprender la ciencia y la tecnología desde su contexto social, para lo cual relaciona los desarrollos científicos y tecnológicos con los procesos sociales sin olvidar el proceso interno de la propia ciencia. Dicha propuesta presenta una finalidad en el currículo de dar una formación en conocimientos sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología, y el desarrollo de una propuesta política que favorezca la participación ciudadana responsable y democrática en la evaluación y el control de las implicaciones sociales de la ciencia y la tecnología (Wals, 1996).

³ Véase para ampliar los modelos de la ciencia a Lozano (2005, Capítulo 1).

Así, una enseñanza con orientación CTS puede destinarse a (OEI, 2001):

- Incrementar la comprensión de los conocimientos científicos y tecnológicos, así como sus relaciones y diferencias, con el propósito de atraer más al estudiante hacia las actividades profesionales relacionadas con la ciencia y la tecnología.
- Potenciar los valores propios de la ciencia y la tecnología para poder entender mejor lo que éstas pueden aportar a la sociedad, prestando también especial atención a los aspectos éticos necesarios para su uso más responsable.
- Desarrollar las capacidades de los estudiantes para hacer posible una mayor comprensión de los impactos sociales de la ciencia y la tecnología, permitiendo así su participación efectiva como ciudadanos en la sociedad civil. Este punto de vista es, sin duda, el que tiene mayor interés en una educación obligatoria y democrática para todas las personas.

Sin embargo, estos objetivos deseables en la práctica pedagógica en los docentes de ciencias y afines a estas continúan enseñando con la visión tradicional de la ciencia y la tecnología, y pocas veces articulan en sus prácticas docentes el fomento de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología en el estudiante y los conocimientos científicos que se abordan en el aula con el entorno cotidiano, puesto que se mantiene vigente en algunos docentes la imagen positivista tradicional de la ciencia (un cuerpo de conocimientos objetivos, basados en hechos, descubiertos principalmente centrado solamente desde el método inductivo).

Muestra de ello son algunos currículos de la enseñanza de las ciencias que siguen con la orientación en solo trabajar la comprensión *de* la ciencia bajo un enfoque de las tradiciones, ideas, conceptos, teorías leyes y procesos de la ciencia y como una forma de conocer el mundo, y

poco en la comprensión *acerca* de la ciencia o naturaleza de la ciencia (Vásquez y Manassero, 2013) sobre *cómo* es la ciencia, cómo construye su conocimiento, cómo se relaciona con la sociedad, qué valores utilizan los científicos en su trabajo profesional, etc. (Vázquez, Acevedo Díaz y Manassero Mas, 2004) sus creencias, institucionalidades, contextos, socioeconómica, ideología, actitudes sobre la actividad de la ciencia en la sociedad. En palabras de Hills (1989), llama la atención sobre cómo los profesores tienden a enfocarse solo en la explicación de conceptos científicos a «sujetos occidentales», lo cual conlleva a una visión centrada en la transferencia de un plan de estudios (citado por Molina, López, & Mojica, 2005, p. 88).

De lo anterior, algunos autores de la educación en CTS (Posner 1982, Osborne y Wittrock 1983, Yager y Penick 1983, Gil 1983, Driver 1985 y otros tantos) mencionan que la enseñanza de las ciencias se caracteriza en general por estar centrada en los conocimientos, olvidando aspectos históricos, sociales, de relación con el entorno; por la supremacía de los libros de texto, en cuanto que determinan contenidos, formas de enseñanza, evaluación etc.; con la justificación didáctica desde una forma de enseñanza expositiva/ receptiva y con evaluaciones centradas en los contenidos (Vilches y Solbes, 1992).

Como consecuencia, de este tipo de enseñanza se muestra una imagen deformada de la ciencia y los científicos (Schibechi, 1986) caracterizada por un empirismo, que olvida el papel del pensamiento creativo (planteamiento del problema, emisión de hipótesis, diseños etc.) en el trabajo científico, así como por el operativismo, que se limita a la aplicación mecánica de las «fórmulas», por un planteamiento lineal y acumulativo del desarrollo científico que no muestra la ciencia como algo vivo, en constante evolución con crisis y profundos cambios (Kuhn, 1972), y por su falta de «conexión con los problemas reales del mundo» (Penick y Yager 1986, citado por Vilches y Solbes, 1992, p. 1).

