

2. Soporte teórico de un programa de formación de profesores para la generación de cambio didáctico*

Jair Zapata Peña¹

Carlos Javier Mosquera Suárez²

Graciela Utges³

2.1 Introducción

Este trabajo es producto de una tesis doctoral que presenta una propuesta basada en la formación de profesores para la generación del cambio didáctico, a partir del uso de dos elementos diferenciadores; por un lado, el uso del contexto histórico de la física y, por otro, las implicaciones e incidencia del contexto profesional donde se enseña la física (Zapata, 2017; Zapata y Mosquera, 2017). El capítulo está dividido en tres partes, a saber: en la primera parte se discute cómo se ha desarrollado la inclusión de la historia y filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias, describiendo aspectos que generaron su inclusión, como la crisis de la educación científica y las implicaciones curriculares. En la segunda parte se hace un acercamiento a las relaciones CTS en el contexto de la enseñanza de las ciencias, para identificar posteriormente implicaciones de la física en los contextos de aplicación y desarrollo científico y tecnológico (Zapata, 2016). Finalmente, se hace una discusión sobre la formación de profesores y el cambio didáctico, que pudieran aportar elementos teóricos para las interpretaciones

² Doctor en Educación. Profesor Universidad Libre, Bogotá-Colombia, jzapata25@gmail.com

³ Doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Profesor Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá-Colombia, cmosquerasuarez@gmail.com

⁴ Doctora en Educación. Profesora FCEIA Universidad Nacional de Rosario. Rosario-Argentina, grautges@gmail.com

* Este capítulo es derivado del proyecto de investigación doctoral titulado “El contexto profesional en la enseñanza del electromagnetismo desde una perspectiva histórica en programas universitarios diferentes: implicaciones para el cambio didáctico”.

posteriores sobre la epistemología personal docente y el cambio didáctico generado (Carnicer, 1998).

2.2 La historia y filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias

La inclusión de la historia y filosofía de las ciencias (HFC) en la enseñanza de las ciencias ha girado alrededor de dos problemas: el primero, referido a la justificación de la pertinencia de la HFC en la enseñanza de las ciencias, bajo el argumento de que dicha inclusión favorece los aprendizajes desde la perspectiva conceptual (Conant, 1957; Holton, 1978) y valorativa de las ciencias (Gil, 1993; Izquierdo, 1994; Duschl, 1997; Hottecke, *et. al.*, 2010); el segundo problema referido a la construcción de modelos didácticos de los procesos de enseñanza de la ciencia desde la orientación de la HFC (Mellado y Carracedo, 1993).

Cuando se habla de la inclusión de la HFC en la enseñanza de las ciencias, implica tener en cuenta, por un lado, los problemas que involucra la enseñanza de la ciencia en ausencia de la HFC y, por otro, visibilizar los beneficios que tiene incluirla. En relación con los problemas de la enseñanza de la ciencia en ausencia de la HFC, se ha identificado que en general en la enseñanza habitual de las ciencias están ausentes aspectos históricos, lo que transmite a los estudiantes una imagen deformada de la actividad científica. La mayoría de los alumnos creen que la ciencia consiste en descubrir una realidad preexistente e ignoran el papel fundamental del trabajo científico, el cual busca la construcción de modelos teóricos explicativos para interpretar los comportamientos de la naturaleza, a partir de la resolución de problemas, la investigación de hipótesis y la edificación de conceptos. Así mismo, se hace evidente que los aspectos históricos están ausentes en la mayoría de los libros de texto y los pocos que los incluyen lo hacen de forma superficial (Gagliardi y Giordan, 1986; Sánchez Ron, 1988; Izquierdo, 1994). De igual manera, cuando se trabaja la inclusión de la HFC en la enseñanza de las ciencias, generalmente se suele caer en errores como incurrir en visiones anacrónicas del pasado (García, 2011), lo que puede generar juicios a priori o interpretaciones erróneas de la historia, al mirar el pasado con los ojos del presente.

En referencia a los beneficios que conlleva la inclusión de la HFC en la enseñanza de las ciencias, es importante destacar algunos aspectos relevantes sobre cómo esta inclusión contribuye al aprendizaje conceptual y de valoración de la ciencia como una construcción de conocimientos. Estos aspectos pueden enmarcarse en dos escenarios, los asociados con la enseñanza y los componentes curriculares y los relacionados con el aprendizaje en la formación del estudiante. Sobre los aspectos curriculares y de enseñanza es posible identificar cómo la contribución de la HFC permite favorecer las reconstrucciones curriculares a la luz de los obstáculos epistemológicos, mejorar la significatividad que los estudiantes les dan a los problemas que se le plantean cuando estos se ambientan desde el contexto histórico y proporcionar una mejor información sobre las dificultades de los estudiantes, relacionadas con las de la historia misma.

Por otro lado, la inclusión de HFC puede contribuir al favorecimiento de una imagen crítica de la ciencia en el aprendizaje de los estudiantes, visibilizada como una construcción de conocimientos que no están acabados y que permanecen en constante refinación; además, entender que esta construcción ha estado marcada por el aporte de muchos pequeños y grandes científicos que la han consolidado a través de la historia y que no puede verse como una creación individual de algunos pocos genios. La ampliación de este panorama sobre la visión de ciencia posibilita también extender el horizonte hacia las interacciones CTS a través de la historia, con las implicaciones ideológicas, religiosas, sociales y tecnológicas desde las que se han construido. Todos estos aspectos logran nutrir los conocimientos de los estudiantes para identificar y caracterizar los acontecimientos sobre las crisis de la ciencia y los cambios de paradigmas, aportando a un adecuado cambio en las concepciones alternativas de los estudiantes (Solbes y Travel, 1996).

Una de las propuestas relevantes sobre la inclusión de modelos didácticos para la enseñanza de la ciencia orientados por la HFC, se encuentra en el trabajo de Izquierdo, Audúriz-Bravo y Quintanilla (2007) enfocada a la formación de profesores. En ella se plantea la necesidad de actualizar el conocimiento profesional del profesorado de ciencias en formación y en ejercicio a través de una inmersión en la historicidad de la disciplina a enseñar, en tanto que se reconoce que profesores y científicos desconocen y se muestran apáticos a realizar análisis críticos y reflexivos de los sucesos históricos, dando prelación a la formación técnica y algorítmica. A esto se suma la ausencia de la HFC en los contenidos educativos de todos los niveles, inclusive es notoria la persistencia de concepciones dogmáticas e

instrumentalistas de la ciencia en centros de docencia e investigación, lo que se refleja en la carencia de investigaciones y publicaciones suficientes en relación con la HFC y la educación científica.

2.2.1 Inclusión de la HFC en la enseñanza de las ciencias

La emergencia de la incursión de la historia y la filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias, surgió como complemento necesario en la configuración de las ciencias, que buscaba acercarla de mejor manera al conocimiento científico de la sociedad. Pero esta inclusión no fue sencilla ni rápida, requirió que se dieran algunas crisis en la educación científica y dentro de las mismas fueron evidentes las carencias en las construcciones y concepciones históricas y filosóficas de las ciencias, que originaron, entre otras cosas, contenidos científicos descontextualizados, los cuales generaron por algunas décadas (inclusive actualmente) una visión positivista y absolutista de la ciencia (Matthews, 1998).

Una de las primeras crisis de la educación científica tuvo lugar en las reformas educativas de finales de los años 50 y principios de los 60, las cuales tenían como uno de sus principales objetivos la creación de “pequeños científicos” (Roberts y Russell, 1975). En estas propuestas sobre la educación científica, aprender sobre la naturaleza de la ciencia, su historia, filosofía y contexto social estaba en un segundo plano, lo importante era saber de ciencia y hacer ciencia. Esta crisis tuvo como uno de sus orígenes, las políticas planteadas por algunos países que veían en la educación científica una potencial estrategia para aumentar sus desarrollos en ciencia y tecnología, e incrementar la población de científicos en sus filas. La crisis generada por la Guerra Fría y las carreras espaciales de las décadas de los 50 y 60, que buscaban la conquista del espacio y el posicionamiento de las naciones como potencia mundial, movilizó a algunos países a la generación de propuestas educativas que buscan incluir la enseñanza de las ciencias dentro de un papel protagónico en la educación escolar y universitaria.

