

**Teoría, estructura y modelos atómicos
en los libros de texto de química
de educación secundaria.
Análisis desde la sociología de la ciencia
e implicaciones didácticas**

Diana María Farías Camero



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial – SenseObraDerivada 3.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial – SinObraDerivada 3.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0. Spain License.**



UNIVERSIDAD DE BARCELONA

FACULTAD DE FORMACIÓN DEL PROFESORADO

Programa de Doctorado: Formación del Profesorado
Práctica Educativa y Comunicación

Línea de Investigación: Didáctica de las Ciencias Experimentales

TESIS DOCTORAL

PRESENTADA PARA OPTAR AL GRADO DE
DOCTOR POR LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA

TEORÍA, ESTRUCTURA Y MODELOS ATÓMICOS
EN LOS LIBROS DE TEXTO DE QUÍMICA
DE EDUCACIÓN SECUNDARIA
ANÁLISIS DESDE LA SOCIOLOGÍA DE LA CIENCIA
E IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

Doctoranda: Diana María Farías Camero

Director de la Tesis: Josep Castelló Escandell

Barcelona, mayo de 2012

CAPÍTULO 3

UNA MIRADA AL ÁTOMO COMO TEMA CENTRAL DE ESTE TRABAJO

3.1. EL ÁTOMO, OTRO ACTOR POLIFACÉTICO

El átomo es un elemento central en la enseñanza de la química. De la misma forma que se mostró anteriormente cómo se puede entender la complejidad de los libros de texto, es posible entender al átomo, también como un elemento que puede ser abordado desde múltiples enfoques dentro de la enseñanza de las ciencias y que en gran medida puede resultar problemático, ya que como señalan Albanese y Vicentini (1997) la enseñanza del átomo en el aula se refiere en gran medida a la labor de convencer a los estudiantes de la validez del modelo atómico para entender las propiedades macroscópicas de la materia.

Una primera mirada con la que podemos entender el átomo tiene que ver con su modelización. Valcárcel et al. (2000) resaltan la necesidad de reconocer que, dado que el átomo está alejado de la experiencia cotidiana, "sus modelos" son fundamentales para facilitar su comprensión; en esta línea hay una amplia literatura asociada a la necesidad de entender el problema didáctico que implica enseñar qué es el átomo y que encierra ideas como las representaciones que del átomo y sus modelos tienen los estudiantes (Harrison y Treagust 1996 y 2000, Cokelez y Dumon 2005, Griffiths y Preston 1992, Niaz et al 2002, Tsai 1998, Taber 2003) los diferentes niveles de representación macro, micro y simbólico (Johnstone 2000, Georgiadou y Tsapalis 2000) y la necesidad de adecuar los contenidos curriculares a las dificultades en su aprendizaje (Benarroch 2000), para lo cual se han incluso propuesto esquemas de cómo estructurar los cursos de química (Nelson 2002, Tsapalis et al. 2010, Toomey et al. 2001).

No obstante la importancia del proceso de su modelización, Tsapalis (1997) aboga por reconocer la complejidad de la enseñanza del átomo en la escuela en la que se

incluye además su papel como parte de la idea de la materia conformada por partículas y las concepciones que los estudiantes elaboran de ésta y como elemento del estudio de la estructura atómica y molecular.

De otro lado, algunos autores se han interesado en el átomo y sus modelos como caso histórico. Fernández (1999) muestra la evolución histórica de los conceptos de elemento, átomo y cuerpo simple y el papel que tuvo la teoría atómica moderna para armonizarlos. Bonini-Viana y Alves-Porto (2010) muestran algunos aspectos del complejo proceso que condujo a Dalton a la formulación de la teoría atómica, el cual puede ejemplificar la construcción del conocimiento científico incluida su tentatividad ya que se enfatiza en el hecho de que la teoría no fue aceptada con unanimidad sino que tuvo críticas y detractores.

Sobre este último punto se centra el trabajo de Moreno (2006) quien hace un estudio contextualizado de la controversia entre Ostwald y Boltzman con el fin de mostrar a los profesores cómo la presentación que se hace de los modelos atómicos está generalmente sobresimplificada. Heilbron (1981) muestra cómo la periodización histórica que se ha hecho de los modelos atómicos se ha centrado sólo en los modelos propuestos por los físicos y se limita a los modelos de Thomson, Bohr, Rutherford, Sommerfeld y el de la mecánica cuántica. En esta misma línea Chamizo (2007) se propone hacer la reconstrucción del modelo atómico desde la química al revisar la evolución de los trabajos de Lewis, Langmuir y Sidgwick.

Finalmente, ya que en nuestro trabajo juega un papel muy importante la historicidad de las cosas, podemos aplicar algunas de las ideas de Latour (2001) plasmadas en *La Esperanza de Pandora* y ver al átomo como un no-humano que ha sufrido múltiples transformaciones producto del trabajo de los científicos que se han interesado en él. Algunos de los estudios mencionados en el párrafo anterior permiten ver los inconvenientes y críticas que sufrió la teoría atómica, de la misma manera es posible evidenciar cómo el átomo pasó de ser el "inexistente" protagonista de una hipótesis dudosa, la hipótesis atómica (Izquierdo-Aymerich y Áduriz-Bravo 2009) al elemento central de una teoría sobre la composición de la materia y cómo se fue relacionando con otras entidades, electrones, neutrones, orbitales, etc., que se fueron consolidando no sólo en la ciencia sino también en el discurso escolar, como se verá a continuación.

