

LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS Y SU RELACIÓN CON LA HISTORIA Y LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

Olga Lucía Godoy Morales

Estudiante Doctorado Interinstitucional en Educación

DIE - UD

Introducción

Este capítulo presenta una reflexión sobre la naturaleza de la didáctica de las ciencias (DdC) y su relación con la historia y la filosofía de las ciencias (HFC), al mismo tiempo que ciertas implicaciones sobre los procesos formativos de docentes y estudiantes. Para esto se ha estructurado en dos grandes apartados, el primero, centra la atención en la argumentación del estatus de la DdC desde la educación en ciencias, su epistemología y su relación con la HFC. El segundo apartado, parte de esta relación y se centra en las contribuciones de la HFC a la enseñanza de las ciencias, enfatizando en sus aportes hacia los actores y procesos de formación en ciencias.

La DdC como una disciplina joven independiente de la pedagogía, que nace en Iberoamérica en los años ochenta del siglo pasado, emparentada en sus orígenes con la “educación en ciencias” más antigua y de tradición anglosajona. Citando a varios investigadores representativos del campo de la DdC se muestran criterios que estos autores han planteado para argumentar que la DdC cumple con los requisitos epistemológicos para ser considerada una disciplina autónoma metateórica dirigida a resolver problemas de la relación enseñanza-aprendizaje y de formación del profesorado, con su propia comunidad, líneas de investigación, medios de difusión, congresos y *handbooks* donde se presentan las tendencias o conclusiones en periodos de tiempo específicos, y altos niveles de concreción de su producción en doctorados, en muchos países. También se plantea que es un campo con una consolidación reciente, donde las ideas presentadas por algunos autores que la consideran como “ciencia del diseño” lleva a nuevas interpretaciones de la DdC.

La DdC ha contribuido a la aparición del concepto de ciencia escolar, y la HFC, ha generado distintas contribuciones al aprendizaje de los estudiantes (que les permite distinguir entre distintas formas de conocimiento, promover la formación científica y la participación ciudadana mejorando sus actitudes hacia las ciencias y su aprendizaje), y a la formación y ejercicio docente (mejorando sus criterios de reflexión acerca de las ciencias y su enseñanza, identificando posibles formas de mejoramiento de su enseñanza).

La didáctica de las ciencias y su desarrollo

La didáctica de las ciencias es una disciplina joven, con una consolidación hacia la década de los noventa del siglo XX; según el análisis de Gil-Pérez (1994) sus inicios están en la década de los ochenta, planteamiento que es compartido por Gil-Pérez, Carrascosa & Martínez (1999) sin embargo, para Porlán (1998) siguiendo a Gutiérrez (1987), Aliberas et al. (1989) y Cañal (1990), sus inicios en realidad sucedieron en la década de los cincuenta en los países anglosajones con la realización de proyectos de investigación con el fin de mejorar la enseñanza de las ciencias. Esto respondió a una serie de medidas políticas y económicas que pretendían impulsar el desarrollo tecnocientífico de estos países.

En la actualidad se acepta que estos conceptos de educación en ciencias y didáctica de las ciencias sean caracterizados de formas diferentes, el primero en los países anglosajones y el segundo en algunos países de Europa como España, Portugal, Francia, Alemania, Italia y en general en países de habla hispana; de éste último se habla en éste escrito.

La transformación que ha tenido la didáctica de las ciencias desde que emergió, se debe a que se ha reconocido como un campo independiente de la pedagogía y de la didáctica general. La didáctica de las ciencias (DdC) puede ser considerada como una disciplina porque cumple con los requerimientos planteados por Toulmin: “un conjunto de problemas específicos, la existencia de una comunidad profesional, un punto de vista general y compartido sobre la disciplina, estrategias y procedimientos adecuados y poblaciones conceptuales en evolución vinculadas a los problemas específicos” (Toulmin, 1977, citado por Tamayo, 2009: 32). En este trabajo se entiende una disciplina como una región del conocimiento que implica al mismo tiempo un campo de trabajo y de relación social al que se accede a través de un proceso de formación caracterizado por la importancia que se reconoce al ejercicio de la investigación (Hernández & López, 2002).

Siguiendo los planteamientos de Toulmin la DdC es una disciplina; primero, porque tiene un problema específico: la enseñanza de las ciencias; el proceso de enseñanza de las ciencias plantea una problemática única, ya que los conocimientos científicos al ser específicos no pueden aprenderse ni enseñarse, al igual que, por ejemplo, los conocimientos musicales, de educación física, u otros. Por ello la didáctica de las ciencias constituye un campo específico de investigación. (Gil-Pérez et al., 1999).

Segundo, porque inicialmente se establecieron temáticas de investigación, entre las cuales estaban predominantemente: concepciones alternativas; las ideas intuitivas, preconcepciones, representaciones; resolución de problemas; prácticas de laboratorio; la evaluación y la formación de profesores, entre otras. Un avance significativo es que en la actualidad no son temáticas sino que se

han constituido en líneas de investigación, al establecerse cuerpos coherentes de conocimientos y grupos dedicados a realizar investigación en estas áreas.

En el caso colombiano, existen diferentes grupos de investigación que se dedican a desarrollar el énfasis de educación en ciencias. Cabe destacar en la Universidad Pedagógica Nacional:

- El Grupo Probleduciencias. Realiza investigaciones sobre estudios en calidad de vida y resolución de problemas y enseñanza de las ciencias.
- El Grupo Invaucol. Investiga el pensamiento de los profesores de ciencias (física); conocimiento de los profesores de ciencias (física); conocimiento de los estudiantes (física) y conocimiento didáctico del contenido con el profesor de esta área.
- Grupo Alternaciencias. Con las líneas de investigación: didáctica de los contenidos curriculares en química y enseñanza de las ciencias con enfoque CTSA.

En la Universidad Distrital Francisco José de Caldas:

- Grupo Didaquim. Con las líneas de investigación: relaciones entre la historia y la filosofía de las ciencias y la didáctica de las ciencias; cambio didáctico y formación del profesorado de ciencias e inclusión de la dimensión ambiental en la educación en ciencias.
- El Grupo Intercitec. Con las líneas de investigación: enseñanza de las ciencias, contexto y diversidad cultural y conocimiento profesional de los profesores de ciencias y conocimiento escolar.
- Grupo Greece, en el cual participan además investigadores de países como Argentina, Chile y México. Con líneas de investigación: comunicación en ciencias (estudio de habilidades cognitivo lingüísticas), TIC y enseñanza de las ciencias.