Por un lado, aparecieron propuestas como la desarrollada en Estados Unidos con el Proyecto de Ley de Educación para la Defensa Nacional (National Defense Education Bill) en 1958, que ponía en práctica nuevos cursos de ciencias como el PSSC e IPS para Física, BSCS para Biología, CBA y CHEM Study para Química y el ESCP para las Ciencias de la Tierra. Estos proyectos se caracterizaron por el desarrollo de material especializado, como libros

didácticos, manuales de laboratorio, guías para el profesor, equipos de laboratorio, videos educativos, lecturas complementarias, materiales dirigidos a alumnos especiales, entre otros. Todos orientados a promover la formación de nuevos científicos desde la educación en la escuela, seguido de la educación en la universidad. Como crítica a este modelo, se encontró que estos cursos generalmente estaban diseñados para potenciar a los estudiantes más brillantes o a los más interesados por las ciencias y no para involucrar o rescatar a la población estudiantil del común (Matthews, 1991).

De acuerdo con Matthews (1991), estos proyectos educativos buscaban dar relevancia al papel de las ciencias y se pusieron en práctica, además de Estados Unidos, en Inglaterra y Australia, con los planes Nuffield (cursos de biología, física y química) y los cursos de Messel y ASEP (Australian Science Education Project), respectivamente. Como el objetivo de estos cursos era crear científicos, el método que primó para su desarrollo fue el método constructivista de “aprendizaje por investigación” de Bruner, el cual, de acuerdo con sus propósitos, se acercaba de mejor manera al método real que utilizaba el científico.

Además de estos proyectos, se conforman organizaciones para promover la educación científica como la Asociación Británica para la Educación Científica (Association for Science Education, ASE), las Asociaciones Británica y Americana de la Historia de la Ciencia, la Asociación de Maestros de Ciencias (Science Masters Association), la Asociación de Profesoras de Ciencias, la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (American Association for the Advancement of Science), entre otras. Dichas organizaciones buscaban tomar partido de las reformas educativas debidas a las situaciones generadas con los desarrollos que sobre la enseñanza de las ciencias se hacían protagónicas y definían los horizontes de la educación.

Dentro del surgimiento de estos movimientos y proyectos educativos se encuentran algunos referentes importantes que favorecieron la inclusión de la HFC como elemento inherente a la enseñanza de las ciencias. Uno de ellos fue el poco éxito alcanzado por estos cursos, encontrándose que, a pesar de los esfuerzos, la intencionalidad de los cursos estaba demasiado enfocada en los estudiantes brillantes, originando como efecto colateral el dejar más rezagados a los estudiantes promedio, sin conseguir el objetivo que era lograr promover y potenciar la actitud científica en la mayor cantidad de alumnos posible. La problemática se profundizó por la manifiesta falta de interés y comprensión de los profesores por la naturaleza de la ciencia (NC), revelado

en un estudio de la ASE en 1963, el cual mostraba desconocimiento de los profesores por la enseñanza de la ciencia contextual, entendida esta como el contexto social, histórico, filosófico, ético y tecnológico que, de acuerdo con Matthews (1994), puede entenderse mejor como “una enseñanza sobre la ciencia y en la ciencia”. Posteriormente, esta misma entidad británica en sus informes (Alternatives for Science Education 1979 y Education Through Science 1981), recomendaban la incorporación de la historia y la filosofía dentro de los contenidos de ciencias, así como una ampliación en relación con la problemática de los profesores, pero ahora desde la evidencia.

En consecuencia, en 1981 y 1983 la ASE encuentra que no es suficiente tratar de llevar una educación científica al alcance de todos a través de proyectos como el Science and Society (Ciencia y Sociedad) de 1981 y Science in its Social Context (Ciencia en su Contexto Social) de 1983, propuestos por esta misma entidad, reconociendo explícitamente la importancia de la historia y la filosofía de la ciencia en la educación en ciencias. A esta postura se suma la Junta Nacional para la Revisión de Programas Científicos de Enseñanza Secundaria (National Secondary Science Curriculum Review), afirmando que se hace necesario que los estudiantes reciban en el marco de sus currículos de ciencias un conocimiento sobre el desarrollo histórico de las teorías y principios científicos, con el objetivo de lograr un acercamiento a la ciencia desde una postura más constructivista, que discuta y presente la ciencia como una construcción de conocimientos.

Estas posturas aparecían acordes con los principios filosóficos que empezaban ya a tomar fuerza por esta época, al igual que los desarrollos científicos en el marco del contexto histórico, de modo que se tuviera en cuenta, por ejemplo, la ciencia como cambios de paradigmas (Kuhn, 1970) o la ruptura y sobrepaso de los obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1976) para que el conocimiento se concibiera como un producto de la actividad del sujeto y no la reproducción del mundo de las cosas. Ello permitió fundamentar evidencias de la ciencia desde la dinámica de la construcción de modelos para interpretar y describir el comportamiento de los fenómenos más que para descubrir verdades de la naturaleza.

Aunque la problemática descrita se dilucidaba entre los años 50 y 80, se encuentra que recientemente trabajos como el de Hottecke *et al.* (2010) plantean cómo actualmente existe una deficiencia por la aplicación de la enseñanza de las ciencias desde la filosofía e historia. Esto se debe principalmente a una serie de obstáculos que impiden una adecuada implementación de la HFC

en la educación formal, caracterizados por profesores que siguen creencias acerca de la enseñanza y el aprendizaje con orientaciones tradicionales, lo cual origina una carencia de habilidades profesionales para enseñar acerca de la naturaleza de la ciencia (NC) y HFC. Asimismo, es notoria la deficiencia en el desarrollo de planes de estudio que involucren HFC y, además, la falta de libros de texto que introduzcan HFC y NC en sus contenidos.

Hace más de dos décadas, Duschl (1997) reconocía como un problema en los programas de formación de profesores de ciencias la falta de una rigurosa introducción sobre cómo establecer la relación entre la estructura del conocimiento, los métodos de la lógica, los métodos de análisis empírico con los criterios para analizar las teorías científicas, así como los principios psicológicos del aprendizaje. Estas relaciones pueden ser establecidas o comprendidas de una mejor manera si se cuenta con una adecuada formación en HFC, lo que permitiría interpretar y comprender de mejor forma el vínculo entre el desarrollo del conocimiento en los individuos y en las disciplinas, interpretado esto como el vínculo entre la psicología y la epistemología.

2.2.2 La HFC y su relación con el currículo

La inclusión del estudio de la HFC en la enseñanza de las ciencias tiene su origen en la crisis de los procesos de enseñanza dados en dos momentos históricos. El primero, luego de la Segunda Guerra Mundial, durante los años 50 y 60, cuando se hizo necesario incrementar los cursos de ciencias especializados con los que se pretendía aumentar los conocimientos de la ciencia y la población de científicos, pero que originó éxitos de formación solo a unas pocas mentes privilegiadas para la ciencia. El segundo, que se dio durante los años 80, cuando el rápido avance de la ciencia y la tecnología incrementaba la distancia entre la élite científica y el común ciudadano iletrado de la ciencia (Duschl, 1994), lo que implicó retos para los profesores y los diseños de los currículos, en busca de disminuir la distancia entre el saber de los expertos y el saber de los profesores, estudiantes y ciudadanos del común.

La emergencia de la historia de las ciencias como una disciplina académica tuvo su origen a mediados del siglo XX en Estados Unidos y Europa. George Sarton es reconocido como el precursor de los primeros estudios históricos sobre el desarrollo de la ciencia y quien fundó la primera revista en este tema (Isis: International Review Devoted to the History of Science

and Civilization) al igual que el primer programa doctoral en Historia de la Ciencia en Estados Unidos en la Universidad de Harvard. Sarton promovió un estilo de hacer historia más allá de la acumulación cronológica de desarrollos científicos, propuso una metodología orientada a la comprensión de los acontecimientos históricos sociales y personales, mediando el trabajo de los científicos en la búsqueda de explicaciones.