3.2. HISTORIA DE LA PRESENCIA DE LOS TEMAS DE TEORÍA, ESTRUCTURA Y MODELOS ATÓMICOS EN EL CURRÍCULO OFICIAL DE CIENCIAS EN ESPAÑA

La revisión del currículo para ciencias en España desde 1900 muestra cómo en el primer cuarto del siglo veinte el énfasis en la enseñanza de la química estaba en los fenómenos y el componente experimental y en un segundo plano la teoría atómica. Es importante notar cómo después de hacer su aparición en los planes de estudio, el átomo, la teoría y la estructura atómica, empiezan a consolidarse, lo cual podemos establecer a partir del hecho de que al comienzo se nombraban sólo como contenidos que no eran detallados o considerados en las recomendaciones metodológicas, pero que luego aparecen protagonizando una parte relevante de los contenidos no sólo de los cursos de química sino también los de ciencias de la naturaleza. Adicionalmente es evidente que el átomo y los temas afines empiezan a relacionarse directamente en los contenidos curriculares con otros temas de mayor tradición como la ley periódica. El átomo se constituye en parte fundamental de la secuencia didáctica curricular que termina en el enlace y las propiedades periódicas.

A partir de 1991 el átomo y los temas afines, objeto de esta tesis, aparecen en las orientaciones metodológicas y en los criterios de evaluación, siempre de la mano de los modelos atómicos que adquieren un papel protagónico en los programas de ciencias y química, vinculándose con el componente epistemológico que señala cómo avanza y se construye el conocimiento científico, reconociendo su carácter abierto y tentativo.

No obstante, es importante señalar que dentro del papel que se da a los modelos atómicos, la profundidad o extensión con que se deben tratar no se menciona, como señalan Valcárcel et al. (2000), mientras que el modelo más relegado sigue siendo el mecánico- cuántico al cual sólo se accede en los estudios de profundización en una de las asignaturas elegibles del bachillerato en el plan 2006-2007, esto posiblemente como producto del alto nivel de matematización de este modelo y del hecho de que con los otros modelos, especialmente el de Bohr es posible explicar otros contenidos como la configuración electrónica, el enlace químico o la ley periódica.

3.3. EL ESTUDIO DE LA TEORÍA, LA ESTRUCTURA Y LOS MODELOS ATÓMICOS EN LIBROS DE TEXTO DE CIENCIA ESCOLAR

Esta sección se centra en la revisión de las investigaciones que en el campo de análisis de libros de texto de ciencias tienen como tema central los que competen a

nuestra investigación: el átomo, la teoría, la estructura y los modelos atómicos. Estos últimos son sin lugar a duda el tema más recurrente en las investigaciones sobre libros de texto.

Gabel (1983) analizó las modificaciones en los temas de estructura atómica, ley periódica y enlace en uno de los libros de texto más populares en Estados Unidos, "Modern Chemistry", en las ediciones publicadas entre 1958 y 1978. Sus resultados le llevaron a afirmar que la naturaleza de estos capítulos se volvió cada vez más teórica y matemática. El capítulo de estructura atómica se fue expandiendo progresivamente, no se quitaron contenidos sino que más bien se adicionaron con lo que resultó convertido en dos capítulos, en los que además predomina un tipo de química teórica alejada de cualquier intención descriptiva o experimental que puede resultar ajena y difícil para los estudiantes.

Resultados que apuntan en la misma línea fueron presentados por Izquierdo-Aymenrich y Adúriz-Bravo (2009), quienes analizaron la manera en que evolucionan las explicaciones acerca de los átomos y la estructura atómica en los libros de química de la primera mitad del siglo XX. Estos autores señalan que en los años veintes y treinta los libros de texto de química estaban organizados de acuerdo a la manera tradicional de enseñanza, alrededor de las propiedades de las sustancias, basadas en la tabla periódica de Mendeleev. Desde Bohr y Lewis en adelante, la química se volvió más teórica y menos descriptiva, al encontrar una justificación para la tabla periódica. En los 1920s, era más o menos aceptada la existencia física real del átomo químico, que estaba formado de partículas cargadas eléctricamente, por lo que estas nuevas ideas empezaron a aparecer en los libros de texto como anexos o capítulos específicos. Los autores se detienen en el análisis del libro de *Química General* de Pauling, que fue un suceso editorial, en el que la teoría atómica y los enlaces eran el eje central, sin dejar de lado la química descriptiva o la tabla periódica. Este texto se convirtió en un molde que muchos siguieron, y siguen incluso en la actualidad, donde una exposición de la teoría atómica explica ampliamente una química más descriptiva.

Solbes et al (1987) estudiaron en 56 libros de texto, de Ciencias de la Naturaleza de octavo de EGB, de segundo y tercero de BUP, textos de química de COU y textos universitarios de química y física de primer curso, cómo se introducen conceptos como el efecto fotoeléctrico, los espectros atómicos, los orbitales, el espín, el modelo cuántico de átomo y su interpretación probabilística entre otros. Los resultados muestran que hay una introducción no estructurada y confusa de los conceptos cuánticos, que mezcla

concepciones clásicas, pre-cuánticas y cuánticas acerca de la estructura atómica que se constituye en fuente de numerosos errores conceptuales. En un tema de trabajo similar a éste, García (2004) analizó la manera en que aparece la configuración electrónica de los átomos en libros de Física y Química de ESO, encontrándose que en la mayoría de los casos se introducen de manera axiomática y sin justificación, algunos lo enmarcan en el modelo de Rutherford lo cual es un error conceptual y epistemológico.