Existe entre las Universidad del Valle y la Universidad Pedagógica Nacional:

- Grupo Interinstitucional Ciencias, Acciones y Creencias. Con líneas de investigación, en acciones de maestros en ciencias: creencias, roles, metas y contextos en la enseñanza y el aprendizaje, elaboración de los conceptos científicos, epistemología, historia y desarrollo curricular en las ciencias, evaluación en ciencias y relación entre el conocimiento común y conocimiento científico.

En la Universidad del Valle:

- Grupo Ciencia, Educación y Diversidad. Con la línea de investigación en historia, filosofía y enseñanza de las ciencias.

Además, en el ámbito mundial, se han propuestos diferentes campos de investigación que los *handbooks* proponen cuando salen al público. Según el

Second Handbook of Science es posible identificar cinco tendencias de investigación en educación en ciencias: perspectivas socioculturales y educación urbana; aprendizaje y cambio conceptual; formación de profesores y desarrollo profesional; equidad y justicia social y valoración y evaluación (Fraser, Tobin & McRobbie, 2012).

Ahora, en tercer lugar, la DdC es una disciplina porque existe una comunidad académica que dispone de programas de formación postgradual (maestrías y doctorados), redes de difusión de resultados en congresos y publicaciones periódicas, es decir, existe un reconocimiento social en torno a la enseñanza de las ciencias como problema y, por consiguiente, se ha establecido una comunidad académica en las universidades que ofrecen programas de formación en este campo del conocimiento.

Finalmente existe una tradición académica que permite establecer una evolución histórica de la didáctica de las ciencias en países como: Alemania, Francia, España, Argentina, Chile, México y Colombia, entre otros. Gil-Pérez et al. (1999) los cuales reportaron que autores como: Bowen, 1975; Berger, 1979; Yager y Kahle, 1982; Bauman, 1983; Klopfer, 1983; Tiberghien, 1983 y 1985; Welch, 1985; Penick y Yager, 1986; Linn, 1987; Cañal y Porlán, 1988; Jiménez, 1988; Furió y Gil, 1989; Aliberas, Gutiérrez e Izquierdo, 1989; Viennot, 1989; Porlán, 1993a; Gil, 1994 y 1996; y Martínez-Terrades (1998: 17)

realizaron investigaciones sobre tendencias de innovación, métodos de investigación y sobre la didáctica como disciplina emergente. En la actualidad este grupo de estudiosos se ha ampliado con las investigaciones realizadas por: Adúriz-Bravo (2008a); Adúriz-Bravo & Izquierdo (2005); Estany & Izquierdo (2001); Izquierdo (2000); González (2007); Velásquez (2006); entre otros.

La comunidad académica ayuda a la consolidación del campo a través de publicaciones científicas, las cuales, en su mayoría, llevan pocos años en circulación. Sin embargo, la de mayor trayectoria es *Science Education* que apareció en 1916; casi 50 años después surge el *Journal of Research in Science Teaching* y desde 1972 circula *Studies in Science*.

A partir de la década de los ochenta en diferentes países comienzan a aparecer numerosas revistas como el *European Journal of Science Education*, *The Australian Journal of Science Education*, *ASTER*, *Science and Technological Education*, la *Revista de Enseñanza de la Física*, *O Ensino de Física*. Desde 1991 se publica *Science & Education* que presenta artículos relacionados con la historia y la filosofía de las ciencias y la enseñanza de las ciencias. Y en España en 1983 empieza a publicarse la revista *Enseñanza de las Ciencias* (revista ISI) que actualmente circula también en formato digital; también aparecen *Alambique*, *Investigación en la Escuela*, y en Colombia, *Tecné*, *Episteme* y *Didaxis* (TED), además *Didaska-*

lia: *cuadernos docentes*. Con la masificación del internet a comienzos del siglo XXI aparecen las revistas electrónicas: *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, *Eureka* y *Ciencias* (Gil-Pérez, 1994; SanMartí, 2008).

Otro aspecto importante es la publicación de diferentes *Handbooks*, en 1994 del *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* editado por Gabel; en 1997 del *Handbooks of science education* editados por Fraser y Tobin; y la segunda edición por Fraser, Tobin & McRobbie en 2012; el *Handbook of Research on Science Education* editado por Abell y Lederman en 2007. Y por último, la realización de tesis doctorales en diferentes universidades europeas y latinoamericanas sobre las diversas líneas de investigación que se generan al interior de la didáctica de las ciencias.

Por lo tanto se puede afirmar que la didáctica de las ciencias no es una rama de la didáctica general, ni de las disciplinas pedagógicas, ni un campo interdisciplinar; ella tiene su objeto de estudio definido: la enseñanza en ciencias; el cual es un problema concreto y genera sus propios marcos conceptuales, produciendo nuevo conocimiento con relación a su objeto de estudio.

Adúriz-Bravo & Izquierdo (2002) consideran a la didáctica de las ciencias como disciplina porque es enseñable; la enseñabilidad es entonces un argumento central para sostener la disciplinariedad de la didáctica, debido a que tiene como condición necesaria la existencia de una estructura de coherencia propia, transponible y difundible, por ejemplo en España, la investigación en didáctica de las ciencias fue reconocida como área de investigación y docencia universitaria en 1985.

Comparto el planteamiento (Adúriz-Bravo & Izquierdo (2002), sobre la visión de la didáctica de las ciencias como:

[...] una disciplina con carácter propio, dotada de una perspectiva teórica autónoma (Izquierdo, 1990), que está conectada con otras, pero que no se limita a constituir un conglomerado de saberes ni una aplicación de modelos teóricos externos a situaciones de aula particulares. Desde sus orígenes, la didáctica de las ciencias ha apoyado su autonomía en un abordaje sistemático y científico de la educación en ciencias (Joshua & Dupin, 1993); para ello se ha sustentado en un enfoque curricular que combina los abordajes epistemológico y psicológico. (Cleminson, 1990: 136)

La didáctica de las ciencias desde la perspectiva de la educación en ciencias

En la actualidad la DdC desde una perspectiva de la educación en ciencias, se fundamenta en: la filosofía de la ciencia, en la psicología cognitiva y los contenidos de la misma ciencia (Estany & Izquierdo, 2001). La filosofía de la ciencia

es su primer fundamento teórico puesto que provee elementos que orientan el proceso reflexivo a segundo nivel, es decir, permite procesos de metacognición y se constituye en un componente fundacional de la misma.