Esta visión de la enseñanza de la ciencia es empirista y a-teórica, se difunde una visión rígida del método científico, por lo que el enfoque es analítico, acumulativo y lineal, llevando a una producción de conocimiento descontextualizada y socialmente neutra. Corresponde a la de un conocimiento acabado, definitivo y, por ello, autoritario, dogmático e incontestable (Fernández et al., 2003).

Además, buena parte de la ciencia escolar transmite una ciencia del pasado. Asimismo, «el gremio de profesores de ciencia y aquellos que median con el conocimiento científico fragmentan los contenidos científicos a enseñar por la falta de una articulación entre la didáctica del conocimiento científico y el mundo social» (Muñoz, 2013, p. 53).

Asimismo, hay docentes que continúan con la concepción heredada de la ciencia o concepción tradicional, esta es vista como una empresa autónoma, objetiva, neutral y basada en la aplicación de un código de racionalidad ajeno a cualquier tipo de interferencia externa. Hoy se sabe que este tipo de concepciones son un obstáculo para el aprendizaje de las ciencias (Campanero y Maya, 1999).

Entonces, la propuesta de CTS se enfoca en primer lugar, en la dinámica de la interdisciplinariedad, porque su existencia requiere el llamado a diversos saberes científicos y sociales (Mialaret, 1987, citado por Ángel y Alzate, 2008). En segundo lugar, la ciencia como actividad es una producción humana con historia y necesidades propias como sistema, que no se puede desligar de la subjetividad del individuo que construye «la ciencia como una forma de construcción del objeto definida desde las posiciones de su propia historia, construcción que tiene su propio devenir en términos de los múltiples y complejos determinantes que se integran en la expresión del pensamiento científico, el cual está muy lejos de representar una simple relación

sujeto - objeto en términos de conocimiento» (González Rey, 1997 p.69). Finalmente este autor, la ciencia está en evolución y abierto a verdades no absolutas, en un proceso de construcción en relación con el mundo.

Según Chavellard (1991) la idea de la enseñanza implica una relación ternaria: docente, estudiante y saber. Esa relación ternaria es la relación didáctica. En ese sistema se analiza al docente, al estudiante, pero pocas veces se cuestiona el saber que se enseña con lo social (Muñoz, 2013). Por ello, los contenidos que se transmiten en la escuela son una selección del conocimiento científico (Hurrell, 1997) que descontextualizan la realidad del estudiante.

Algunos docentes influyen a sus estudiantes en la visión sobre la ciencia y la tecnología, proporcionando una perspectiva descontextualizada de esta por el desconocimiento de la naturaleza de la misma, puesto que a través de estas concepciones los docentes ven el mundo, lo interpretan y actúan sobre él (Prats, 1992, citado por Pozo y Gómez, 2000). Además, la labor de educar se sustenta en ciertas concepciones sobre el aprendizaje y la enseñanza que son producto de la cultura educativa y epistemológica en que profesores y estudiantes se han formado a través de sus prácticas cotidianas en los centros educativos.

Si bien es cierto que el docente tiene un desafío de formar basados en competencias (Díaz, 2006), esto significa el cambio del modelo centrado en su contenido disciplinar a uno centrado por competencias. En este, el profesor incluye su conocimiento sobre competencia, competencia específica, ciudadana, científica, tecnológica, investigativa y transversal, con fines de desarrollar un ciudadano en situaciones contextuales. Entonces, la enseñanza no debe aparecer como una transmisión de contenido sino como un proceso de aprendizaje constructivo entre lo intelectual-lógico-racional con lo socio-histórico, político, económico, ideológico, etc. Aquí, el docente desde su conocimiento sistemático y crítico determina el discurso de su enseñanza y esto implica revisar que el perfil por competencias no se centre en solo productos y resultados

(cuantitativos) sino en la riqueza del proceso teórico-práctico, con su integración a las competencias ciudadanas en los contextos globales y locales. Esta influencia de ese contexto impacta las acciones pedagógicas y didácticas donde el conocimiento se enfoque desde un conocimiento situado y contextual (Cruz, 2011).