De Pro et al. (2008) caracterizaron los contenidos de siete libros de texto de física y química usados en Murcia y analizaron si se ajustaban a los contenidos oficiales que establecía la Reforma LOGSE. Estudiaron cómo se habían tratado la visión que se presenta de los modelos científicos, el carácter continuo de la materia y algunas otras referentes a sustancia y enlace; el capítulo analizado en los libros de química fue el de estructura de la materia. Sus resultados mostraron una amplia dispersión en la descripción de hechos y fenómenos que justifican la estructura del átomo y que ninguno era compartido por todas las editoriales. Por otro lado, los únicos modelos incluidos en todos los textos son el de Rutherford y el de Dalton y es destacable el hecho de que en algunos textos se hable del número máximo de electrones por nivel, las configuraciones electrónicas e incluso el concepto de electrones de valencia, sin aparecer las contribuciones de Bohr. En su análisis estos investigadores encontraron presencia de modelos híbridos entre el nuclear de Rutherford y el modelo cuántico y una amplia gama de errores conceptuales desde lo didáctico y lo científico.

En el ámbito de los modelos atómicos es importante el trabajo realizado por Justi y Gilbert (2000), quienes proponen que un análisis lakatosiano de los modelos históricos puede ser un medio adecuado para introducir la historia y la filosofía de las ciencias en el currículo asumiendo que: a) los modelos históricos pueden ser caracterizados, b) hay un número finito de modelos de átomo, c) el currículo escolar no se refiere claramente a los modelos históricos, d) los libros de texto no hacen uso apropiado de los modelos históricos y e) los modelos híbridos son usados en la enseñanza. Su marco está basado en la noción de Lakatos de "programas de investigación científica" con sus tres elementos: núcleo sólido, cinturón protector y heurística positiva, identificando en cada uno de los seis modelos de átomo (griego, Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr y cuántico) los siguientes aspectos:

- Las deficiencias en la capacidad explicativa del modelo
- Los rasgos de cada modelo que fueron modificados e incorporados en el nuevo modelo

- La manera cómo el nuevo modelo supera las deficiencias explicativas de sus antecesores
- Los beneficios explicativos no anticipados del nuevo modelo
- Las deficiencias explicativas en el nuevo modelo

En el análisis de los libros de texto hecho por estos autores se caracterizó cómo se trata la historia y la filosofía de las ciencias para el caso del modelo atómico y la presencia de modelos híbridos. La metodología fue aplicada en el análisis de nueve textos escolares de Brasil y tres del Reino Unido en un estudio cualitativo interpretativo del que se concluyó, principalmente, que pueden presentarse por parte de los profesores y autores de los libros comprensiones inadecuadas del desarrollo histórico de los modelos de átomo y del estatus epistemológico de los mismos en el desarrollo del conocimiento científico; estos dos aspectos contribuyen a la existencia de los modelos híbridos en la enseñanza.

De otra parte, se puede citar el trabajo de Niaz (2005), quien señala que, a pesar de que los modelos atómicos de Thomson, Rutherford y Bohr ya no son válidos, siguen constituyendo una parte importante de los textos de química general en casi todos los países, por lo que debería constituirse en tema de discusión ya que no sólo explica el hecho de que buena parte de los cursos/textos de química general tratan la historia de la química basados en una corriente filosófica empirista, que resalta los hechos experimentales (Niaz 1998, Niaz y Rodríguez 2001, Rodríguez y Niaz 2002), sino que muestra cómo es un reflejo de los libros de texto universitarios (Páez et al. 2004).

Niaz ha desarrollado un marco conceptual/metodológico con el que ha analizado centenares de libros de texto, que le permiten concluir que incluso apegados al inductivismo/positivismo los detalles experimentales no son lo suficientemente adecuados y los libros de texto generalmente presentan el trabajo de Thomson, Rutherford y Bohr dentro de un marco histórico que desconoce cualquier perspectiva filosófica, matemática o metafísica que podría hacer la química más interesante (Niaz 1998).

Su modelo de análisis basado en la reconstrucción racional de los conceptos evalúa el tratamiento del contexto histórico en la explicación calificándolo de tres maneras: Satisfactorio (S), si el tratamiento del tema en el libro de texto presenta, aunque sea brevemente, el papel del conflicto en los marcos teóricos basado en la competencia entre modelos de átomo; se menciona (M), si no hay detalles acerca de los conflictos entre los marcos conceptuales o la controversia pero se menciona; y no se menciona

(NM) si no hay referencia a los conflictos entre marcos conceptuales. Los aspectos relevantes de cada modelo de átomo como principio heurístico se han caracterizado a partir de los siguientes criterios:

- T1 (Thomson 1): Los experimentos de Thomson se llevaron a cabo para discernir acerca de la naturaleza particular u ondulatoria de los rayos catódicos.
- T2 La determinación de la relación masa/ carga fue realizada para identificar los rayos catódicos como iones (la relación no sería constante) o partículas universalmente cargadas (relación constante aún cambiando el gas sobre el que se hace la descarga).
- R1 (Rutherford 1): a partir de los resultados del experimento de desviación de las partículas alfa el modelo de átomo nuclear compite contra un marco conceptual rival, el de Thomson (pudín de ciruelas).
- R2 La probabilidad de grandes desviaciones es tan pequeña como el mismo átomo. Lo importante no eran los grandes ángulos de desviación sino el hecho de que una de cada veinte mil partículas fuera desviada grandes ángulos.
- R3 Dispersión simple vs. dispersión compuesta. Para explicar los amplios ángulos de desviación y mantener su modelo de átomo, Thomson propuso la desviación compuesta (multitudes de pequeñas desviaciones), mientras que Rutherford proponía una desviación simple debida a un simple encuentro.
- B1 (Bohr 1): El modelo de Bohr intentaba explicar la estabilidad paradójica del átomo en el modelo de Rutherford, un modelo que era rival de su propio modelo.
- B2 Explicación de las líneas espectrales del hidrógeno. Bohr no tenía información de las fórmulas de Balmer y Paschen para el espectro de líneas del hidrógeno, cuando escribió la primera versión de su artículo en 1913. Fallas para entender este episodio llevan a interpretaciones positivistas referidas por Lakatos como "el ascenso del inductivismo baconiano" (caos en los espectros de líneas: el hecho experimental, una ley empírica: la fórmula de Balmer y una explicación teórica: el modelo de Bohr). El principal aporte de Bohr fue cuantizar el modelo de átomo de Rutherford.
- B3 Profundo abismo filosófico: El modelo de Bohr es un injerto en el que se incorporan elementos de las ideas cuánticas de Planck a la electrodinámica clásica de Maxwell para superar sus dificultades. Los contemporáneos de Bohr y algunos filósofos de la ciencia se manifestaron enérgicamente en contra de esta mezcla.