La psicología cognitiva constituye el segundo elemento de la DdC asociada con su fundamentación, debido a que ésta indaga por los procesos mentales que se realizan para que se produzca el aprendizaje, se formen conceptos, se desarrollen procesos de razonamiento, entre otros (Estany & Izquierdo, 2001). La concepción del aprendizaje como un proceso supeditado al desarrollo cognitivo supone que, para que se produzca aprendizaje, no basta con que el individuo reciba orientación; lo que un sujeto puede aprender depende de su nivel de desarrollo cognitivo (Carretero & Limón, 1993). Durante el proceso de enseñanza el profesor realiza actividades y genera estrategias con el fin de facilitar y ayudar a los estudiantes a que se produzca el aprendizaje.

El tercer fundamento de la DdC es el contenido de las ciencias, para Duschl (1997) enseñar lo que se sabe en ciencias exige objetivos curriculares relativos al conocimiento científico, es decir, su desarrollo se basa en enseñar explícitamente la disciplina escolar o conocimiento particular: biología, física, matemática, química, las cuales constituyen el saber profesional del profesor. Para enseñar ciencias es importante que el profesor tenga conocimientos profundos sobre su disciplina.

La didáctica de las ciencias y su epistemología

A nivel epistemológico se concibe a la didáctica de las ciencias como una disciplina autónoma, de carácter metateórico (Koliopoulus, Adúriz-Bravo & Ravanis, 2011). La referencia de enseñar ciencias ocurre desde la concepción que los profesores tengan de la misma, razón por la cual surge la necesidad de recontextualizar el concepto tradicional de ciencia. En las últimas décadas se ha generado un interés por parte de científicos de las disciplinas y por los académicos del campo de la educación en ciencias (filósofos, sociólogos, historiadores de las mismas) de migrar de un concepto de ciencia absoluto, rígido y atemporal, a un concepto de ciencia relativizado según las necesidades socioculturales del contexto (Duschl, 1997). En este sentido, una nueva visión de las ciencias consiste en la humanización de las mismas, conectándolas con preocupaciones personales, éticas, culturales y políticas de los individuos de la sociedad. Por su naturaleza epistemológica, la didáctica de las ciencias tiene un carácter metateórico, al hacer reflexiones a segundo nivel sobre los modelos teóricos propuestos para mejorar la enseñanza de las ciencias.

Sin embargo, de acuerdo con el conocimiento que desarrolla, se concibe la DdC como una ciencia de diseño, en el sentido de una ciencia con un

proyecto o fin a conseguir; en la medida en que teoriza sobre la transmisión y construcción del conocimiento y sobre los procedimientos que las hacen posibles (Estany & Izquierdo, 2001). En concordancia con este planteamiento, para González (2007) la expresión ‘ciencias de diseño’ designa conocimientos específicos que son elaborados para resolver, de manera articulada, problemas concretos que surgen en el entorno humano. En este contexto, la didáctica de las ciencias se puede caracterizar como una ciencia que tiene como objetivo práctico mejorar la enseñanza de las ciencias a través de plantear modelos teóricos que explican y modifican la enseñanza de las ciencias. Con relación a la producción de modelos teóricos Adúriz-Bravo & Izquierdo (2005) ven la DdC:

[...] como la producción de *modelos teóricos* que explican y modifican diferentes aspectos de la educación en las ciencias. Los modelos teóricos de la didáctica de la ciencia, que pueden ser llamados *modelos didácticos*, suelen estar inspirados, a través de un mecanismo análogo, en los modelos teóricos provenientes de otras ciencias disciplinas que estudian ciencia y su “gestión” en la sociedad. Por “meta-modelo” nos referimos a un modelo de segundo orden, es decir, una visión teórica de la filosofía de la ciencia sobre cómo se construyen y utilizan los modelos científicos. (p. 35)

De acuerdo con los planteamientos anteriores puede decirse que la didáctica de las ciencias constituye un conjunto teórico de explicaciones sobre el funcionamiento de la educación científica, potencialmente capaces de intervenir sobre ella para mejorarla.

La didáctica tiene un doble compromiso, por un lado con el estudiante de ciencia, al hacer la ciencia enseñable a través de la transposición didáctica, y por otro, con la disciplina de referencia para conocerla cada vez más y poder ser enseñada (Tamayo, 2009). Siguiendo los planteamientos de Izquierdo (2000) la didáctica de las ciencias (DdC) se puede concebir como la ciencia de enseñar ciencias y sus reflexiones incluyen aspectos sobre la ciencia misma y su enseñanza.

Para el desarrollo del trabajo de investigación doctoral se concibe la didáctica, como lo señalé anteriormente en el numeral 1.2, como una disciplina de carácter autónomo porque es enseñable, tiene sus propios medios de divulgación y tiene su propio objeto de estudio: la enseñanza de las ciencias. Su carácter es metateórico, por hacer reflexiones de segundo orden sobre la enseñanza en ciencias y el carácter de la ciencia en sí misma. La DdC como disciplina permea el proceso de enseñanza y aprendizaje, la formación inicial y permanente de los profesores, y finalmente los fundamentos y los objetivos teóricos o empíricos de la investigación en la disciplina (Adúriz-Bravo, 2008a).

Para Porlán (1998) describir y analizar los problemas más significativos de la enseñanza-aprendizaje de las ciencias es una de las finalidades de la didáctica

de las ciencias, la otra dimensión complementaria, es elaborar y experimentar modelos que a la luz de los problemas detectados ofrezcan alternativas prácticas, coherentes y fundamentales.

La didáctica de las ciencias ha contribuido a la aparición del concepto de ciencia escolar, la cual se constituye en una actividad donde participan estudiantes, docentes y unos saberes específicos y que debe aportar a la formación ciudadana en ciencias (Izquierdo, M. Espinet, Bonit & Pujol, 2004), la cual está fundamentada en el pensamiento crítico, en una ciencia de la complejidad que no deje de lado los problemas propios de la sociedad actual (Izquierdo, 2000).