En este sentido, la ciencia, debe estar ubicada como un conocimiento provisional y parcialmente situado (Haraway, 1996), es decir sensible a los cambios y abierto a los discursos socioculturales. Aquí, el concepto de «conocimiento situado» se construye a partir de la participación de los diferentes actores sociales y políticos en una determinada sociedad desde un conocimiento parcial y posicionado, es decir desde la no existencia de una postura única, ni política, ni retórica sino que el conocimiento parte de

conexiones parciales entre posiciones materiales y semióticas (en el que intervienen actores –y actantes– humanos, tecnológicos, «naturales», híbridos). Estos conocimientos son parciales ya que surgen a partir de las circunstancias semiótico-materiales de las posiciones y articulaciones particulares en que estas se construyen (Haraway, 1995, p. 267).

Este punto de vista parcial, «situado», reivindica la posición específica desde la cual se habla desde el contexto como un elemento de construcción. Esto es ver a los sujetos como un producto histórico, material y tecnológico.

Finalmente, la perspectiva CTS permite ir más allá del conocimiento académico de la ciencia y la tecnología, preocupándose por los problemas sociales relacionados con lo científico y lo tecnológico, favoreciendo la construcción de actitudes, valores y normas de conducta en relación con estas cuestiones y atendiendo a la formación del estudiante, docente y la comunidad en general para tomar decisiones con fundamento y actuar responsablemente individual y colectivamente en la sociedad civil (OEI, 2001).

El aporte de cts a la enseñanza de la naturaleza de la ciencias –NDC

Algunas investigaciones sobre la naturaleza de la ciencia muestran que dentro de la enseñanza tradicional de la ciencia continúa la presencia de concepciones ligadas al positivismo, reflejadas en la existencia de un único método científico, otorgando un estatus jerárquicamente superior a la observación y a la experimentación (Cardoso, Chaparro y Erazo, 2006). Además, las prácticas educativas refuerzan la idea del conocimiento científico como el único saber que posee la capacidad de alcanzar la verdad desde la evidencia inductiva, la hipótesis y lo experimental. Esto muestra que los currículos de la ciencia tradicional han enfatizado su aprendizaje en: *conceptos y teorías científicas, métodos de la ciencia y las aplicaciones de la ciencia*. Lo anterior muestra que la enseñanza científica ha sido una exposición de unos conocimientos ya elaborados, homogéneos, objetivos, neutrales y no sometidos a controversias.

Así pues, en los últimos años ha adquirido mucha importancia el movimiento curricular de CTS que promueve dentro de su estructura, la enseñanza del componente de la naturaleza de la ciencia no desde la acumulación lineal sino en torno a las aproximaciones de los temas y aspectos sociales de la ciencia.

La enseñanza de la naturaleza de la ciencia desde CTS considera los elementos sociales de la ciencia. Estos aspectos los concreta desde la filosofía de la ciencia, la sociología, la política, la economía, el diseño y lo humanístico.

Así, la educación en ciencias desde el enfoque CTS está «inscrita en esta nueva dinámica cultural, que reta a pensar nuevas propuestas curriculares en las que se reflexione acerca de las relaciones entre la ciencia y su conocimiento»

(Fensham y Harlem, 1999) y del desarrollo de habilidades para la toma de decisiones relacionadas con problemas socio- científicos» (Patronis, Potari y Spiliyopoulos, 1999, citado por Tamayo y Orrego, 2005, p. 4).

La perspectiva CTS en didáctica permite

ir más allá del mero conocimiento académico de la ciencia y la tecnología, preocupándose por los problemas sociales relacionados con lo científico y lo tecnológico, favoreciendo la construcción de actitudes, valores y normas de conducta en relación con estas cuestiones y atendiendo a la formación del alumnado para tomar decisiones con fundamento y actuar responsablemente individual y colectivamente— en la sociedad civil (Acevedo, 2009, p. 38).

En este sentido, la formación del docente bajo el enfoque CTS desarrolla una visión amplia donde no se queda en *que es la ciencia*, sino que reflexiona *sobre la ciencia y su papel en la sociedad*. De igual modo, se estudia acerca de la naturaleza de la ciencia mediante la discusión con los aspectos sociales, éticos, políticos, económicos y tecnológicos. Además, motiva a indagar en la historia y la filosofía de la ciencia para estudiarla en su contexto, analizando las relaciones mutuas entre los desarrollos científicos y tecnológicos y los procesos sociales (Acevedo, 2009).