Con este esquema Niaz ha encontrado resultados ampliamente comparables en trabajos con 23 libros de texto de química general publicados en Estados Unidos entre 1929 y 1992 (Niaz 1998), en el análisis de libros de texto de química publicados en Turquía entre 1964 y 2006 (Niaz y Costu 2009), en el análisis comparativo de libros de texto publicados entre 1929-1962 con libros “nuevos” publicados entre 1970-1992 (Rodríguez y Niaz 2002), en libros publicados en Venezuela (Páez et al. 2004) y recientemente en libros de texto coreanos (Niaz et al. 2011). Sus resultados muestran que la presentación de la estructura atómica en los libros de texto de ciencias en estos países son muy similares y que sus contenidos transmiten un conocimiento científico e histórico muy simple acerca de las controversias.

El predominio de una filosofía inductivista fue evidenciado también por Rodríguez y Niaz (2002) al evaluar 23 libros de texto publicados en Estados Unidos entre 1929 y 1992 con respecto a los principios heurísticos en el tema de estructura atómica. Estos autores encontraron que, a pesar de las ventajas que implica el hecho de que los libros más recientes (publicados entre 1970-1992) presentan los trabajos de Thomson, Rutherford y Bohr como modelos, éstos se soportan en una perspectiva inductivista que carece de un contexto histórico y donde en la mayoría de los casos los experimentos aparecen como retórica de conclusiones.

3.4. IDONEIDAD DE LOS TEMAS DE TEORÍA, ESTRUCTURA Y MODELOS ATÓMICOS PARA LOS FINES DE ESTA INVESTIGACIÓN

Uno de los objetivos de este trabajo es revisar cómo los libros de texto hablan acerca de la ciencia, del cómo trabajan y qué hacen los científicos. Estos tres elementos han sufrido enormes cambios en el último siglo, con respecto a los temas que se han seleccionado como objeto de estudio en esta tesis. El estudio del átomo que como se vio, ha pasado de ser un ente hipotético a la explicación última de los fenómenos del mundo físico, sufrió cambios fundamentales en la primera parte del siglo XX que modificaron la forma cómo se abordó el estudio de la química, que pasó de ser una ciencia experimental y fenomenológica a una ciencia más teórica, considerada incluso por algunos investigadores como el resultado del proceso de reducción de la misma a la física cuántica (Christie y Christie 2000, Scerri 2000, van Brakel 2000, Vemulapalli 2006, Woody y Glymour 2000).

Así, el estudio de estos temas promete reflejar el carácter cambiante de la química en el último siglo, lo cual tiene amplias connotaciones didácticas ya que, al cambiar la

química como disciplina, cambia también la forma como se aborda en el aula. Ésta es tal vez una de las razones por las que los temas de los que trata esta tesis han interpelado desde los inicios mismos de la didáctica como disciplina a los investigadores en este área.

Al ser éste un trabajo de investigación que dentro de la enseñanza de las ciencias quiere tener un carácter innovador ante la inclusión de la perspectiva sociológica era necesario seleccionar un tema dinámico que reflejara no sólo los cambios curriculares sino también los que ha sufrido la química como disciplina, como ciencia en evolución que será analizada desde una mirada que justamente busca señalar cuáles son los elementos sobre los que se ha dado prioridad en el relato del trabajo científico.

CAPÍTULO 4

UNA MIRADA AL ENFOQUE: APORTES DE LA HISTORIA Y FILOSOFÍA A LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, HFC

En este capítulo se presenta una revisión acerca de la relación que ha tenido la enseñanza de las ciencias, desde sus estadios no disciplinares hasta las miradas socioconstructivistas, con la historia, la filosofía y la sociología de las ciencias, en lo que constituye el enfoque HFC. La revisión se circunscribe al ámbito de su presencia en el aula, en los programas de formación de profesores, los documentos curriculares y los libros de texto de ciencias.

Es necesario hacer tres aclaraciones acerca de la manera cómo se designan algunas cosas antes de entrar en materia en este capítulo. A pesar de que la historia de la ciencia sólo existe como disciplina desde 1940, hay una relación estrecha entre la historia de la ciencia “predisciplinar” y la enseñanza de las ciencias no disciplinar, que puede remitirse incluso al siglo XIX, cuando la historia de la ciencia jugaba un papel muy importante para transmitir una imagen de ciencia –especialmente en los libros de texto– hacia el progreso, propia de los pensamientos inductivista/positivista que dominaron la ciencia hasta mediados del siglo XX.

La otra aclaración corresponde a la diferenciación que debe hacerse en el ámbito didáctico entre la “historia y filosofía de la ciencia”³, y el enfoque de historia y filosofía de la ciencia HFC del que se habla ampliamente en este capítulo, y finalmente hay que aclarar que para la enseñanza de las ciencias, sólo se reconoce un estado disciplinar

³ El trabajo de Kuhn no fue reconocido seriamente por parte de los historiadores profesionales de la ciencia a pesar del profundo revuelo que sí causó en la comunidad de filósofos de la ciencia. No obstante, hubo un lugar para sus ideas al margen de la historia de la ciencia oficial que generó la creación de nuevos programas y departamentos de historia de la ciencia y filosofía de la ciencia en Norte América (incluidos los de las universidades de Indiana, Pittsburgh, Toronto y Princeton) y en la aparición de programas interdisciplinares (del tipo estudios de la ciencia, estudios en ciencia tecnología y sociedad o historia y filosofía de la ciencia –HPS en su sigla en inglés–) que poco a poco fueron desplazando a los tradicionales programas de historia de la ciencia y filosofía de la ciencia, y albergaron las nuevas ideas para entender la práctica y conocimiento científicos (Friedman 2008).

desde los 1980s (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich 2002) con lo que gran parte de los trabajos a los que haremos referencia especialmente en el punto 4.1 de este capítulo corresponden a estados no disciplinares ni de la historia de la ciencia, ni de la enseñanza de la ciencia.