Su objetivo según Izquierdo (1996) es "...(comprender los fenómenos del mundo y actuar sobre ellos, relacionándolos entre sí mediante ideas ordenadas o teorías); y por ello son dinámicas, puesto que este objetivo no se alcanza fácilmente" (p.3).

Contribuciones de la historia y la filosofía de las ciencias a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias

La didáctica tiene diferentes líneas de investigación que se han consolidado a través de grupos de investigación nacionales e internacionales; sin embargo, la línea de la historia y la filosofía de la ciencia se ha venido incorporando cada vez más a la enseñanza de las ciencias (Matthews, 1994b). La HFC resultan ser, al interior de la DdC, vertientes relativamente nuevas y se han constituido en referentes metateóricos que promueven nuevas propuestas para la enseñanza de las ciencias.

En algunos países como: Brasil, Alemania, Italia, España, Israel, Estados Unidos, Finlandia, Colombia, Francia, Portugal y Grecia entre otros se han realizado trabajos que involucraron estos temas. Por ejemplo, en Brasil, Braga, Guerra & Reis (2012) evaluaron la viabilidad de utilizar controversias en la enseñanza; también Forato, Martins & Pietrocola (2012) elaboraron un curso piloto sobre la historia de la óptica para incorporar aspectos de HFC a la enseñanza secundaria, y realizan aportes al tema al sugerir algunos parámetros iniciales para guiar el uso de la historia y la filosofía de la ciencia en la enseñanza de la misma, otra propuesta fue la desarrollada por Guerra, Braga & Reis (2013) donde incorporaron la HFC desde una perspectiva social, ellos elaboraron un proyecto pedagógico que usó la estrategia de utilizar material artístico como películas y la realización de obras de teatro, y que culminó con la elaboración de libros de textos sobre cada una de las seis temáticas del proyecto. En Italia, Dibattista & Morgues (2013) desarrollaron un proyecto titulado: *La historia de la ciencia va a la escuela* cuyos objetivos fueron construir un modelo de investigación con profesores de secundaria y universitarios para construir unidades didácticas utilizando HFC y segundo, encontraron evidencia de que este

enfoque es efectivo en lograr un mayor interés de los estudiantes en la ciencia. En Francia, Maurines & Beaufils (2013) realizaron la selección y análisis de documentos históricos para comunicar de una manera más auténtica la naturaleza de la ciencia. En Portugal, Lopes (2013) propuso introducir en la enseñanza de la física resolución de problemas desde el punto de vista histórico. En Alemania, Höttecke (2000) efectuó réplicas de algunos instrumentos históricos como herramientas para la enseñanza y el aprendizaje de la física. En Grecia, Develaki (2012) en su trabajo ofreció la perspectiva de reforzar la enseñanza de la ciencia en el aula, añadiendo en libros de texto de ciencias que por lo general carecen de HFC, información sobre la NdC. En estudios de género han trabajado las autoras Álvarez, Nuño & Solsonia (2003), quienes en su libro hacen un recorrido por la historia de las ciencias a través de la presencia de las mujeres en su construcción y producción, no sólo en la ciencia erudita, sino también en aquellas actividades encomendadas a ellas desde hace siglos, tales como la alimentación y el cuidado de las personas.

Por último, se encuentra que existen diferentes alternativas para trabajar con HFC en el aula entre ellas están: las réplicas de experimentos e instrumentos, controversias, resolución de problemas desde el punto de vista histórico, elaboración de libros de textos, proyectos pedagógicos que utilizan elementos artísticos, diseño de unidades didácticas, estudios de caso, estudios de bitácoras de laboratorio, estudios de género y análisis de documentos históricos.

La incorporación de la historia y de la filosofía de las ciencias (HFC) a la enseñanza de las ciencias en general produce visiones más próximas a la manera en que se crea el conocimiento científico y a la actividad científica misma, con menos estereotipos y con una postura más crítica y reflexiva, ya que de esta manera se generan nuevas y mejores relaciones entre lo que se desea enseñar y lo que el estudiante va a aprender (García-Martínez & Izquierdo, 2014).

Los trabajos de los historiadores y los filósofos de la ciencia han contribuido a elaborar la noción de que el desarrollo del conocimiento científico se entiende mejor como una serie de cambios en las explicaciones básicas que dan los científicos sobre cómo y por qué funcionan las cosas (Duschl, 1997). Este planteamiento sugiere que se recontextualice el concepto de ciencia a nivel escolar y se incorpore el concepto de ciencia escolar. También existe una necesidad de que los estudiantes adquieran una educación ciudadana en ciencias, desarrollen habilidades cognitivas, conocimiento sobre la ciencia y aprendan sobre la forma en que trabaja la ciencia, es decir, explicitando su naturaleza debido a que hay una influencia intencionada de los contextos sociales culturales, políticos y económicos en el desarrollo del conocimiento científico (Cuellar, 2006).

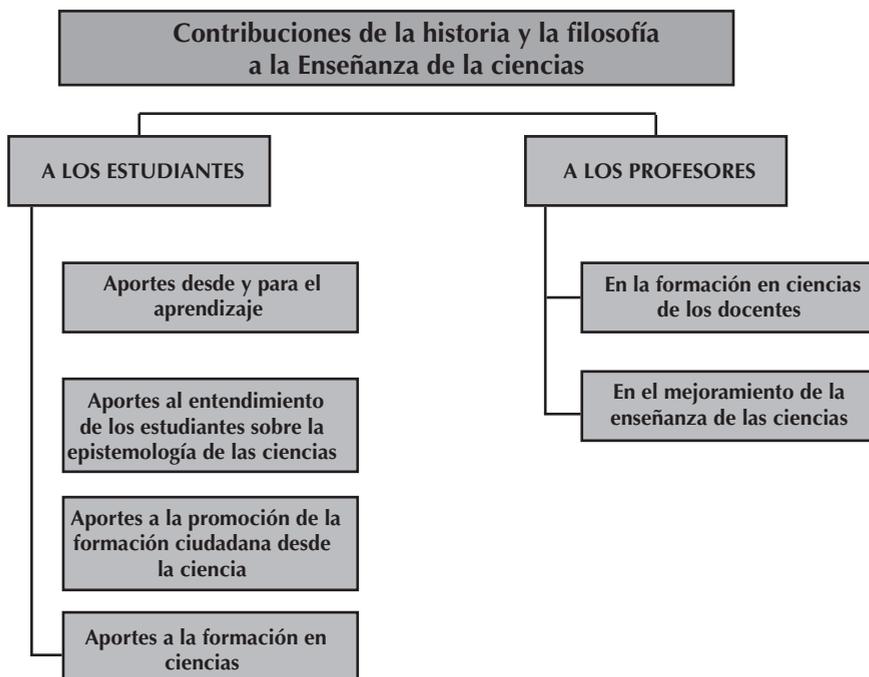
La utilización de la filosofía de la ciencia en el aula, plantea preguntas relacionadas con el conocimiento científico; por ejemplo: ¿Cómo lo sabemos? ¿Por qué estamos convencidos? ¿Qué es una evidencia? ¿Cómo podemos estar

seguros de?; y las aproximaciones de respuestas a estas preguntas permiten una comprensión más profunda de la ciencia y establecen un camino de conocimiento (Höttecke & Silva, 2011).