De esta manera, Harvard se empezó a convertir en referente fundamental para la comprensión de las ciencias desde los referentes históricos. En cabeza de su presidente Janies B. Conant, quien promovió no solo cursos de historia de la ciencia para no científicos, sino que, además, escribió reconocidos libros utilizados en cursos de ciencias como *Understanding Science: An Historical Approach* (1947) y *Harvard Case Histories in Experimental Science* (1957). Conant es también reconocido por Thomas Kuhn como su iniciador en el estudio de la historia de la ciencia, desde la epistemología y la filosofía de ciencia. Estas miradas históricas que comprendían aportes filosóficos, epistemológicos y sociales para una perspectiva no solo conceptual sino valorativa de las ciencias, fueron también influyentes en Gerald Holton, quien a raíz de un curso que tuvo que liderar sobre educación general desde la perspectiva de la historia de la ciencia, reconoce haberse involucrado en esta disciplina. Holton, además, desarrolló el Harvard Project Physics Course (Curso de Física del Proyecto Harvard) para la enseñanza secundaria, caracterizado por considerar seriamente la historia y el contexto cultural de la ciencia (Holton, 1978). Particularmente en el área de la física, el Curso de Física Proyecto Harvard se consolidó como uno de los de mayor éxito en América del Norte a mediados de los años 70. La motivación de los alumnos radicaba en que la mirada a través de la historia de la ciencia les mostraba cómo se desarrollaron los conocimientos de la física, distanciados de los marcos rígidos de la ciencia positivista, para poder presentar una visión social, contextual e histórica de la búsqueda del conocimiento científico (Matthews, 1991).

Adicionalmente, como otros episodios sobresalientes en las aportaciones curriculares de la HFC, se encuentran otros movimientos importantes como el reconocimiento a la utilidad de la historia de la física en la enseñanza de la física, promovido en los años 60 por la International Commission on Physics Education y que en los años 70 continuó la expansión en más escenarios académicos, con la aparición de la sección de historia de la física en los contenidos de la American Physical Society. De igual forma, la History of Science Society abrió un espacio sobre educación, estableciendo

un Comité de Educación con el cual se logró generar un espacio de investigación para desarrollar estudios históricos que pudieran ser llevados a las clases de ciencias. En relación con la biología, se resaltan programas como el Estudio Curricular de Ciencias Biológicas (Biological Science Curriculum Study, BSCS), desarrollado a inicios de los años 60 en diferentes países, el cual se fundamentó en la ciencia como indagación y enriquecido con una considerable documentación histórica (Matthews, 1994). Con respecto a la química, se debe mencionar que la introducción del aporte histórico de la misma a su enseñanza se ha caracterizado por tener una mayor resistencia, y aunque existen trabajos al respecto, no han tenido el impacto y despliegue mundial como el de otras áreas, por ejemplo, los que se han descrito para la enseñanza de la física; además, no se profundizó en este tema, considerando que no hace parte de los intereses de esta investigación.

2.3 Enseñanza de las ciencias en el contexto CTS

Como se planteó en secciones anteriores, la búsqueda de una enseñanza de las ciencias contextualizada desde lo histórico, hace necesario recurrir a los elementos externalistas de la historia, que hacen referencia a esa historia social, la misma que se nutre de elementos de los contextos científicos, tecnológicos y sociales, esto considerando que si se quiere mirar la historia a partir de los aportes de su desarrollo para con la sociedad no es posible dejar de lado o sencillamente tratar de aislar alguno de estos tres entornos, porque todos y cada uno de ellos son necesarios y han influenciado de distintas maneras el avance de la historia de las ciencias y, por consiguiente, el avance de la física. A continuación, se presenta un desarrollo que busca mostrar una mirada sobre cómo se ha concebido la construcción de las relaciones CTS hacia el contexto de la enseñanza de las ciencias.

2.3.1 El movimiento CTS

A mediados del siglo XX, se plantea la necesidad de un cambio en la concepción de la enseñanza de la ciencia pura hacia un proyecto que involucraba las ciencias y sus implicaciones tecnológicas y sociales denominadas como relaciones CTS. El movimiento CTS nace en Norteamérica en los años 60 cuando se develaba la existencia de dos culturas, la científica y la humanista, dentro de una crisis por tratar de dar sentido a los desarrollos científicos

y su incursión en la sociedad. De acuerdo con Membiela, este movimiento fue el producto de la crisis generada por las críticas de diferentes influyentes en el campo intelectual como:

C.P. Snow, que planteaba la situación como dos culturas emergentes, la científica y la humanista; Dennis Meadows, hacía alusión a los límites del crecimiento; Lewis Mumford discutía sobre las consecuencias sociales de la tecnología; Rachel Carson hacía relevancia a la creciente problemática ambiental, y Schumacher e Illich planteaban el impacto de la tecnología en la sociedad. (2002, p. 91).

De acuerdo con Membiela, fueron estos críticos puntos de vista, entre otras cosas, los que contribuyeron e influyeron de forma determinante en el surgimiento de estos nuevos movimientos como el CTS, orientados a generar cambios sobre cómo la sociedad concibe la ciencia y cómo la ciencia debe concebir la sociedad.

El surgimiento del movimiento CTS se da a partir de la interrelación de tres sistemas: técnico-científico, sociocientífico y sociotecnológico, los cuales se manifiestan como un sistema dinámico en el que sus relaciones de correspondencia develan las implicaciones que cada uno de los factores tiene en los otros dos. Estos se abordan, no solo desde la investigación en enseñanza de las ciencias, sino desde ambientes de influencia política, cultural y ambiental a nivel mundial. Si se analizan las interacciones de estos tres sistemas, es notorio encontrar las diversas dinámicas de vínculo que se dan entre ellas y cómo estas conducen a conformar un mayor andamiaje de interacción en el que actúan conjuntamente las tres: ciencia, tecnología y sociedad.

De primera mano, la relación entre la ciencia y la tecnología, denominada también como sistema Técnico-Científico (TC), se debe ver como una relación orgánica en la que prevalece la dependencia mutua. Aquí se tiene en cuenta que la esencia de la tecnología no es la dimensión ontológica, y la dimensión pragmática no es la esencia de la ciencia. Para entender cómo se ha consolidado y funcionado esta relación entre ciencia y tecnología a través de la historia, es necesario identificar a qué se denomina como ciencia moderna y ciencia posmoderna. Así, la ciencia moderna se reconoce como la que emerge del Renacimiento, en la cual se pasa de una ciencia donde la mayoría de los científicos del siglo XVI eran técnicos, a una concepción científica más elaborada, caracterizada por la matematización, la interacción experimental y la invención tecnológica proveniente de reconocidos científicos como Copérnico, Galileo, Bacon y Descartes.

La ciencia actual o tecnociencia se reconoce como la ciencia posmoderna, la cual se ha venido reconstruyendo desde el Renacimiento hasta tomar fuerza en el siglo XX, con los desarrollos científicos y tecnológicos utilizados en las guerras mundiales, en los que la ciencia y la tecnología no son abordadas como entidades separadas, sino como un sistema cognitivo para la producción de nuevos conocimientos. Así, la ciencia actual se concibe como un modo de acción que debe ser integrado por la ciencia y la tecnología bajo una simbiosis que permea la vida diaria, reconstruyendo y modificando las interpretaciones del mundo y la forma en que el hombre se integra dentro de él, al influenciar culturalmente las formas de pensar y de comportarse (Santos, 2002; Aikenhead, 2003).

De esta manera, la ciencia y la tecnología son interdependientes debido a que los avances de una se transforman en avances de la otra, a través de recursos mutuos o instrumentos usados entre ellas, que las convierte en condición y consecuencia una de la otra, de tal manera que ambas recurren a procesos y conocimientos existentes, para avanzar o refutar, evocando una interdisciplinariedad que requiere equipos humanos donde intervienen técnicos y científicos, encontrándose concretamente que en la ciencia estratégica se ha privilegiado el aspecto operativo, lo que la ha acercado a la tecnología (Santos, 2002; Esteban, 2003).