En palabras de Vázquez A.; Manassero Mas, A.; Acevedo Díaz, J. y Pilar Acevedo (2007):

...la historia, la sociología y la filosofía de la ciencia sobre qué es la ciencia, su funcionamiento interno y externo, cómo construye y desarrolla el conocimiento que produce, los métodos que usa para validar este conocimiento, los valores implicados en las actividades científicas, la naturaleza de la comunidad científica, los vínculos con la tecnología, las relaciones de la sociedad con el sistema tecnocientífico y, viceversa, las aportaciones de éste a la cultura y al progreso de la sociedad (p. 2).

Además, la inclusión del concepto naturaleza de la ciencia, puede guiar a los profesores a describir de manera adecuada

la ciencia en sus estudiantes, dado que la naturaleza de la ciencia (NdCyT) surge de su propio carácter interdisciplinario y metadiscursivo: en donde engloba aspectos de historia, epistemología y sociología de la ciencia y la tecnología y las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (CTS). Esta última representa un reto innovador para la investigación didáctica y para la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia.

Según Bennássar, A.; Vázquez, R.; Manassero Mas,⁴ A. y García-Carmona, A. (2010) los especialistas reconocen hoy a la naturaleza de la ciencia y tecnología como uno de los dos componentes esenciales de la alfabetización en ciencia y tecnología, puesto que dicha comprensión influye en las aplicaciones de la ciencia y tecnología en los contextos, así como la participación personal y social de los ciudadanos. Igualmente, esta comprensión de la ciencia y tecnología constituye un valor agregado para la validez del conocimiento y en los ciudadanos el desarrollo de concepciones apropiadas sobre el mundo natural y artificial.

Ciertamente,

la naturaleza de la ciencia y la tecnología comprende las diversas y complejas relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad que han dado lugar al progreso en el conocimiento científico y en la creación de ambientes artificiales más confortables (sanidad, transportes, comunicaciones, educación, etc.), y también perjudiciales en algunos casos (armamentos, contaminación, pesticidas, etc.), a la vez característicos y condicionantes de las formas de vida y cultura desarrolladas en las sociedades modernas actuales (Bennássar, A., et al, 2010, p. 10).

Por otro lado, existe poca aceptación sobre lo que constituye la propia NdC, puesto que no es estática, ni universal (Lederman, 2008). La NdC es un área poliédrica, compleja, dinámica y cambiante, metacognitiva que surge fuera de la ciencia y la tecnología a través de la reflexión

⁴ Un resumen sistematizado de los principales rasgos del consenso sobre NdCyT puede consultarse en Vázquez y Manassero (2012a).

interdisciplinar y dialéctica de las áreas sociales y algunos científicos del campo formal. Con lo anterior, puede afirmarse que es difícil llegar a un concepto preciso de NdC, y algunos consensos lo ubican dentro de las representaciones parciales y provisionales de la ciencia, como formas de construir conocimiento.

La propia expresión naturaleza de la ciencia no ha quedado adecuadamente definida en la literatura, por lo que la naturaleza de la ciencia la han referido solamente a su aspecto epistemológico recogiendo las herencias de los paradigmas sobre la ciencia.

Así, las caracterizaciones que se hacen sobre las definiciones de naturaleza de la ciencia presentan desacuerdos. Sin embargo, varios autores como Osborne, 2003, Bell et al. 2001, Hodson 1992, Matthews 1994 (citado por Bennássar, A., et al, 2010) confirman un nivel de NdC consensuado y relevante para la vida de la ciudadanía.

Este nivel de concreción presenta los siguientes aspectos:

a) reconocer que la ciencia es tentativa (sujeta a cambios); b) basada en la experiencia empírica; c) subjetiva (sujeta al consenso de los pares); d) producto de la imaginación, la creatividad y la actividad humana; e) integrada en la actividad social y cultural (Bennássar, A, et al, 2010, p.17).

Algunos trabajos han venido puntualizando sobre comprensión de la naturaleza de la ciencia en la ciencia escolar como lo hacen Guisasola, J. y Morentin, M. (2007), en la forma de orientar la didáctica de las ciencias. Así mismo, Adúriz-Bravo (2008), valora el aporte de las metaciencias en los contenidos de la práctica profesional del docente y el para qué y sobre qué se enseña la naturaleza de la ciencia.