La HFC y la didáctica de la física

A continuación se presentan diversas contribuciones a la enseñanza y el aprendizaje de la física, desde una perspectiva de la historia y la filosofía de las ciencias. Estos aportes abarcan los procesos de aprendizaje de los estudiantes y favorecen la cualificación docente y el mejoramiento de los procesos de enseñanza que ellos realizan. A partir de una revisión bibliográfica en el campo de la HFC, la didáctica de las ciencias y de la física, se procedió a identificar los argumentos que los autores establecían a favor de la incorporación de aspectos de la historia y la filosofía a la enseñanza y el aprendizaje de la física. Inicialmente se clasificaron en dos categorías: contribuciones a los estudiantes y contribuciones a los docentes. Posteriormente se revisó el listado de estas contribuciones y se analizó si existían aspectos comunes en ellas, que permitieran generar subcategorías. El resultado se muestra en la figura 1.

Figura 1. Las contribuciones de la HFC a la enseñanza de las ciencias



Las contribuciones a los estudiantes. Fue posible concebir una clasificación sobre los aportes de la incorporación de los aspectos históricos y filosóficos en la enseñanza de las ciencias en los estudiantes en: aportes desde el aprendizaje, aportes a la concepciones de los estudiantes sobre la epistemología de la ciencia, promoción de la formación ciudadana desde la ciencia y finalmente aportes a la formación en ciencias; esta clasificación fue resultado del análisis de la bibliografía consultada sobre el tema. Constituyéndose en un aporte que favorece la comprensión de porqué incluir la historia y la filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias y particularmente de la física.

Aportes desde y para el aprendizaje. De acuerdo con las ideas de Matthews (1994) en términos generales la incorporación de aspectos históricos en la enseñanza de las ciencias, hace más atractivo el aprendizaje a los estudiantes porque primero, humaniza las ciencias, ya que él puede conectar aspectos personales, éticos y culturales del contexto científico con el conocimiento estudiado; segundo, promueve una comprensión más profunda y adecuada de los contenidos científicos; y por último, estimula el pensamiento crítico y las habilidades de razonamiento.

Como segundo aporte, la incorporación de la HFC a la enseñanza de la misma conlleva cambios sobre la concepción de la ciencia; frecuentemente los estudiantes tienen creencias y conceptos profundamente arraigados sobre una ciencia absoluta, que establece las leyes del universo, desligada del contexto social, económico y político en donde los hombres de ciencia produjeron ese conocimiento. El estudio de episodios históricos permite mostrar que la ciencia no es una cosa aislada de todas las demás, sino es parte de un desenvolvimiento histórico, de una cultura, de un mundo humano, sufriendo influencias e influenciando a su vez aspectos de la sociedad (Martins, 2006).

Como tercer aporte orientado a mejorar el aprendizaje de los estudiantes, Matthews (1994b) asevera que el introducir elementos de la HFC mejora la enseñanza de la ciencia al tornar las aulas más desafiantes y estimula el desarrollo de habilidades de raciocinio y pensamiento crítico, proporcionando a los estudiantes una experiencia de aprendizaje significativo de las ciencias y promoviendo una comprensión más profunda y adecuada de los propios contenidos científicos al aprender que las teorías, los modelos y conceptos han cambiado históricamente.

Izquierdo & Sanmartí (1990), afirman estos planteamientos al decir que la historia de la ciencia, junto a la reflexión epistemológica permite seguir la evolución del pensamiento científico, superando la transmisión del conocimiento y fomentando un espíritu crítico en los estudiantes.

Para cerrar, se resalta que la utilización de la HFC en la enseñanza contribuye a mejorar el aprendizaje de la física generando cambios conceptuales, procedi-

mentales y actitudinales en los estudiantes, a nivel de conceptos científicos ya que ayudan a un mejor entendimiento de ellos.

Aportes en el entendimiento de los estudiantes sobre la naturaleza epistemológica de la ciencia

El segundo aporte al introducir la HFC en el aula de física, ocurre en el nivel epistemológico, puesto que le permite a los estudiantes establecer criterios para distinguir entre lo que puede ser ciencia o no en un contexto socio-cultural determinado; además, contribuye a configurar la ciencia (física) como una creación humana producto de la cultura y por lo tanto cambiante, relativizando su papel y significado. De esta manera, primero los estudiantes realizan procesos reflexivos sobre la ciencia, su carácter y naturaleza, es decir, la historia de la ciencia soporta el aprendizaje acerca de la naturaleza de la ciencia (NdC en adelante), según Acevedo et al. (2005) debido a que la NdC es un metaconocimiento sobre la ciencia, que proviene de los análisis interdisciplinarios hechos por expertos en campos como la historia, filosofía y sociología de la ciencia, y donde también participan científicos.

La NdC se puede entender como un conjunto de contenidos metacientíficos funcionalmente transpuestos y seleccionados por su valor para la enseñanza de las ciencias naturales. La NdC tiene tres ejes que le dan soporte: el epistemológico intenta responder qué es la ciencia y cómo se construye, el histórico cómo cambia a través del tiempo y el sociológico analiza las relaciones entre la triada ciencia, sociedad y cultura (Adúriz-Bravo, 2005).

Además, la HFC favorece que los estudiantes perciban la física como un patrimonio cultural de los seres humanos; como un sistema de conocimiento construido a través del tiempo por diferentes científicos. Contribuye a que los estudiantes valoren la física escolar, porque el conocimiento, métodos y procedimientos que generan les permiten interpretar y comprender el mundo, posibilitándoles su intervención en él.