Las relaciones entre ciencia y sociedad que dan origen al sistema Socio-Científico (CS), representa las relaciones existentes entre las estructuras lógicas del conocimiento científico y el contexto de la sociedad, en el que los impactos éticos, filosóficos, culturales, políticos, económicos y educativos de los desarrollos científicos son tan amplios y diversos que no es posible pasarlos por alto sin tener en cuenta las interacciones actuales de la ciencia en la sociedad y viceversa.

Desde esta perspectiva, la ciencia moderna y la posmoderna juegan unos roles diferentes en su concepción. De acuerdo con Santos (2002), la ciencia moderna privilegia la idea de la ciencia pura en la cual su horizonte está delimitado exclusivamente por la búsqueda de la verdad a través de unos métodos y razones propias, sin tener en cuenta el papel del contexto social. Se diferencian claramente dos contextos académicos, el de la producción de conocimiento y el de aplicación, entendiéndose este último como aquel en donde los conocimientos son utilizados de diversas maneras. En la ciencia posmoderna se percibe el trabajo de los científicos en un contexto más social, saliendo del encajamiento del contexto disciplinar. Esta nueva forma de ver

la ciencia se caracteriza por la transdisciplinariedad, que tiene en cuenta el saber práctico y el sentido común en el que la ciencia opera, evidenciándose además las relaciones culturales, éticas y sociales presentes (Gibbons *et al.*, 1994; Santos, 2002), lo cual se enmarca también de acuerdo con Hennessy (1993) y Young (1994), como las relaciones e implicaciones de los ámbitos donde la ciencia se desenvuelve, en el marco de las tendencias curriculares de la cognición situada.

Finalmente, es interesante analizar que de acuerdo con Santos (2002), las relaciones de interdependencia entre la ciencia y la sociedad presentarían una mayor claridad si en la enseñanza de las ciencias se buscara mejorar o consolidar de una mejor manera aspectos trascendentales como la comprensión pública de la ciencia, las implicaciones entre acciones prácticas con la toma de decisiones, el situar el conocimiento científico en las prácticas cotidianas, la comprensión de la ciencia como empresa social, el promover una aproximación cultural de la ciencia y diferenciar entre ciencia, pseudociencia y no ciencia.

En el tercer sistema, de interacción de las relaciones entre tecnología y sociedad, denominadas como el sistema Sociotecnológico (ST), la técnica deja de ser neutral y se deben tomar en cuenta los lazos sociales que unen la tecnología con la sociedad, y aunque la técnica tenga un lazo de interacción con la ciencia, es más fuerte su lazo con la sociedad, debido a que su intervención modifica directamente los comportamientos sociales (donde se hacen ahora relevantes los momentos históricos), los conceptos intelectuales y el contexto cultural en los que se hace uso de la tecnología. Para estas interacciones es importante ver también que las decisiones tecnológicas no solo dependen de los criterios y conocimientos científicos, sino de otros tipos de conocimientos de importancia social y de las maneras como la técnica se sumerge en la sociedad. Por lo tanto, como lo plantea Lévy (1992), citado por Santos (2002), la crítica de la técnica no puede reservarse a los técnicos, si se considera que la naturaleza de las interrelaciones existentes de la técnica se caracteriza por tener influencia de factores humanos, sociales, culturales físicos y biológicos que participen de ella.

Como resultado a esta serie de interacciones, en los respectivos sistemas descritos, técnico-científico, sociocientífico y sociotecnológico, surge un sistema más complejo en el que ahora se articulan las tres para conformar el denominado sistema CTS, que define las relaciones epistemológicas,

axiológicas y pragmáticas que se presentan entre estos tres factores, los cuales están inmersos en una simbiosis de causas y efectos de unos sobre otros.

El movimiento CTS en la enseñanza de las ciencias muestra que el medio sociocultural juega un papel fundamental en los cambios de comportamientos de la ciencia y la tecnología, los cuales a su vez trascienden a cambios sociales que no pueden estar lejos de los currículos. En esta mirada, la alfabetización científica y tecnológica se piensa desde el convencimiento del estudiante como un ciudadano que tiene derecho a instruirse para interpretar y tomar partida de las incursiones intelectuales que la ciencia y la tecnología puedan tener para con sus vidas (Solbes, Vilches y Gil, 2002).

2.3.2 Relaciones CTS en el contexto de la enseñanza de las ciencias

El papel de las relaciones CTS en la enseñanza de las ciencias se ha convertido en un aporte fundamental para la amenización de la imagen de las ciencias para los estudiantes, debido a la gran apatía que estos presentan ante el aprendizaje de las ciencias (Pozo y Gómez, 1998). Así, dentro de las finalidades de las relaciones CTS en la enseñanza de las ciencias, se busca tener ciudadanos científica y tecnológicamente alfabetizados, capaces de tomar decisiones y acciones responsables para con la sociedad o como lo definen algunas otras corrientes, alcanzar el pensamiento crítico y la independencia intelectual (Rubba y Wiesenmayer, 1988). Sin embargo, a pesar de la gran cantidad de trabajos que se encuentran sobre las interacciones CTS e incluso su ampliación CTSA (que agrega el factor ambiental), se muestra con preocupación que, aunque se han promovido investigaciones en esta línea, se pone de manifiesto que las interacciones CTSA tienen una baja incursión en la enseñanza secundaria y mucho menor en la superior (Solbes, Vilches y Gil, 2001).

Se plantea la necesidad de un cambio de concepción sobre la enseñanza de la ciencia pura, a una concepción que discuta las problemáticas científicas desde el enfoque CTS y su relación con los diferentes contextos profesionales. El requerimiento de estos cambios en la educación científica debe estar dirigido a la incorporación del enfoque CTS en los contextos profesionales, que generalmente se hace con una visión desproblematizada de los conocimientos científicos, olvidando aspectos históricos, sociales, éticos, etc., como se discutió en el capítulo uno. De acuerdo con esta urgencia, en los cambios curriculares se encuentra que uno de los principales problemas

sobre los materiales curriculares en CTS es su notoria escasez, debido principalmente a la falta de tiempo y disposición de los profesores para su diseño (Membiela, 2002). Además de esta problemática y en relación con los materiales de apoyo para los docentes, se evidencia cómo en los libros de texto los temas asociados con CTS solo se presentan al final del capítulo o en los apéndices con algunas intervenciones sobre actualidad científica, pero los contenidos siguen presentándose de forma descontextualizada en tanto a las relaciones CTS.

Sobre las causas de estas distancias entre los diseños curriculares y la actividad en el aula, se encuentra que gran parte de ellas están originadas por la influencia de las concepciones de los profesores en sus procesos formativos y de implementación curricular. Aspecto que puede ser tan relevante como las concepciones de los estudiantes (Cronin-Jones, 1991), considerando que estas concepciones están influenciadas por el contexto en que fue formado el profesor desde el colegio hasta la universidad, el cual se pudo desarrollar con una visión sobre la naturaleza de las ciencias, generalmente deformada.

Asimismo, dentro de la construcción de esta educación científica se requiere incluir en el currículo objetivos, contenidos conceptuales, contenidos procedimentales y contenidos axiológicos, para que los estudiantes puedan desenvolverse en un mundo científico con una mejor comprensión de la actividad científica y tecnológica, que les permita enfrentarse de mejor manera a los problemas de la vida cotidiana (Solbes, Vilches y Gil, 2001). Esto quiere decir que, de acuerdo con lo que las investigaciones están mostrando para una comprensión significativa de los conceptos, se debe replantear el actual reduccionismo conceptual en la enseñanza, con miras a buscar un nuevo planteamiento de la enseñanza de las ciencias como una actividad orientada desde la investigación científica con la integración de aspectos conceptuales, procedimentales y axiológicos del contexto.