4.1. HISTORIA DEL ENFOQUE HFC

El enfoque de historia y filosofía de la ciencia (HFC) tiene una historia de más de un siglo, tomando parte en diferentes debates para definir los fines de la educación científica, los contenidos curriculares y las estrategias de instrucción (Schulz 2009). El enfoque histórico, como también se le denomina en algunas publicaciones, ha tenido una evolución que según Matthews (1994) puede ser rastreada hasta 1855, en un discurso del duque de Argyll en la British Association for the Advancement of Science. A finales del siglo XIX y comienzos del XX hay interesantes llamamientos a la inclusión de los aspectos históricos en las clases y currículos de ciencias por parte de importantes científicos y filósofos como Wilhelm Ostwald (Kauffman 1989), Ernst Mach (Brush 1974) o Pierre Duhem (Galili y Hazan 2001).

Las referencias acerca de la inclusión de la historia en la enseñanza de las ciencias en la primera mitad del siglo XX son citas aisladas, la mayoría a título personal, que señalan la importancia para la educación científica de la historia, especialmente en la enseñanza de la química, mediante recomendaciones generales o algunas propuestas metodológicas. Algunos ejemplos citados por diferentes investigadores incluyen cómo en 1917 la British Association for the Advancement of Science la caracterizaba como medio para romper las barreras entre los estudios literarios y la ciencia⁴ (Matthews 1989). También fue presentada en Gran Bretaña en 1918 como método de enseñanza de la naturaleza de la ciencia que podría reemplazar al método heurístico (Leite 2002). En 1925 uno de los co-fundadores de la División de Historia de la Química de la American Chemical Society, Edgar F. Smith, proponía incluir hechos de las vidas de los científicos, anécdotas, experimentos históricos cruciales e incluso el uso de la filosofía de la química, como alternativa para motivar a los estudiantes. En 1932, Otto Reinmuth, editor del Journal of Chemical Education, señalaba la importancia de la historia en la enseñanza de la química (Rodríguez y Nfáz 2002).

.....
⁴ Lo que más tarde, en 1959, C.P. Snow definió como las dos culturas, uno de los debates en los que se fundamenta el discurso educativo de las "liberal arts".

También en el *Journal of Chemical Education*, Greta Oppe (1936) reconocía su relevancia para desarrollar un conocimiento del pasado y de los intentos tempranos en el pensamiento científico, mientras Bernard Jaffe (1938) resaltaba su utilidad para representar qué es el método científico, las luchas en marco de las diferentes leyes, las revoluciones intelectuales, las controversias los choques y destrucción de las filosofías cambiantes. En Inglaterra en 1938 la National Secondary Science Curriculum Review resaltó la importancia de que los estudiantes tuvieran algún conocimiento del desarrollo histórico de las teorías y principios científicos (Matthews 1991). En 1947 Glen Wakeham presentaba la historia como alternativa para que sus estudiantes superaran la etapa de estudiar sólo para responder exámenes (citado por Rodríguez y Niaz 2002). Finalmente, Matthews (1991) señala que hubo un interés sostenido en la historia de la ciencia en la enseñanza científica secundaria británica en los años 20 y 30 del siglo pasado, de parte de filósofos de la educación como Richard Gregory y Percy Nunn que resaltaban su paralelismo con la organización lógica y racional del conocimiento.

El período post guerra trajo consigo el interés conjunto de científicos y educadores por recuperar la fe en la ciencia (Holton 2003) y uno de los medios en los que se depositó esta tarea fue la historia de la ciencia. Es por esto que esta etapa está dominada por proyectos de mayor envergadura, de los cuales el más citado es Harvard Case Histories in Experimental Science, instituido por James Conant en 1957. Este químico (quien propuso a Kuhn para enseñar un curso de historia de la ciencia en Harvard) sugirió que todo el conocimiento acerca de la naturaleza de la ciencia se podía adquirir a través del estudio de unos pocos casos históricos, generalmente de la ciencia de los siglos XVII-XIX; su propuesta incluía el uso de materiales históricos originales con preguntas y respuestas y algunos experimentos históricos con fines ilustrativos que fueron compilados en dos volúmenes que buscaban romper las barreras de la abstracción y los formalismos para que el estudiante tuviera una perspectiva más amplia del valor de la ciencia (Kipnis 1998).

Entre 1956 y 1964, en plena era post-Sputnik, Leopold Klopfer lideró el proyecto History of Science Cases for Schools (HOSC) que no era un curso de historia de la ciencia en sí, sino una herramienta que aprovechando el enfoque histórico permitía ilustrar el desarrollo de las ideas y la investigación científicas (Lind 1979). En 1970 James Rutherford, Gerald Holton y Fletcher Watson desarrollaron el Harvard Project Physics Course (HPPC), un curso de física con orientación humanística para motivar y atraer a los estudiantes. En 1977 F. Michael Connelly y sus colaboradores propusieron el Pat-

terns of Inquiry Project, que se enfocaba en los ejemplos históricos para dar cuenta de lo que era la indagación científica (Galili y Hazan 2001).