Aportes a la promoción de la formación ciudadana desde la ciencia

Un tercer aporte está en el hecho de que al introducir aspectos históricos y filosóficos en la enseñanza de la ciencia, se promueve una formación ciudadana en ciencias, debido a que suscita una ciencia con conciencia. Al respecto Martins (2008) asevera:

Para actuar responsablemente en situaciones sociales que involucren conocimientos científicos es necesario considerar argumentos de naturaleza histórica, estadística, ética y moral. Una elección debe hacerse sobre el estatus

de estos campos de conocimiento en relación a la ciencia: en los contextos pertinentes o partes constitutivas del conocimiento científico. Esto depende, por supuesto, de las formas en que la ciencia evoluciona, pero, tal vez principalmente de la forma en que nosotros los humanos pretendemos *evolucionar*. (p. 12)

A nivel comunicativo la incorporación de la HFC potencia el desarrollo de estas habilidades al permitir que el estudiante participe activamente en clase, argumentando a favor o en contra de situaciones o decisiones complejas bien que hayan ocurrido antes o que sean pertinentes al momento en que ocurre el trabajo escolar y, por lo tanto, provee a los estudiantes de argumentos para tomar decisiones como ciudadanos; decir, contribuye a formar ciudadanos del siglo XXI y a una formación científica de la sociedad. La formación científica de la sociedad se puede dar a través del letramento científico que es un concepto más amplio que la alfabetización científica y propende por preparar un individuo con elementos científicos para desenvolverse en la sociedad.

Quintanilla (2009) afirma que la consolidación ciudadana de los valores democráticos en los diferentes niveles del sistema educativo va ligada irreduciblemente con la producción, transferencia, impacto, divulgación y enseñanza del conocimiento científico con todas sus debilidades y fortalezas y que la enseñanza de este conocimiento responde a la concepción que se tiene de ciencia, él considera que la enseñanza de la ciencia y la divulgación científica deben tener como referente la HFC.

Aportes a la formación en ciencias

Para finalizar, la utilización de la HFC en la enseñanza de las ciencias, aporta en la formación de los estudiantes en ciencias al disminuir la brecha entre el conocimiento científico y el analfabetismo científico, si los estudiantes logran una mayor comprensión de los conceptos y pueden utilizarlos para resolver problemas no solo de carácter teórico sino práctico y/o experimental. Los estudiantes van a aprender no solo contenidos sino que migrarán hacia un contenido contextualizado, histórico y socialmente relevante. La HFC incide en el desarrollo de las clases de ciencias generando una mayor comprensión de la ciencias (como práctica social y cultural) por parte de los estudiante y por lo tanto, que exista coherencia entre lo que se enseña y aprende.

La incorporación de la HFC mejora la actitud de los estudiantes hacia la ciencia. Al realizar actividades que involucran aspectos de ellas hay un impacto positivo en las acciones de los estudiantes y sus intereses hacia la ciencia, por lo que luego ellos tornan las aulas de ciencias más desafiantes. Para Driver et al. (1996, citado por Niño, 2006: 5) “cuando las teorías científicas son enseñadas sin estar conectadas a sus orígenes, surge una actitud escéptica, cuestionadora,

que puede ser desalentadora en los estudiantes, lo que lleva a un estilo de aprendizaje pasivo, que es ineficiente”.

Las contribuciones al Docente

A partir de la revisión bibliográfica fue posible establecer que la incorporación del componente histórico en la formación de los docentes de ciencias contribuye en dos aspectos: uno relacionado con la formación misma de los docentes y otro con el mejoramiento de la enseñanza de las ciencias.

A la formación en ciencias de los docentes. En América Latina, estudios recientes en el campo de la didáctica de las ciencias permiten validar la importancia de incorporar aspectos de la HFC en la formación rigurosa de los profesores de ciencias; así, Adúriz-Bravo (2011), señala que el componente histórico-epistemológico en la formación de los profesores de física, les permite reflexionar sobre la naturaleza de la ciencia y su funcionalidad, así como apoyar la tarea de enseñar ciencias en el aula.

Los profesores de ciencias en todos los niveles educativos, incluidos los profesores universitarios deben ser educados en ciencias y no solamente formados en ciencias, porque ello implica un proceso metacognitivo sobre la ciencia misma. En Colombia, García-Martínez (2009) ha realizado varias investigaciones sobre los aportes de la ciencia a la formación permanente del profesorado en el país; él plantea que la historia de la ciencia se convierte en un medio para cultivar a los profesores (en formación inicial o que están ejerciendo), ya que no solo están estudiando su disciplina sino que están cuestionando la manera como se genera el conocimiento y cómo se transmite de una generación a otra. El hecho de que un profesor de ciencias conozca aspectos históricos de su disciplina le permite cambiar su visión tradicional de la ciencia, reduccionista y absoluta a una imagen de la ciencia en construcción, flexible, cambiante, a comprender que la ciencia es una construcción humana, a validar que la enseñanza de las ciencias es un problema de investigación que merece ser estudiado y que la enseñanza y el aprendizaje ocurre de formas diferentes porque está presente el contexto sociocultural de las personas que participan en el proceso.

En Brasil, Niño (2005) retomando las ideas de Matthews (1992,1994) establece que la incorporación de la HFC contribuye al desarrollo profesional de los profesores ayudándolos al desenvolvimiento de una comprensión más rica y auténtica ciencia; promoviendo en ellos una comprensión más clara de debates contemporáneos en el área de educación sobre el constructivismo y el multiculturalismo.