2.4 Formación de profesores y cambio didáctico

La línea de investigación en formación de profesores ha surgido a partir de las necesidades formativas de los profesores y la búsqueda de nuevos enfoques y modelos de enseñanza que favorezcan el aprendizaje de las ciencias (Martínez, 2009; Mosquera, 2011), los cuales se han visto abocados

a requerir escenarios de enseñanza y aprendizaje más acordes con las dinámicas actuales tanto de la didáctica de las ciencias como de las nuevas formas de percepción y visibilización que del mundo tienen los estudiantes y la sociedad. En esta mirada, es pertinente que los profesores no solamente participen como consumidores de las investigaciones, sino que se requiere que ellos sean partícipes en la producción de las mismas aportando desde sus experiencias profesionales y sus espacios de trabajo como campos de investigaciones, que pueden estar orientadas en colectivos docentes o redes interinstitucionales de formación docente. De acuerdo con Furió-Más (1994), estos programas concebidos en la experimentación de la clase podrían tener como resultado aportes al análisis y la reflexión que contribuyen al conocimiento didáctico y a su desarrollo profesional.

Sobre este campo, las investigaciones más relevantes en el ámbito anglosajón hasta la década de los años 90, alrededor de la formación de profesores de ciencias mostraban múltiples perspectivas como psicológica, sociocultural (sociología y antropología), filosófica y la relacionada con el saber disciplinar, denominada ciencias naturales. Estas se caracterizaban por hacer evidente la falta de consensos en las perspectivas teóricas en la formación de profesores según el *Handbook of Research on Teaching Education* (Houston, 1990). Anterior a estas investigaciones y de acuerdo con el *Handbook of Research on Teaching* (Wittrock, 1986), se abordaban temas afines con la formación de profesores en cuatro ámbitos: la educación de profesores, la enseñanza de estudiantes, los currículos de enseñanza y la aparición del concepto de profesor investigador como factor relevante.

En relación con la emergencia de este campo, de acuerdo con Gabel (1994), emanaron seis dominios principales para la caracterización de la formación del profesorado de ciencias desde principios de siglo hasta la década de 1990, que pueden describirse como:

1. Establecimiento del modelo de pregrado, el cual fue modificado a través de los años e interpretado en diferentes contextos, aunque básicamente su estructura era la misma, fundamentada en tres estándares, la educación general, la preparación disciplinar y la formación profesional.
2. Inadecuada formación disciplinar, en la que se encontraba que las críticas a los profesores de ciencias, particularmente en formación elemental, se debían a la escasez de conocimientos en ciencias, esencialmente en física y

ciencias de la tierra, lo que daba muestra de una inadecuada comprensión de la naturaleza de las ciencias.

3. Preparación de la educación al azar: la educación de los profesores de ciencias fue citada por muchos años como casual, al azar. Esta educación profesional se caracterizaba, por un lado, como irrelevante, carente de marco teórico y carente de atención para planear y desarrollarse; por otro lado, los programas de pregrado se caracterizaban por una gran discrepancia entre la investigación basada en la práctica y la real práctica de enseñanza. De esta manera, la formación de pregrado de profesores de ciencias se caracterizaba en esta época como poco congruente con las prácticas escolares.
4. Dependencia del laboratorio: se describe cómo desde 1969 con Ramsey y Howe se empieza a hablar de la importancia de los laboratorios en la enseñanza y además se investiga cómo los profesores incorporan las prácticas de laboratorio en el aula, al igual de cómo las aprenden ellos.
5. La importancia de cuestionarse: desde inicios de los años 90 se habla de la importancia de generar interrogantes en la enseñanza como medio para comprender la naturaleza de la ciencia. Empiezan a surgir las estrategias de instrucción asociadas con la enseñanza por indagación.
6. Valor de la tecnología en educación: relacionada con el surgimiento de la educación tecnológica de profesores con la incursión de la computación como herramienta complementaria de la enseñanza; por ejemplo, la introducción de minicomputadores, equipos de laboratorio, sistemas de adquisición de datos y demás elementos de incursión tecnológica del aula.

En este mismo Handbook de Gabel se discute el hallazgo de investigaciones sobre la instrucción en programas de pregrado para la formación de profesores de ciencias, que se caracterizaban por la naturaleza de sus investigaciones en dos categorías: una enfocada a los cambios en los profesores de ciencias, encontrándose que los esfuerzos en estas investigaciones podrían categorizarse en cambio de actitudes, cambio en los procesos de habilidades (para desarrollar en los estudiantes mejores procesos de aprendizaje y potenciar sus habilidades) y cambio en la enseñanza de comportamientos. De otro lado, en la segunda categoría, dirigida a investigaciones más significativas en la formación de profesores en ciencias, se abordaban trabajos en el tratamiento de problemáticas relacionadas con los conocimientos que

se desarrollaban en la formación, los cuales parecían estar alejados de las prácticas de los profesores, encontrándose que la mayoría de la literatura sobre educación eran críticas hechas por profesores; además, lo que se conocía acerca de los profesores era parcial y distorsionado.

Ya para esta década, se manifestaban como investigaciones emergentes sobre la enseñanza de las ciencias y los profesores de ciencias, algunas líneas que demarcaban los derroteros particularmente en la educación posgradual. Así, por ejemplo, se trataba el desarrollo individual del profesor motivado por intereses personales, el desarrollo de los profesores en el contexto escolar que se suponía motivado por el entorno y potenciador de los crecimientos individuales y, finalmente, el desarrollo del profesor como ayuda para el cambio curricular. Asimismo, aparecían las creencias de los profesores y el conocimiento profesional del profesor como elementos importantes para las investigaciones y configuración de los programas de formación inicial y continuada de profesores.

Como otras alternativas, en las perspectivas teóricas que para los años 90 emergían en el ámbito de didáctica de las ciencias, es importante reconocer las propuestas de Feiman-Nemser (1990) que exponían cinco orientaciones conceptuales para la formación de profesores:

1. La orientación académica relacionada con el desarrollo de habilidades y conocimientos propios de la disciplina, particularmente vista desde la perspectiva de Shulman (1986) sobre el Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK, por sus siglas en inglés).
2. La orientación práctica que centra su objetivo en la experiencia de clase como fuente de aprendizaje para los profesores.
3. La orientación tecnológica que busca que los profesores puedan llevar a cabo sus tareas de forma eficiente y con un alto rendimiento.
4. 4) La orientación personal que pretende la preparación de los profesores en su aprendizaje para enseñar.
5. 5) La orientación crítico-social que aborda la preparación de los docentes como agentes de cambio social.

Sobre las creencias de los profesores, aparecen fundamentos teóricos como el de Koballa (1992), quien plantea que los profesores tienen diferentes concepciones acerca de las creencias, que se pueden agrupar bajo algunos elementos comunes dentro de las definiciones de creencia, así: relación entre creencia y conocimiento, la idea de que las creencias son adquiridas a través de la comunicación, el concepto de que las creencias son un sistema en acción y un continuo que refleja un rango de creencias de los hechos a la evaluación. De otro lado, de acuerdo con Tobin *et al.* (1994), toda creencia tiene un componente social a través de una interpretación personal. Otros autores hacen una distinción entre creencias ordinarias y creencias de la visión del mundo. Se reconocen también investigaciones sobre el uso de metáforas y cómo estas pueden tener relación con las creencias, se encuentra que los profesores utilizan constantemente metáforas como mecanismo de ejemplificación y de esta manera un conjunto de creencias es asociada con unos roles y metáforas específicas, las metáforas ayudan al profesor a recontextualizar los roles de la enseñanza. Las investigaciones muestran que la metáfora es una poderosa herramienta cognitiva para categorizar experiencias y organizar acciones, teniendo la claridad de que las metáforas sirven para ejemplificar, pero no permiten generalizar, ya que tienen sus limitaciones de aplicación en relación con el contexto.