En este período se dan también algunas investigaciones empíricas en el aula, acordes a las tendencias de investigación en psicología, en las que se buscaba comprobar la eficacia de los materiales históricos en las clases de ciencias. Así por ejemplo, parte del proyecto de Leopold Klopfer implicaba investigar el éxito de HOSC como método de instrucción. Barbara Thomas evaluó en 1967 el efecto del estudio de caso *The Earth's Crust*, cinco unidades acerca de la naturaleza de la ciencia y los valores culturales para aumentar el interés de sus estudiantes. En ese mismo año, John Lavach desarrolló y evaluó un programa con once profesores en servicio, que contenía temas históricos seleccionados (Robinson 1969a). Este período se caracteriza por un interés colectivo en la historia de la ciencia, respuesta a los cuatro hechos trascendentales que según Cobern y Loving (2008) cambiaron la imagen de la ciencia en la década de los 1960s en los EEUU: la publicación de *La Estructura de las Revoluciones Científicas* de Thomas Kuhn, las luchas por los derechos civiles de las comunidades afrodescendientes, la publicación de *Silent Spring* de Rachel Carson y la posibilidad de ver los efectos de la guerra del Vietnam a través de los medios.

En esta cruzada por recuperar el estatus social de la ciencia hubo una fuerte presencia de las asociaciones de científicos, por ejemplo el International Working Seminar on the Role of the History of Physics Education, organizado por Allen King en el Massachusetts Institute of Technology en 1970, bajo el patrocinio de la Commission on Physics Education of the International Union of Pure and Applied Physics, cuyo objetivo era concretar estrategias para recolectar y preparar materiales, directrices y demás para que los profesores que quisieran usar la historia pudieran saber un poco más de ella (Brush 1974) o el de The Education Committee of the History of Science Society que patrocinaba el Symposium on the use of history of science in college curricula (Brush 1989).

La percepción de una crisis general en la enseñanza de las ciencias al final de los 1980s que condujo a la comunidad de educadores e investigadores a realizar estas conferencias tuvo sus frutos con la inclusión de HFC en el currículo y la emergencia de programas adecuados de formación de profesores. Estos pasos llevaron en los 1990s, a la formación de una comunidad enfocada en estos temas, en un período de consolidación –que coincide con el período de la consolidación de la enseñanza de las ciencias como disciplina (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich 2002)–donde se produce su institucionalización a través de la realización de los encuentros y seminarios de in-

investigadores en el área, la publicación de libros de textos y la presencia en programas académicos.

En 1987 se forma el International History, Philosophy and Science Teaching Group (IHPST), que ha organizado desde 1989 su conferencia bienal (Shortland y Warwick 1989). En la primera versión organizada en la Universidad de Florida nació el Grupo Sociology, History and Philosophy of Science (SHIPS) que ayuda a los profesores a integrar estas disciplinas en la enseñanza de las ciencias. En 1992 se estableció la publicación periódica especializada *Science & Education* dedicada específicamente a las contribuciones de la historia, la filosofía y la sociología a la enseñanza de las ciencias y la matemática. Además en 1996 el enfoque de historia y la filosofía de la ciencia fue incluido en el *International Handbook of Science Education* al lado de importantes tópicos de la investigación en enseñanza de las ciencias como aprendizaje, curriculum, evaluación y educación de profesores (Matthews 1998).

Los investigadores en el área afrontan actualmente las presiones de probar empíricamente la eficacia educativa del enfoque más allá de sus intenciones y metas, especialmente en relación con el aprendizaje conceptual, la argumentación y la metacognición, y las opiniones y actitudes hacia la ciencia y la naturaleza de la ciencia, por lo que ha habido un incremento considerable de trabajos en HFC en las últimas décadas, especialmente al final de los 1990s y el 2000s, reflejo de la preocupación de los investigadores y la consolidación del campo de investigación (Sales et al. 2009).

Cuando se revisa el papel que ha desempeñado la historia y la filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias en España, es claro que en las últimas tres décadas ha sido ampliamente estudiada. Ya Polo-Conde y López-Cancio (1987) señalaban la creciente importancia que se daba al estudio y enseñanza de la historia de la ciencia en congresos nacionales. La sociedad española de historia de las ciencias y de las técnicas (SEHYCT) organizó durante casi veinte años (entre 1980 y 1998) seis simposios nacionales de enseñanza e historia de la ciencia.

Al revisar las revistas especializadas en enseñanza de las ciencias, *Alambique*, *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias* y *Enseñanza de las ciencias*, ésta última es la que más protagonismo concede a las investigaciones en este campo, incluso en su primer volumen ya aparecía una selección bibliográfica de la historia de las ciencias y la enseñanza (Navarro-Brotos 1983); en la línea editorial de esta publicación se mantuvo una sección especial denominada *Historia de las ciencias y enseñanza*, que luego pasó a denominarse *Historia y epistemología de las ciencias* y que se mantiene

actualmente. La revista *Alambique* publicó un monográfico de “Naturaleza e historia de la ciencia” en 1996 que incluía una bibliografía actualizada sobre el tema (Caamaño et al, 1996). No obstante algunos investigadores (Solbes y Traver 1996, Moreno 2006) apuntan que en este país la línea de HFC ha influido poco en la enseñanza de las ciencias en el aula y en los materiales didácticos.

De la Gandara-Gómez (1992), en un diagnóstico de la investigación en enseñanza de las ciencias en España, señala que a partir del número de tesis leídas y de los numerosos trabajos publicados sobre el tema es posible entender el papel predominante que se estaba dando al enfoque desde la Historia de las Ciencias a comienzos de la década de los noventa del siglo pasado, que se ha mantenido hasta la actualidad ya que los programas de posgrado a nivel de maestría y doctorado en enseñanza o didáctica de las ciencias tienen en sus planes de estudios al menos una asignatura referente a HFC, y también líneas de investigación activas que aportan desde miradas locales, particulares, experimentales y teóricas en este campo de conocimiento.