Por lo tanto, retomando las palabras de Martins (2007) la HFC surge como una necesidad formativa del profesorado, porque puede contribuir a evitar vi-

siones distorsionadas sobre la labor científica; permite una comprensión más precisa de los diversos aspectos relacionados con el proceso de enseñanza y aprendizaje de la ciencia, y proporciona una intervención más calificada del profesor en el salón de clase. En este caso la HFC al permear el proceso de formación de los profesores de ciencia, ayuda a que los docentes cuestionen su propia actividad de enseñanza clásica caracterizada por ser transmisionista de contenidos. Según Matthews (1994) la HFC “permite a los profesores de ciencia entender mejor su responsabilidad social y profesional como parte de una gran tradición de éxito y orientación intelectual” (p. 213). Como aseveran Camacho & Quintanilla (2008) la formación histórico epistemológica de los profesores de ciencias es un elemento importante, porque sin ser ellos historiadores deben conocer los orígenes de la ciencia que enseñan, seleccionar las temáticas relevantes dentro de la disciplina y articularlas con otros contextos, promover actividades problematizadoras que estimulen a los estudiantes para que construyan conocimientos científicos con las teorías que se proponen desde la Química (se puede extender a todas las ciencias naturales). En este proceso sistemático y gradual se va transformando la concepción tradicional sobre la ciencia que el profesor tenía (visión terminal de la misma como hechos estáticos) hacia la ciencia como proceso, donde las teorías cambian y el conocimiento es dinámico. Según Matthews (1994a) la HFC “permite a los profesores de ciencia entender mejor su responsabilidad social y profesional como parte de una gran tradición de éxito y orientación intelectual”. (p. 213)

Uno de los principales aportes de la Historia de la Ciencia a la formación de los profesores es hacer ver la necesidad de una aproximación fenomenológica de las representaciones científicas: los estudiantes necesitan saber con qué y cómo se relacionan dichas representaciones y poderlas así confrontar con situaciones de su vida cotidiana, o mejor aún con situaciones de la vida real en otros momentos de la evolución de la ciencia misma (García-Martínez, 2009).

Al mejoramiento de la enseñanza de las ciencias

En segundo lugar, al incorporar el componente histórico por parte de los profesores de ciencias en la enseñanza de las mismas, éste contribuye al mejoramiento de la enseñanza de la ciencia a través de lograr una mayor comprensión de la ciencia, su contexto y conceptos en los estudiantes, y por lo tanto de la actividad científica (Matthews, 1994a).

La HFC permite que el docente realice su función de enseñanza desde otros referentes, en este caso los históricos y filosóficos y no solamente desde el contenido de la física. Los profesores pueden realizar innovaciones curriculares que contribuyen a mejorar la enseñanza, ya que disponen de diferentes alternativas para trabajar en el aula: experimentos históricos, réplicas de instrumentos,

análisis de artículos originales para profundizar sobre el conocimiento, o bien para estudiar y analizar las controversias que tuvieron algunos científicos referente a un tema particular, indagar sobre el papel de la mujer en el desarrollo de la física, estudiar los cuadernos de laboratorio de los físicos, considerar otras opciones de resolución de problemas, entre otros.

Para Matthews (1991) los profesores enseñan mejor cuando motivan a sus estudiantes y no llegan con contenidos y respuestas finales sino que plantean preguntas que atrapan y estimulan al alumno a aprender; plantea que una historia de la ciencia bien enseñada puede hacerlo, y a través de ello contribuye a elevar la calidad de la educación científica. Niño (2006) siguiendo a Matthews (1992,1994) asevera que la HFC ayuda a los profesores a apreciar mejor las dificultades de aprendizaje de los alumnos, atendiendo a las dificultades históricas en el desarrollo del conocimiento científico. Por su parte, Izquierdo et al. (2007, citado en Quintanilla, 2009) afirman que es importante que los docentes de química conozcan la historia y la filosofía de las ciencias y se inspiren en ellas para comunicar su desarrollo de la mejor manera posible a sus estudiantes. Cuando se recurre a la HFC en el aula, se potencia el trabajo del profesor pero no como individuo, porque no son agentes individuales de innovación, sino como colectivo profesoral que a través de su experiencia son los llamados a realizar las transformaciones en el aula e implementarlas desde el microcurrículo; sí se involucran en la implementación de la HFC en el aula, se organizan, establecen comunidades de aprendizaje, adaptan las teorías educativas al contexto socio-cultural donde se realice la instrucción, y por lo tanto, sus concepciones migran desde la enseñanza tradicional a la de innovación curricular, como la historia y la filosofía de la ciencia (Höttecke & Silva, 2011).

Añado que el desarrollo de la didáctica de las ciencias a través de las diferentes líneas de investigación en la historia y la filosofía de la ciencia potencia una nueva formación en los docentes de ciencias para que ellos sean capaces de asumir los retos que esta nueva disciplina les impone y contribuir a la transformación activa de la realidad de la práctica de enseñar ciencias (Koliopolos et al., 2011).

Para finalizar

La didáctica de las ciencias en una disciplina con una consolidación reciente y que tiene relaciones de carácter metadiscursivo con la HFC (porque elabora discursos sobre las ciencias); las cuales son fuertes y por lo tanto, la HFC es un campo de investigación al interior de la DdC. Como se mostró en este escrito las contribuciones de la HFC a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias es relevante. Puede ayudar a entender a sus estudiantes cómo funciona y cambia la ciencia y sus conceptos, y las intrigas y dificultades que se presentan en la

producción de conocimientos y su incorporación contribuye a la formación de los nuevos docentes de ciencias.

Con base en una fundamentación didáctica que incorpore el uso de la HFC en el aula de clase se permitiría al profesor evolucionar y consolidar sus marcos teóricos y metodológicos que son la base del contenido que enseña, al tiempo que trasforma, evoluciona y consolida sus modelos de enseñanza, de tal forma que la presentación del conocimiento científico sea más comprensivo para los alumnos sobre la base de factores que condicionan y determinan la práctica escolar y que no comienzan ni terminan en la sala de clases (Cuellar, 2010).

Bibliografía

Acevedo, J. A.; Vázquez, Á.; Martín, M.; Oliva, J. M.; Acevedo, P.; Paixão, M. F. & Manassero, M. A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2 (2), pp. 121-140.

Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económico)

Adúriz-Bravo, A. (2008a). Un modelo de ciencias para el análisis epistemológico de la didáctica de las ciencias naturales. *Perspectivas Educativas* (1), pp. 13-19.

Adúriz-Bravo, A. (2011). Epistemología para el profesorado de física: Operaciones transpositivas de una “actividad metafísica escolar”. *Revista de enseñanza de la física*, 24 (1), pp. 1-34.

Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1 (3), pp. 130-140.

Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo, M. (2005). Utilising the ‘3P-model’ to characterise the discipline of didactics of science. *Science&Education*, 14 (1), pp. 29-14.

Álvarez, M.; Nuño, T. & Solsonia, N. (2003). *Las científicas y su historia en el aula*. Madrid: Síntesis.