Se encuentran estudios que abordan las relaciones entre las creencias del profesor acerca de la naturaleza de la ciencia, los cuales reflejan la construcción de una imagen personal de la ciencia (Gallager, 1991), así como creencias sobre CTS, autoeficacia, reforma educativa, etc. A manera de conclusión, se puede decir que las creencias de los profesores son ingredientes críticos dentro de los factores que determinan lo que sucede al interior del aula; de esta manera, estas creencias deben tener un lugar importante cuando se trata de generar estudios o investigaciones que pretendan generar cambio didáctico en las clases de ciencias.

En relación con el conocimiento profesional del profesor, se debe tener en cuenta la diferenciación entre conocimiento pedagógico del contenido PCK y conocimiento disciplinar de contenido DCK. El conocimiento disciplinar solo hace relación al conocimiento de la asignatura como ciencia, mientras que el conocimiento pedagógico hace referencia al conocimiento disciplinar y cómo debe ser enseñado el mismo. Así, de acuerdo con Shulman (1992), el conocimiento de los profesores de ciencias se organiza desde la perspectiva de la enseñanza, mientras que el conocimiento de los científicos se organiza desde la perspectiva de la investigación. Las investigaciones muestran una

clara distinción entre estos dos tipos de conocimiento PCK-DCK. Investigaciones como la de Tamir (1988) describe que el marco para el conocimiento del profesor debe estar delimitado por seis categorías: educación liberal general, rendimiento personal, disciplinar, pedagogía general, pedagogía específica de la disciplina y los fundamentos de la profesión de enseñar.

Tobin y Garnett (1988) desarrollaron una investigación relacionada con la influencia que genera en los procesos de enseñanza que el profesor tenga conocimiento del PCK, es decir, que involucre conocimientos pedagógicos en el aula y no solamente conozca la disciplina. De esta manera, toma relevancia la importancia de la formación pedagógica para los profesores en formación. De acuerdo con Mason (1988), se debe enseñar a los profesores cómo llevar a cabo la pedagogía al aula. Por otro lado, sobre la relación entre PCK y el aprendizaje, se encuentran estudios que ponen de manifiesto cómo el conocimiento de los profesores es fundamental e influencia el modo de aprendizaje de los estudiantes (Magnusson *et al.*, 1992).

Se puede decir, entonces, que los conocimientos de la disciplina y los pedagógicos influyen notablemente en la formación de los profesores y colateralmente en la naturaleza del currículo y en la calidad de la enseñanza. Tobin *et al.* (1994) proponían que futuras investigaciones debían considerar cómo el conocimiento y las creencias de los profesores influyen en la visión de ciencia que los estudiantes adquieren; las investigaciones además deberían tener en cuenta los contextos de enseñanza, el currículo y las complejas relaciones que se dan entre el profesor y los estudiantes, lo cual puede reducirse como lo proponía Shulman (1992): “La manera como los profesores aprenden influencia la forma como enseñan”.

Posterior a estas perspectivas, marcadas por la investigación en didáctica de las ciencias que se dibujaban en el ámbito académico de inicios de la década de los años 90, se encuentra evidencia de campos de investigación dentro de la línea de formación de profesores que fueron y son actualmente foco de atención como referencia teórica y metodológica en trabajos de investigación. Es así como en los dos *Handbook* de Fraser y Tobin (1998), y su segunda versión Fraser, Tobin y McRobbie (2012), se abordan aspectos relacionados con investigaciones en formación de profesores en los capítulos *Teacher Education* y *Teacher Education and Professional Development*, respectivamente. En ellos se encuentran secciones importantes relacionadas con *teacher development in science education, professional development of science education, teacher educator and the practice of science teacher*,

science teacher learning, teacher learning and professional development in science education, developing science teacher educators' pedagogy of teacher education y professional knowledge of science teachers. Estas secciones presentan una mirada a los campos involucrados en la formación de profesores, tanto de finales de los 90 como recientes.

En el Handbook didáctica de las ciencias experimentales, de Perales y Cañal (2000), se discuten algunos capítulos sobre la formación de profesores, específicamente en didáctica de las ciencias experimentales, en los cuales se abordan temáticas referentes a las concepciones científicas y didácticas de los profesores (aquí se reconocen tres enfoques: científico, interpretativo y crítico). De igual manera, se analizan los resultados de algunas investigaciones desarrolladas entre 1986 y 1993 que buscaban mostrar el panorama del conocimiento profesional del profesor en relación con la imagen de ciencia, los modelos didácticos, las teorías del aprendizaje y los enfoques curriculares. También se realiza una aproximación a la epistemología de los profesores desde una caracterización del contexto escolar, en los cuales se construye unas categorías sobre el conocimiento escolar a través de lo que denominan epistemología escolar, dividida en conocimiento escolar como producto formal, conocimiento escolar como proceso técnico, conocimiento escolar como proceso espontáneo y conocimiento escolar como proceso complejo. En este Handbook también se hace una revisión de la formación inicial del profesorado de ciencias y la formación del profesorado en ejercicio. Dentro de estos horizontes se hace una reflexión de los conocimientos profesionales necesarios para aprender a enseñar ciencias, la formación inicial de maestros de educación primaria y secundaria, entre otros.

Como un elemento necesario para la realización de programas de formación continuada de profesores que ambicionen propuestas de cambio didáctico, se debe tener en cuenta la epistemología personal docente, como el catalizador entre el programa y los conocimientos y costumbres que posee el profesor. La epistemología personal docente permite identificar y entender la manera como los profesores llevan a cabo su práctica docente. Mosquera (2011) la sintetiza como la coexistencia dentro del ejercicio del profesor de las concepciones sobre la ciencia, la actividad científica, la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, junto con las actitudes que el profesor manifiesta. Esta interpretación de epistemología personal docente, es la que se asumió en esta investigación, y bajo la cual se interpretó esta categoría de análisis dentro del desarrollo del programa de formación desplegado.

2.4.1 Cambio didáctico para la formación continuada de docentes

Las transformaciones de la epistemología del profesor y la manera como realizan su práctica profesional, requieren un desarrollo profesional que puede estar orientado hacia el cambio didáctico que, de acuerdo con Mosquera y Furió (2008), se relaciona con el cambio en las concepciones, actitudes y los esquemas de acción del profesorado. Estas innovaciones buscan modificar las formas de interpretar, concebir y desarrollar el proceso propio de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. En esta mirada, de acuerdo con Furió-Mas (1994), el cambio didáctico debe entenderse como el resultado de un cambio conceptual, metodológico, epistemológico, axiológico y ontológico, todo esto aplicado a la enseñanza. Es decir, que el cambio didáctico está intrínsecamente conectado con la reestructuración del quehacer docente, lo cual requiere una reorientación de por sí de la epistemología personal docente, que solo se logra si lleva a cabo una reflexión profunda por parte del profesor, a partir de una intervención internalista en la forma de pensar, sentir y actuar (Mosquera, 2008).

El cambio didáctico en la formación de profesores no tiene una única forma de verse; de acuerdo con Mellado (2003), existen posibles analogías entre las estructuras y desarrollos de la filosofía de la ciencia y el cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales. Estas caracterizaciones sobre el cambio didáctico en términos de concepciones o etapas filosóficas y epistemológicas de las ciencias como positivistas, falsacionistas, constructivistas, de cambio conceptual, de investigación científica, de cambio paradigmático, etc., muestran un panorama sobre el cambio didáctico que, de acuerdo con este autor, podría asumirse quizá como una visión ecléctica pero necesaria. Todas ellas no pueden tomarse como excluyentes sino complementarias, de forma que buscan darle un sentido al complejo proceso del cambio en los roles profesionales y personales de los profesores, a través de la coexistencia de escuelas divergentes de pensamiento.

Además, una de las razones de que esta complejidad esté en aumento tiene que ver con el cambio en la escuela actual, porque ahora los procesos sociales, culturales, contextuales y tecnológicos permean en mayor medida el escenario de enseñanza. Así, en la escuela intervienen cada vez más factores que llevan al profesor a transformar la manera como enseña. La complejidad y heterogeneidad que delimita el escenario escolar dibujan un ambiente que dista mucho del ambiente de origen donde el profesor fue

formado, creando barreras que pueden ser tecnológicas o comunicativas, las cuales el profesor debe tener en cuenta cuando busca realizar un cambio en los procesos de enseñanza.