Para esto, se busca la articulación y el fomento de la comprensión sobre la naturaleza de la ciencia y tecnología

en los estudiantes empleando diversos contextos para su enseñanza:

Historia, cuestiones socio científicas e indagación, además de los contenidos curriculares propios de la ciencia. En general, los contextos socio científicos favorecen la comprensión de contenidos científicos, el desarrollo de actitudes positivas hacia la ciencia, una percepción más realista y adecuada de esta, y la capacidad argumentativa, así como el desarrollo de pensamiento crítico y responsable (Bennássar, García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2004, p. 19).

Es importante hacer revisión de algunos contenidos de los textos y en los materiales didácticos quienes siguen con esa visión tradicional en la aplicación del método científico y el acatamiento de un severo código de honestidad profesional y espera que la ciencia produzca la acumulación de conocimiento objetivo acerca del mundo y esta imagen de la ciencia, poco asocia lo social.

Contrario en ciertos textos quienes prestan atención en sus contenidos sobre la aplicación de la ciencia y la tecnología y sus relaciones con el medio ambiente agregándolos en las unidades didácticas, pero estos siguen tratándose de una forma descontextualizada y homogénea (Vilches y Solbes, 1992). Asimismo, la estructura del diseño curricular está orientada bajo la estrategia de preparar sujetos que supieran fundamentalmente conceptos, principios y leyes de las disciplinas (contenido) dedicando poco a la formación de ciudadanía frente a lo científico y lo tecnológico.

Ciertamente, se hace necesario conocer las diferentes formas narrativas de los textos de comunicativos de la ciencia y se haga énfasis a la formación de la capacidad de abstracción, de razonamiento crítico, indagación, búsqueda, análisis y discriminación de la información (Garritz, 2006).

Es importante resaltar que la enseñanza de las ciencias como área amplia y multidisciplinar debe tener en cuenta que ciertos conocimientos de la ciencia son cambiantes y complejos donde la creación de diseños curriculares sea provisional según la dinámica actual de la actividad científica y el contexto.

Por lo tanto, es necesario preparar a los docentes hacia una imagen más ajustada de la ciencia y la tecnología, reconociendo que no existen verdades absolutas sino teorías estructurales en donde los conceptos adquieren significado preciso y esas teorías se encuentran en constante desarrollo. Dejando de lado la existencia de un método universal y ahistórico de ciencia (Aduriz-Bravo, 2005) existen métodos para conocer la realidad, pero la metodología será válida en la medida que resista el análisis crítico de la comunidad (Popper, 1982). Igualmente, que sepan diferenciar entre naturaleza de la ciencia y procesos de la ciencia para que haya una adecuada comprensión de la naturaleza y que los enfoques didácticos sean claros dirigidos al proceso reflexivo y en donde se observe los temas científicos y su vinculación con lo cívico y lo ciudadano.

Como lo expresa Miguel Ángel Quintanilla (2013) en su conferencia *Un nuevo modelo de cultura científica cívica frente a modelos tradicionales*:

el apoyo a la ciencia no depende sólo del nivel general de conocimiento. Se hace necesario desarrollar actividades que favorezcan la participación ciudadana y la apropiación social de la ciencia, siguiendo lo que se ha llamado el 'modelo cívico' o 'la perspectiva cívica', que sitúa la ciencia como parte de la cultura. En este sentido, el fomento de la cultura científica es una responsabilidad de todos los agentes implicados: políticos, científicos, instituciones científicas y sociedad.

La enseñanza de la ciencia debe orientar el ejercicio de la ciudadanía mediante una visión socio-constructivista y pluralista de la ciencia como una construcción humana y cultural, y desde las fuentes de información científica favorezca la disertación sobre asuntos públicos. Asimismo, preparar hacia la comprensión del funcionamiento de la sociedad y como afecta a sus vidas los asuntos tecnocientíficos.

La idea de educar en ciudadanía desde la perspectiva CTS en la enseñanza de las ciencias implica desarrollar una ciudadanía individual y social desde el proyecto de democracia que oriente a los estudiantes a tomar decisiones. Esto requiere abordar las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad más allá del aula y los límites disciplinarios.