Braga, M.; Guerra, A. & Reis, J. C. (2012). The role of historical-philosophical controversies in teaching sciences: the debate between Biot and Ampere. *Science&Education*, 21 (6), pp. 921-934.

Carretero, M. & Limón, M. (1993). Aportaciones de la psicología cognitiva y de la instrucción a la enseñanza de la Historia y las Ciencias Sociales. *Infancia y Aprendizaje*, 62-63, pp. 153-167.

Cuellar, L. (2006). La formación de profesores en la enseñanza básica: Aspectos relacionados con las concepciones frente al cambio conceptual en Ciencias. In M. Quintanilla & M. Izquierdo (Eds.), *Didactología, formación docente e investigación*

educativa. Barcelona: Universidad Católica de Chile. Retrieved from http://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/biblioteca/LIBROS/BL002.pdf.

Cuellar, L. (2010). *La historia de la química en la reflexión sobre la práctica profesional docente. Un estudio de caso desde la enseñanza de la ley periódica* (Tesis Doctoral), Pontificia Universidad Católica de Chile Retrieved from http://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/biblioteca/DOCTOR/TesisDo-cLC.pdf

Develaki, M. (2012). Integrating scientific methods and knowledge into the teaching of Newton's theory of gravitation: an instructional sequence for teachers' and students' nature of science education. *Science & Education*, 21 (6), pp. 853-879.

Dibattista, M., & Morguese, F. (2013). Introducing history (and philosophy) of science in the classroom: A field research experience in Italy. *Science & Education*, 22 (3), pp. 543-576.

Duschl, R. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias*. Madrid: Narcea, S.A de Ediciones Madrid.

Estany, A. & Izquierdo, M. (2001). Didactología una ciencia de diseño. *Endoxa: series filosóficas*, 14, pp. 13-33.

Forato, T. C. M.; Martins, R. A. & Pietrocola, M. (2012). History and nature of science in high school. building up parameters to guide educational materials and strategies. *Science & Education*, 21 (5), pp. 657-682.

Fraser, B., Tobin, K., & McRobbie, C. (Eds.). (2012). *Second International Handbook of Science Education* (Vol. 1): Springer.

García-Martínez, Á. (2009). Aportes de la historia de la ciencia a la formación permanente del profesorado universitario. Un caso en el área de la fisicoquímica. *Enseñanza de las ciencias*, Número Extra VII Congreso Internacional sobre Investigación en didáctica de las ciencias.

Gil-Pérez, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las ciencias*, 12 (2), pp. 154-164.

Gil-Pérez, D., Carrascosa, J., & Martínez, F. (1999). El surgimiento de la didáctica de las ciencias como nuevo campo de conocimientos. *Revista Educación y Pedagogía*, XI (25), pp. 15-65.

González, W. (2007). Análisis de las Ciencias de Diseño. In W. González (Ed.), *Racionalidad limitada, predicción y prescripción*. La Coruña: Netbiblo, S.L.

Guerra, A.; Braga, M. & Reis, J. C. (2013). History, philosophy, and science in a social perspective: a pedagogical project. *Science & Education*, 22 (6), pp. 1485-1503.

Hernández, C. A. & López, J. (2002). *Disciplinas*. Bogotá: ICFES.

Höttecke, D. (2000). How and what can we learn from replicating historical experiments? *Science & Education*, 9 (4), pp. 343-362.

Höttecke, D. & Silva, C. C. (2011). Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: An Analysis of Obstacles. *Science&Education*, 20 (3-4), pp. 293-316.

Izquierdo, M. (1996). Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. *Revista Alambique*, (8).

Izquierdo, M. (2000). Fundamentos Epistemológicos. In F. J. Perales & P. Cañal (Eds.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales: teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias* (pp. 35-64). Madrid: Marfil.

Izquierdo, M., M.Espinet, Bonit, J. & Pujol, M. (2004). Ciencia escolar y complejidad. *Investigación en la escuela* (53), pp. 21-29.

Izquierdo, M. & Sanmartí, N. (1990). Contribució de la història de les ciències a la formació del professorat i a la recerca en didàctica de les ciències. In R. Codina & R. Llobera (Eds.), *Història, ciència i enseyament*. Barcelona: Sociedad Española de la historia de las ciencias y de las técnicas.

Koliopoulus, D.; Adúriz-Bravo, A. & Ravanis, K. (2011). El «análisis del contenido conceptual» de los currículos y programas de ciencias: una posible herramienta de mediación entre la didáctica y la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 29 (3), pp. 315-324.

Lopes, R. (2013). Could HPS improve problem-solving? *Science &Education*, 22(5), 1043-1068.

Martins, R. A. (2006). Introducao: A historia das ciencias e seus na educacao. In C. C. Silva (Ed.), *Estudos de historia e filosofia das ciencias*. Sao Paulo: Editora Livaria da Física.

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

Matthews, M. (1994a). *The role of history and philosophy of science*. London: Routledge.

Matthews, M. (1994b). Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias: aproximación actual. *Enseñanza de las ciencias*, 12 (2), pp. 255-277.

Maurines, L., & Beaufils, D. (2013). Teaching the nature of science in physics courses: the contribution of classroom historical inquiries. *Science &Education*, 22 (6), pp. 1443-1465.

Niño, C. (2006). Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciencia na educacao Científica de nivel superior. In C. C. Silva (Ed.), *Estudos de historia e filosofia das ciencias* (pp. 3-17). Sao Paulo: Editora Livaria da Física.

Porlán, R. (1998). Pasado, Presente y Futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 16 (1), pp. 175-185.

SanMartí, N. (2008). Contribuciones y desafíos de las publicaciones del área de educación en ciencias en la construcción y consolidación de la identidad del

área: la experiencia de la revista enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 26 (3), pp. 301-309.

Tamayo, O. E. (2009). *Didáctica de las ciencias: La evolución conceptual en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias*. Manizales: Universidad de Manizales.

Velásquez, H. (2006). Los campos formativo, epistemológico e investigativo: elementos que aportan a una ciencia emergente como la didactología. In M. Quintanilla & M. Izquierdo (Eds.), *Didactología, formación docente e investigación educativa* (pp. 56-66). Barcelona: Pontificia Universidad Católica de Chile. Retrieved from http://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/biblioteca/LIBROS/BL002.pdf.