4.2. PROBLEMAS Y RETOS DEL ENFOQUE HFC

Como se mencionó anteriormente, una de las más amplias preocupaciones de los investigadores en este campo se refiere a la comprobación de la validez de su aporte real en el aprendizaje/enseñanza de las ciencias, por lo que un punto común en la gran mayoría de las publicaciones en HFC es la mención a las ventajas y fines del enfoque. Éstos aparecen generalmente como listados, interminables, que evidencian la amplia dispersión y falta de acuerdo que existe aún entre los investigadores con respecto a este punto fundamental y que sumado al escepticismo que reina entre los educadores acerca de la inclusión de la HFC en el aula, generan las tensiones existentes acerca de las estrategias y la manera cómo la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia se deben hacer presentes en la enseñanza de las ciencias.

Si se analiza este último punto con detalle, es posible en primer lugar considerar los serios cuestionamientos que se han hecho a la historia que llega a las aulas de clase. Existe un acuerdo entre los educadores acerca de que es preferible prescindir de la historia ante una mala historia (Matthews 1994) de la que Stephen Brush (1974) afirma que debería ser censurada y calificada como “X” para los estudiantes. Esta drástica consideración adquiere amplio sentido si se tiene en cuenta que la clase de material histórico que se usa en las aulas es la que determina el tipo de imagen de ciencia, científicos y práctica científica que se enseña a los estudiantes y que cada historia de

la ciencia enseña sobre la naturaleza de la ciencia, como señala Allchin (2004) y, que como afirman Kowalski et al. (2010), puede llegar a ser problemática en la enseñanza de las ciencias por su incompetencia desde las perspectivas científica, histórica y de la naturaleza de la ciencia.

Esta preocupación fue puesta de manifiesto ya en 1938 por Jaffe, quien advertía que incluir en los cursos de química sólo pedazos de biografías y anécdotas, no era suficiente y que éstas debían estar acompañadas de las controversias que nutren el trabajo científico (Rodríguez y Niaz 2002), este mismo reclamo acerca de la importancia de que la historia sirva para ver la evolución de los conceptos en contextos sociales y culturales antes que convertirse en nuevos datos y nombres que los estudiantes deben aprender ha sido formulada por otros investigadores (King 1991, Maienschein 2000, Muñoz y Bertomeu 2003, Padilla y Furió-Mas 2008).

En esta discusión ha jugado un papel importante el tipo de historia que llega a las aulas. La historiografía “whig”⁵ presente en los libros de texto y demás materiales funciona para explicar cómo los desarrollos pasados conducen a las teorías y leyes establecidas hoy, con lo que el futuro queda relegado a la búsqueda de ese pasado, mitificado en la imagen de unos pocos “genios”, con lo que los estudiantes, según afirma Brush (1974) deben asumir que no serán un Einstein o un Dirac sino simples “peones” que deben resolver problemas en el marco de una ciencia que avanzará, con o sin ellos por esta senda hacia el progreso. En este tipo de relato las figuras individuales ocultan a las comunidades científicas detrás de ellos, es una visión de ciencia que está afirmando los modelos erróneos que los estudiantes y profesores tienen acerca de ella, sobrevalorando en muchos casos ciertos episodios e incidentes generalmente idealizados que proveen una versión oficial de las raíces de las disciplinas y que representan a la ciencia como una inevitable consecuencia de la fuerza del progreso (Kalman 2009, Kragh 1987, Monk y Osborne 1997).

.....
⁵ La historia “whig” o relato whiggish son las narrativas históricas en las que la ciencia aparece avanzar rápidamente en la dirección de una mayor acumulación de conocimiento factual. Este término fue acuñado por primera vez por el historiador Herbert Butterfield en 1931 para describir el trabajo de los historiadores constitucionalistas ingleses (Brush 1974) e implica ver los eventos históricos no en la perspectiva de su tiempo sino a la luz de cómo contribuyen al estado de la ciencia de hoy (Kauffman 1979), por lo que sirve para caracterizar una narrativa de progreso que busca siempre la noción de una fundación, ese punto del pasado a partir del cual el futuro queda establecido de una vez por todas. Según Lèvy (1998) en la idea de una presciencia del futuro que orienta la actividad científica de los predecesores hacia un presente en el que todo converge. El resultado es la eliminación de lo indeterminado, de la duración, de las bifurcaciones imprevistas en las que se modifica el futuro y la contingencia que preside estas modificaciones.

Allchin (2004) explica que gran parte de la historia que llega a las aulas es pseudohistoria. En ésta se ha romantizado la vida de los científicos, se han inflado de drama sus descubrimientos, sobresimplificando los procesos de la ciencia, minimizado el papel de los errores, explicado todo a partir de nobles motivaciones, y ocultado el efecto de los valores personales o culturales con relatos que son literaria y retóricamente “mitos” y que distorsionan las bases de la autoridad científica y favorecen los estereotipos, de la misma manera que la pseudociencia promueve ideas equivocadas acerca de la ciencia. En el mismo sentido Wittaker se había pronunciado acuñando el término quasi-historia para referirse a esa historia que por perseguir ciertos fines pedagógicos sufre deformaciones considerables comparada con la historia “genuina” (Pereira y Amador 2007).