En definitiva, la importancia de las interacciones CTS en la enseñanza de las ciencias, permite conocer el papel de la ciencia en las visiones del mundo (Fernández, Gil y Vilches, 2001). Esta nueva actitud y pensar la ciencia ha dado el surgimiento de nuevas formas reflexivas, teóricas y prácticas frente a la cotidianidad, la vida, lo experimental de una forma más holística, como consecuencia de los movimientos cívico-científico colectivos, quienes han motivado el actuar de la ciencia vinculando al sector experto con el no experto sobre la comprensión y manejo de la ciencia (qué es la ciencia, sobre la ciencia y su papel en la sociedad) con otros saberes.

COMENTARIOS FINALES

El enfoque CTS es una postura valiosa en la presentación de la ciencia y la tecnología, no como un proceso o actividad interna sino como un proceso social donde intervienen elementos ideológicos, económicos, políticos, culturales, sociales, etc. En este sentido, «el desarrollo científico-tecnológico no puede decirse que responda simplemente a cómo sea el mundo externo y el mundo de las necesidades sociales, pues esos mundos son en buena parte creados

o interpretados mediante ese mismo desarrollo» (Barnes, 1985; Latour, 1987).

Además, la propuesta CTS en educación pretende mostrar una enseñanza de la ciencia y la tecnología renovada y contextualizada, rechazando el tipo de orientación de la ciencia que olvida los aspectos sociales, históricos, políticos, etc., que enmarcan el desarrollo científico. Se trata que los ciudadanos tomen conciencia de las relaciones ciencia y sociedad y los mecanismos de participación para tomar decisiones como sujetos políticos.

Sobre este camino se pretende que la enseñanza de las ciencias desde CTS, en articulación con la naturaleza de la ciencia, permita una comprensión y conexión del conocimiento científico y el conocimiento tradicional, en dicha dialéctica debe estar orientada desde un diálogo de sus diferencias para la construcción de una totalidad provisional desde sus particularidades. Así, el enfoque de CTS debe estimular una enseñanza de las ciencias desde las discusiones humanas, éticas, políticas, etc., contribuyendo así a la comprensión básica de la ciencia y la tecnología en su actuar público.

Ciertamente, la comprensión de la naturaleza de la ciencia constituye un argumento para la validez del conocimiento, y en los ciudadanos el desarrollo de unas concepciones apropiadas sobre el mundo natural y artificial. Asimismo, Acevedo, J. y sus colegas (2007) han trabajado el concepto de la naturaleza de la ciencia hacia la orientación de la participación ciudadana. Estos autores señalan que debemos orientar la alfabetización científica como una actividad humana y social. Dicha alfabetización científica debe promover una conciencia sobre los problemas del entorno, tiempo y la responsabilidad ciudadana de cada sujeto y que conecte dentro de su participación con la sociedad logrando ejercer control sobre las consecuencias de sus decisiones y actos. Asimismo, fomenta el desarrollo de unas competencias sociales y actitudinales indicando al ciudadano la importancia de una sociedad cambiante y la necesidad de unas capacidades que son requisitos

para poder asumir los retos de la sociedad y no se quede como un mero actor pasivo del reconocimiento de unos derechos y deberes.

Al mismo tiempo, la educación científica ha de servir para el ejercicio de la ciudadanía, esto ayuda a que los temas tecnocientíficos sean presentados al estudiante y establezca un dialogo cívico mediante la participación formativa en la tomar decisiones de la ciencia y la tecnología con lo público.

Finalmente, la interacción de CTS con el componente de la naturaleza de la ciencia permite a todos los estudiantes y al ciudadano una alfabetización científica y una cultura científica dirigida a la ciudadanía, logrando que el no experto adquiera una visión de la ciencia y la tecnología más ajustada y contextualizada.

REFERENCIAS

- Acevedo, J. A. (2009a). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (I): el marco teórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(1), 21-46, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2007b). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 202-225, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- Acevedo, J. A. (1997). Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Un enfoque innovador para la enseñanza de las ciencias. *Revista EDUCyT*, 1, 86-104.
- Adúriz, A y Eder, M.L. (2008). La explicación en las ciencias naturales y en su enseñanza: aproximación epistemológica y didáctica. En [http://latinoamericana.ucaldas.edu.co/downloads/ Latinoamericana](http://latinoamericana.ucaldas.edu.co/downloads/Latinoamericana), 4(2) 101-103.