De otro lado, los programas de formación de profesores no suelen ser bien vistos por los profesores en ejercicio, debido al escepticismo de los mismos por la resistencia al cambio (Appleton y Asoko, 1996). Además, habitualmente las dinámicas de estos programas se configuran con un grupo de expertos que presentan los resultados de investigaciones y les enseñan a manera de instrucción cómo deberían modificar sus clases, lo cual hace que el profesor regrese a su entorno y, luego de un tiempo de tratar de aplicar la innovación, retorne a su habitual manera de enseñar (Mellado, 2001). Estos procesos de formación tradicionales de pocos resultados, en cuanto a los cambios de concepciones y prácticas docentes, a partir de la transmisión de nuevos modelos a cargo de expertos, han mostrado que pueden ser más eficaces cuando se hacen a partir del trabajo colaborativo de discusión y reflexión entre grupos de trabajo, es decir, programas de orientación constructivista (Garret *et al.*, 1990; Furió y Carnicer, 2002). Posición y propuesta que se asume en esta investigación al desarrollar un programa de formación desde esta perspectiva.

En esta mirada, se requieren entonces programas de formación de orientación constructivista que aporten elementos formativos a las falencias existentes en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Estos programas deben estar enmarcados en un entorno de investigación didáctica que contenga unas condiciones particulares para favorecer los entornos de enseñanza y mejorar la eficacia de los programas de formación de docentes, en concordancia con lo que propone Carnicer (1998), quien plantea que un programa de orientación constructivista debe contener las siguientes condiciones: 1) Abordar los problemas didácticos de forma colegiada en grupos de trabajo cooperado. 2) El contenido del programa de innovación debe tener claramente definidos sus objetivos y finalidades. 3) El problema objeto de estudio debe ser de interés para los profesores participantes. 4) Se debe integrar teoría y práctica en el programa de formación. 5) La dinámica del grupo debe tender a pasar de la interregulación a la autorregulación. 6) Es necesario la elaboración de productos como muestra del trabajo realizado.

En síntesis, un programa de formación de docentes para la generación de cambio didáctico, como el que se desarrolla en este capítulo, requiere inicialmente un reconocimiento de las concepciones de ciencia y enseñanza

de las ciencias que moldean la acción docente. El programa debe estar intencionado desde una orientación constructivista, que motive el interés de trabajo colaborativo y participativo de todos los integrantes del programa. Así, los profesores deben no solamente ser parte de la investigación, sino también desempeñarse como investigadores, porque al involucrarse en la investigación activamente, diferente a recibir la información como una mera instrucción de expertos, se obtendrán mejores resultados en las transformaciones de las concepciones epistemológicas que poseen los docentes en favor de la generación de cambio didáctico. Esto se consigue a través de un ejercicio teórico-práctico, donde los profesores están en la capacidad de evaluar y reflexionar sobre la problemática planteada y resultados obtenidos, a partir de la ejecución simultánea del programa en sus clases.

2.5 A manera de conclusión

Las posiciones que fundamentan la investigación doctoral sobre la que se inscriben las ideas de este capítulo, que relacionan las implicaciones didácticas de la inclusión de HFC, la enseñanza de las ciencias en el contexto CTS y la formación de profesores para la generación de cambio didáctico, delimitan algunos elementos estructurantes que se presentan como argumentos de cierre para la propuesta de marco teórico desarrollada en este apartado.

De acuerdo con lo discutido, diversos autores han dado claros debates sobre la pertinencia o no de la inclusión de la HFC en la enseñanza de las ciencias. Y particularmente en este texto se deja una clara evidencia de la postura que defiende la importancia de considerar la historia de las ciencias para lograr aclaraciones y precisiones conceptuales indispensables en la comprensión de los componentes sociales de la ciencia como un elemento clave, para que el profesor pueda enseñar una ciencia que se aleje de presentar conceptos como algo acabado. Por el contrario, se busca llevar, tanto a estudiantes como profesores, hacia una idea de ciencia enfocada desde una perspectiva que promueva el interés por conocer cómo se produce el conocimiento científico y cómo se desarrolla.

Uno de los aportes del uso de la HFC es que podría ayudar a superar las perspectivas inductivistas y positivistas de la ciencia si se pasa a considerar que puede contribuir a derribar las concepciones que plantean que el conocimiento está en el mundo, que es el conocimiento verdadero y que lo que

han hecho los científicos, a través de la historia, es descubrir esas grandes verdades preestablecidas por la naturaleza. En este sentido, la investigación didáctica que incorpora la HFC ha evidenciado que se promueve el desarrollo de un modelo epistémico que supera la tendencia de asumir la ciencia como el resultado de observaciones cuidadosas, que luego generaliza de manera inductiva estas observaciones hasta que llegan a construir teorías, las cuales son corroboradas cuando se deducen aplicaciones desde dichas teorías. Se supera, así, la idea de que la deducción a partir de teorías coincide con lo que se observa desde la inducción, promovándose cambios en la concepción y representación del método científico.

En este punto, es importante reflexionar como enriquecimiento a la discusión y fortalecimiento de la posición teórica de este capítulo, que se hace necesario tener en cuenta que el aporte de una enseñanza de la ciencia contextualizada con una contribución desde el enfoque CTS, permitiría que la imagen de la ciencia universitaria tenga un mayor contenido del pragmatismo científico, así como de los aspectos históricos, sociales, filosóficos y políticos necesarios para que se pudiera dar su construcción. Además, ayuda a fundamentar mejor la ciencia y la tecnología como espacios de conocimiento que penetran cada vez más en los cotidianos sociales y futuros profesionales de los estudiantes, fomentando debates y reflexiones sobre su rol como principal agente transformador del mundo actual (Aikenhead, 2003).

Finalmente, la formación de profesores y las necesidades de cambio didáctico se manifiestan como una de las problemáticas actuales de la enseñanza de las ciencias, las cuales develan focos de acción emergentes que requieren propuestas de investigación que aporten al desarrollo profesional de los profesores, encaminado al mejoramiento de sus conocimientos sobre didáctica de las ciencias y prácticas de enseñanza. Este cambio didáctico busca generar un aporte al conocimiento didáctico del contenido con que cuentan los profesores, de tal forma que sea posible contribuir al cambio conceptual, metodológico, epistemológico, axiológico y ontológico de elementos relacionados con la enseñanza. En esta lógica, el cambio didáctico pretende en su trasfondo promover y poner en escena la reestructuración del quehacer docente, a partir de una reorientación de la epistemología docente que, de acuerdo con lo planteado en este capítulo, solamente se lograría si el profesor hace una reflexión profunda a partir de una intervención internalista, en la forma de pensar, sentir y actuar en y para su ejercicio profesional.

2.6 Bibliografía

Aikenhead, G.S. (2003). STS Education: A Rose by Any Other Name. En: R. Cross: *A Vision for Science Education: Responding to the work of Peter J. Fensham*, pp. 59-75. New York: Routledge Falmer.

Appleton, K. y Asoko, H. (1996). A case study of a teacher's progress toward sing a constructivist view of learning to inform teaching in elementary science. *Science Education*, 80(2), 165-180.

Bachelard, G. (1976). *La formación del espíritu científico*. (5). México: Siglo XXI Editores.

Carnicer, J. (1998) *El cambio didáctico en el profesorado de ciencias mediante tutorías en equipos cooperativos* (Tesis doctoral). Valencia: Universidad de Valencia.

Conant, J. B. (1957). *Harvard Case Histories in Experimental Science*. Londres: Harvard University Press, Cambridge.

Cronin-Jones, L.L. (1991). Science teaching beliefs and their influence on curriculum implementation: two case studies. *Journal of Reserach in Science Teaching*, 38(3), 235-250.

Duschl, R. (1994). Research on the history and philosophy or science. En: D. L. Gabel. (ed) *Handbook of Research on Science Teaching*. (pp. 443-465). New York: Macmillan.