- Adúriz, Y. y Bravo, A. (2005) *Una introducción a la naturaleza de la ciencia. La Epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Alzate, M., Gómez, M. A., y Arbeláez, M. C. (2008). *Enseñar en la universidad: saberes, prácticas y textualidad*. Pereira: ECOES ediciones.
- Bell, R. L., Abd-el-Khalick, F., Lederman, N. G., McComas, W. F. y Matthews, M. R. (2001). The Nature of Science and Science Education: *A Bibliography. Science and Education*, 10, 187-204
- Bennássar, A.; Vázquez, A.; Manassero Mas, A. y García-Carmona, A. (2010). *Introducción: educación científica y naturaleza de la ciencia. Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Madrid: Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI. Recuperado de <http://www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf>
- Campanario, J. y Maya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanzas de la ciencia*, 17(2), 179-192.
- Cardozo, N., Chaparro, N. y Erazo, E. (2006). Una revisión sobre la naturaleza de las concepciones de ciencia. *Itinerantes*. Popayán, 4, 95-101.
- Chalmers, A. F. (2000). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?: la ciencia como derivado de hechos de la experiencia*. Madrid: Siglo Veintiuno Editores.
- Chavellard, Y. (1991). *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique
- Cruz, L. (2011). El conocimiento práctico-docente del profesor universitario en su interrelación con el marco epistemológico personal. Barcelona. Recuperado de http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/31894/LCG_TESIS.pdf?sequence=1
- Díaz, M. (2006). Metodologías para optimizar el aprendizaje: segundo objetivo del espacio europeo de educación superior. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, 20(3) 93-119. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2484250>
- Driver, R. (1985). *Cognitive psychology and pupils frameworks in mechanics, the many faces of teaching and learning mechanics*. Proceeding of 1984 Girep. Conference on Physics Education, Utrech.
- Fernández, I; Gil, D.; Vilches, A. (2001) La superación de las visiones deformadas de la ciencia y la tecnología: un requisito esencial para la renovación de la educación científica. En: Gil- Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago: OREALC/UNESCO. Capítulo 2, 29-62.
- Fernández, I., Gil, D., Vilches, A., Valdés, P., Cachapuz, A., Praia, J. y Salinas J. (2003). El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3). Recuperado de <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Fensham, P. y Harlem, W. (1999). School Science and Public Understanding of Science, *International Journal of Science Education*, 21(7), 755-763.
- Feyerabend, P. (2000). *Tratado contra el Método: esquema para una teoría anarquista del conocimiento*. Ed. Tecnos: Madrid.
- García, E.; González, J.; López Cerezo, J.; Lujan, J.; Gordillo, M.; Osorio, C. y Valdés, C. (2001). *Ciencia, Tecnología y Sociedad, una aproximación conceptual*. OEI. Recuperado de <http://www.iberenciaoei.org/CTS.pdf>