Duschl, R. (1997). *Renovar La Enseñanza de las Ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea.

Esteban, S. E. (2003). La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), 399-415.

Feiman-Nemser, S. (1990). Learning to teach. En: Shulman, L. S. & Sykes. S, *Handbook of Teaching and policy*. (pp. 150-170). New York: Macmillan.

Fraser, B. y Tobin, K. G. (1998). *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publisher.

Fraser, B., Tobin, K. G. y McRobbie, C. J. (2012). *Second International Handbook of Science Education*. Springer International Handbooks of Education.

Furió-Mas, C. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 188-199. Recuperado de: <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21357/93312>.

Furió, C y Carnicer, J. (2002). El desarrollo profesional del profesor de ciencias mediante tutorías de grupos cooperativos. Estudio de ocho casos. *Enseñanza de las ciencias*, 20(1), 47-73.

Gabel, D. (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub.

Gagliardi, R. y Giordan, A. (1986). La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(3), 253-259.

Gallager, J.J. (1991). Interpretative research in science education. National Association for Research En: *Science Teaching Monograph*. (4).

García, A. E. G. (2011). Las prácticas experimentales en los textos y su influencia en el aprendizaje. Aporte histórico y filosófico en la física de campos (tesis doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona.

Garret, R.M., Satterly, D., Gil, D. & Martínez, J. (1990). Turning exercises into problems: An experiments study with teachers in training. *International Journal of Science Education*, 12(1), 1-12.

Gibbons, M. *et al.* (1994). *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*. London: Sage.

Gil, D. (1993). Contribución de la Historia y la Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.

Hennessy, S (1993). Situated cognition and cognitive apprenticeship: implications for classroom learning. *Studies in Science Education*. 22, 1-41.

Holton, G. (1978). *Introducción a los conceptos y teorías de las Ciencias Físicas*. Barcelona: Reverté.

Hottecke, D., Henke, A. y Riess, F. (2010). Implementing History and Philosophy in Science Teaching: Strategies, Methods, Results and Experiences from the European HIPST Project. *Sci & Educ*. DOI.

Houston, W. R. (1990). *Handbook of Research on Teaching Education*. New York: Macmillan.

Izquierdo, M. (1994). Como contribuye la historia de las ciencias en las actitudes del alumnado hacia la enseñanza de las ciencias. *Aula de Innovación Educativa*, 27, 37-41.

Izquierdo, M., Audúriz-Bravo y Quintanilla, M. (2007). Discusión en torno a un modelo para introducir la historia de la ciencia en la formación inicial del profesorado de ciencias. En: *Investigar en la enseñanza de la química, nuevos horizontes; contextualizar y modelizar*. (pp. 173-196). Barcelona: Editorial UAB.

Koballa, T. (1992). Persuasion and attitude change in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 63-80.

Kuhn, T. S. (1970). *La estructura de las revoluciones científicas*, 2^{da} ed. Chicago: University of Chicago Press.

Magnusson, S., Borko, H., Krajcik, J y Layman, J. (1992). *The relationship between teacher content and pedagogical content knowledge and student content knowledge of heat energy and temperature*. Paper presents at the annual meeting of the national Association for Research in Science Education. Boston.

Martínez, C. (2009). El conocimiento profesional de los(as) profesores(as) de ciencias: algunos aspectos centrales en el desarrollo de la línea de investigación. *Revista Científica*, 11, 15-23. Disponible en: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/article/viewFile/412/641>.

Mason, C. (1988). A collaborative effort to effectively evolve pedagogical content knowledge in preservice teachers. Paper presents at the annual meeting of the national Association for Research in Science Education. Lake of the Ozarks. MO.

Matthews, M. R. (1991). Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 11-12. 141-155.

Matthews, M.R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. *Enseñanza de las ciencias*, 12(2), 255-277.

Matthews, M.R. (1998). The nature of science and science teaching. En: Fraser, B. y Tobin, K.G. *International Handbook of Science Education*. (pp. 981-999). London: Kluwer Academic Publisher.

Mellado, J.V. (2001). ¿Por qué a los profesores de ciencias nos cuesta tanto cambiar nuestras concepciones y modelos didácticos? *Revista Interuniversitaria de formación del profesorado*, 40, 17-30.

Mellado, J. V. (2003). Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza de las ciencias*, 21(3), 343-358.

Mellado, V. Y Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 331-339.

Membriela, P. I. (2002). Una revisión al movimiento CTS en la enseñanza de las ciencias. En Membriela, P. I. *enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad: Formación científica para la ciudadanía*. (pp. 91-103.) Madrid: Narcea.

Mosquera, C. J. (2008). El cambio en la epistemología y en la práctica docente de profesores universitarios de química (tesis doctoral). Valencia: Universidad de Valencia.

Mosquera, C. J. y Furió-Mas, C. J. (2008). El cambio didáctico en profesores universitarios de química a través de un programa de actividades basado en la enseñanza por investigación orientada. *Revista Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (22), 115-154.

Mosquera, C. J. (2011). La investigación sobre la formación de profesores desde la perspectiva del cambio didáctico. *Revista Internacional de Investigación en Educación*, 3(6), 265-282.

Perales, P. y Cañal de León, P. (2000). *Didáctica de las ciencias experimentales*. Alcoy: Marfil.

Pozo, J. I., Gómez, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. España: Morata.

Roberts, D. A., Russell T. (1975). An alternative approach to science education research: Drawing from philosophical analysis to examine practice. *Curriculum Theory Network*, 5, 107-125.

Rubba, P.A. Wiesenmayer. R.L. (1998). Goals and competencies for pre-college STS education: Recommendations based upon recent literatura in enviromental education. *Journal of Environmental Education*, 19(4), 38-44.

Sánchez Ron, J. M. (1988). Usos y abusos de la historia de la física en la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 179-188.

Santos. M E. (2002). Relaciones entre ciencia tecnología y sociedad. En: Membiela. P. I. (2002) *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad: Formación científica para la ciudadanía*. (pp. 61-75). Madrid: Narcea.

Shulman, L.S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.

Shulman, L. S. (1992). Renewing the pedagogy of teacher education: the impact of subject-specific conceptions of teaching. En María Lourdes Montero-Mesa y José Manuel Vez (eds.). *Las didácticas específicas en la formación del profesorado*. Santiago de Compostela: Tórculo.

Solbes, J. y Traver, M. J. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 103-112.

Solbes, J. Vilches, A. y Gil, D. (2001). Papel de las interacciones CTS en el futuro de la enseñanza de las ciencias. En Membiela. P. I. (2002) *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad: Formación científica para la ciudadanía*. (pp. 221-231). Madrid: Narcea.

Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 7(3), 263-268.

Tobin, K y Garnett, P. (1988). Exemplary practice in science classroom. *Science Education*, 72, 197-208.

Tobin, K., Tippins, D. J., y Gallard, A. J. (1994). Research on instructional strategies for teaching science (La investigación sobre estrategias para la

enseñanza de la ciencia). En: Gabel, D. I. *Handbook of research on science teaching and learning*. (pp. 3-44). Nueva York: Macmillan.

Wittrock, M. C. (1986). *Handbook of Research on Teaching*. New York: Macmillan.

Young, M (1994). Instructional design for situated learning. *Education Technology and Development*, 42(1), 43-58.

Zapata, J. P. (2016). Contexto en la enseñanza de las ciencias: Análisis al contexto en la enseñanza de la física. *Revista Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. ISSN: 2346-4712, 11(2), 193-211.

Zapata, J. (2017). El contexto profesional en la enseñanza del electromagnetismo desde una perspectiva histórica en programas universitarios diferentes: Implicaciones para el cambio didáctico (tesis doctoral). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Zapata, J. P. y Mosquera, C. J. (2017). Didactic change based on the historical and professional context for the physics teaching. *International Journal of Advanced Research (IJAR)*. 5(5), ISSN-e: 2320-5407. DOI:10.21474/IJAR01/4286, DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/4286>, 1584-1595.