- Garritz, A. (2006). Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 127-152.
- Gil, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 1(1), 26-33.
- González Rey, F. (1997). *Epistemología cualitativa y subjetividad*. Ciudad de la Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Guisásola, J. y Morentin, M. (2007). ¿Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de Educación Primaria? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 246-262.
- Haraway, D. (1995). *Ciencia, cyborgs y mujeres. La reinención de la naturaleza*. Madrid: Cátedra.
- Hesse, M. (1980). Theories, Dictionaries, and Observation. *British Journal for the Philosophy of Science*, 9, 12-28.
- Hodson, D. (1992a). Assessment of practical work. Some considerations in philosophy of science. *Science and Education*, 1, 115-144.
- Kuhn, T. S. (1972). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Latour, B. (1987). *Ciencia en acción. Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*. Barcelona: Labor.
- Lederman, N. G. (2008). Nature of science: past, present, and future. En S. K. Abell, y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- López Cerezo, J. A. y Sánchez Ron, J. M. (eds.) (2001). *Ciencia, tecnología, sociedad y cultura en el cambio de siglo*. Madrid: Biblioteca Nueva/OEI.
- López Cerezo y Sanz, N. (2012). Cultura científica para la educación del siglo XXI. *Revista Iberoamericana de Educación*, 58, 35-59.
- Lozano, M. (2005). *Programa y experiencias en popularización de la ciencia y la tecnología. Panorámica desde los países Convenio Andrés Bello*. Bogotá: Convenio Andrés Bello.
- Martin, M. (2002). Enseñanza de las ciencias, ¿para qué? *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 1(2), 1-6.
- Molina, A., López, D. y Mojica, L. (2005). Ideas de los niños y niñas sobre la naturaleza de: un estudio comparado. *Revista Científica*, 7(1), 41-62.
- Muñoz, G. (2013). Pensar la didáctica de saberes: aproximación desde el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). *Revista Trilogía*, 9, 47-59. Recuperado de <http://itmojs.itm.edu.co/index.php/trilogia/article/view/529/541>
- Olivé, L. (2007). *La Ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento. Ética, política y epistemología*. Primera edición. México: Fondo de la Cultura Económica.
- Organización de Estados Americanos, para la Educación, la Ciencia y la Cultura. OEI. (2010). *2021 Metas Educativas. La educación que queremos para la generación de los bicentenarios*. Madrid: España.
- Organización de Estados Americanos, para la Educación, la Ciencia y la Cultura. OEI. (2001). *Cuadernos de Iberoamérica, Ciencia, Tecnología y Sociedad una aproximación conceptual*. Madrid. España.
- Osborne, R. y Wittrock, M. (1983). Learning Science: a generative process, *Science Education*, 67, 490- 508.
- Osorio, C. (enero- abril, 2002). La educación científica y tecnológica desde el enfoque en Ciencia, Tecnología y Sociedad. Aproximaciones y experiencias para la Educación Secundaria. *Revista Iberoamericana*

- de Educación. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura OEI, 28.
- Popper, K., (1982). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Technos
- Posner, G. L. et al. (1982). Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Pozo, J. y Gómez, M. (2000). *Aprender a enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Ediciones Morata.
- Quintanilla, M. (noviembre-2013). Un nuevo modelo de cultura científica cívica frente a modelos tradicionales. *Foro iberoamericano de Comunicación y Divulgación Científica. Universidad brasileña de Campinas*. Recuperado de <http://www.dicyt.com/noticias/miguel-angel-quintanilla-aboga-por-un-nuevo-modelo-de-cultura-cientifica-civica-frente-a-modelos-tradicionales>
- Rudolph, J. L. (2003). Reconsidering the 'nature of science' as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, 32(3), 403-419.
- Schibeci, R. A. (1984). Attitudes to science: un update. *Studies in Science Education*, 11, 26-59.
- Tamayo, O. y Urrego, C. (2005). Aportes de la naturaleza de la ciencia y del contenido pedagógico del conocimiento para el campo conceptual de la educación en ciencias. *Revista Educación y Pedagogía*, XVII(43). Recuperadode:<http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/revistaeypp/article/viewFile/6051/5457>
- UNESCO-ICSU (1999b). Proyecto de programa en pro de la ciencia: Marco general de acción. *Conferencia mundial sobre la ciencia para el siglo XXI: Un nuevo compromiso, Budapest (Hungría)*, 26 junio- 1 julio de 1999. Recuperado de: <<http://www.campus-oei.org/salactsi/budapestmarco.htm>> .
- Vázquez, Á. y Manassero Mas, M. (noviembre, 2013). La comprensión de un aspecto de la naturaleza de ciencia y tecnología: Una experiencia innovadora para profesores en formación inicial. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10, 630-648.
- Vázquez, Á., y Manassero–Mas, M. A. (2012a). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 9(1), 2-33. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/14621>
- Vázquez, A., Acevedo, J. y Manassero, M. (2004). *Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza*. Recuperado de http://www.rieoei.org/did_mat19.htm
- Vilches, A. y Solbes, J. (1992). El modelo constructivista y las relaciones CTS. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 181- 186.
- Waks, L. J. (1996). *Las relaciones escuela-comunidad y su influencia en la educación en valores en CTS*. En A. Alonso, I. Ayestarán y N. Ursúa (Eds.): Para comprender Ciencia, Tecnología y Sociedad. *Estella: EVD*.
- Yager, R. E. y Penick J. E. (1983). Analysis of the current problems with school science in the USA. *European Journal of Science Education*, 5, 463- 469.