Para Elkana (2000) las hagiografías de los científicos vistos como santos, como héroes de los que se presenta sus gloriosos logros, son una característica de esos textos clásicos que pasaban de generación en generación y que servían a la causa de un relato ligado a una tradición positivista, escrita a la luz de los filósofos inductivistas; es la era de las grandes biografías del s.XIX, que mitificaron las imágenes de Newton, Faraday o Edison. En estas narrativas, la razón en poder de estos “héroes” se impone sobre el error, representado por el contrincante, estableciéndose así el escenario dramático perfecto, para representar el conflicto entre el conocimiento y la ignorancia y el triunfo de la Ilustración que, para efectos de la ciencia que se presenta, no refleja verdaderos encuentros intelectuales sino que resulta caricaturizando a una de las partes (Allchin 2004).

En la mayoría de reconstrucciones históricas, armadas en retrospectiva, todos los elementos se deben ajustar perfectamente a un modelo idealizado y preestablecido de cómo es la ciencia, que no sólo tergiversa la historia sino también su naturaleza y la idea de “cómo llega a la verdad” siguiendo un método que le es propio, independientemente del contexto o la contingencia; con experimentos bien diseñados que se han adelantado a cualquier resultado inesperado acorde al ideal empirista de la ciencia, donde los logros son alcanzados por personas con intelectos extraordinariamente privilegiados olvidando su carácter colectivo del que participan, entre otros, también las mujeres (Solbes y Traver 2003, Allchin 2004).

De otro lado Kolstør (2008) critica cómo la historia que se está llevando a las aulas sigue empleando los mismos ejemplos de la ciencia escolar del siglo XIX y favorece un único relato, el de la ciencia académica, plena de casos que terminan en “hechos

indisputables” acerca de una naturaleza de la ciencia estática y que llevan implícita una epistemología que puede impedir apreciar el valor de la argumentación y la crítica en la ciencia, ese tratamiento artificial de la historia resulta en “idealizaciones ficticias” (Monk y Osborne 1997).

Ese modelo tradicional de historia de la ciencia, perfectamente asentado, enciclopedia, continuista, acumulativo, “whig”, internalista, resultó bastante apropiado para una ciencia escolar dogmática, que se preocupa sólo por la transmisión de contenidos en los que la experimentación es representada por el idealizado “método científico” que no refleja verdaderamente lo que pasa en los laboratorios de investigación (Bonini-Viana y Alves-Porto 2010), por lo que la nueva historiografía, la de la época post-kuhniana sólo sería vista como una necesidad para una enseñanza de la ciencia que busca unos estudiantes que ven la ciencia de manera crítica y quieran entender la complejidad de los procesos que produce la ciencia, una situación lejana aún dentro de las aulas.

A este panorama podemos añadir un problema adicional, cómo lograr que la historia de la ciencia escolar sea el producto de un trabajo interdisciplinar en el que participen historiadores, científicos, filósofos y educadores y que sirva verdaderamente a las necesidades de la enseñanza de las ciencias (Heilbron 2002, Kubli 2001) a pesar de que la finalidad educativa no forma parte de la propia disciplina histórica (Izquierdo et al. 2006, Jensen 1998) y sabiendo que la relación entre la enseñanza de la ciencia y la historia de la ciencia es intrínsecamente problemática y se caracteriza por una tensión entre “la verdad histórica” y la “utilidad didáctica” que según Helge Kragh (1992) está aún por resolverse.

Si se analizan ahora, por otra parte, las implicaciones filosóficas. La que parece ser la pregunta más natural es la que ya en 1972, en pleno período post-kuhniano, se hacía Michael Martin, acerca de si la filosofía de la ciencia tenía alguna relevancia para la enseñanza de la ciencia. Para este investigador la respuesta era obvia, a pesar de que algunos muy conocidos educadores científicos estuvieran en contra de usar la filosofía de la ciencia en la enseñanza de la ciencia, o de que los filósofos sólo se hubieran preocupado en raras ocasiones de asuntos de la educación científica (Matthews 1991).

Más allá del hecho de que la relación entre filosofía de la ciencia y enseñanza de la ciencia haya sido distante y de la continua discusión acerca de la necesidad de introducir o no conceptos de filosofía de las ciencias en las clases de ciencias, lo importante

desde el punto de vista pedagógico, para Burbules et al. (1991) es que nos preguntemos, cuáles son las actitudes epistemológicas que se busca fortalecer en los estudiantes y si son las más acordes con las clases de actividades científicas que se quieren para ellos en las clases de ciencias y en sus vidas; pregunta que se puede extender perfectamente a la formación de los profesores de ciencias, y a raíz de la cual, como señala Connelly (1969) los programadores de currículos, los autores de libros de texto y los investigadores en didáctica de las ciencias deberían preguntarse si los sistemas filosóficos que proponen, adoptan o incorporan tiene sentido para las disciplinas que se enseñan.

Uno de los puntos que genera debate acerca de la filosofía de la ciencia en la enseñanza de la ciencia es el referente a si su inclusión debe ser explícita o implícita en los programas de formación o en el currículo. Elkana (2000) señala que la filosofía de la ciencia ya está ahí, en la educación científica, y es la que forma la imagen de ciencia que poseen no sólo los científicos sino también las masas. El problema radica en que la ciencia y la filosofía de la ciencia cambian a una velocidad que dista ampliamente de lo que se enseña en la escuela.

Las ideas que los profesores tienen acerca del conocimiento científico, la evidencia y los cambios de teorías, por ejemplo, siguen aferradas a los obsoletos esquemas de la filosofía empirista-positivista que imperaba a comienzos del siglo XX (Burbules et al. 1991, Cobern 2000, Kalman 2009, Machamer y Douglas 1999, Martin 1972, Murcia y Schibeci 1999, Niaz 2009), una visión naïve e inconsciente de lo que es la filosofía de la ciencia, producto de su propia formación científica y que abraza los valores de un modelo en particular con el que están comprometidos tal vez sin saberlo (Smolicz y Nunan 1975) y que se agrava en la medida que las nociones de la filosofía de la ciencia que han resultado fácilmente comunicables describen inadecuadamente la actividad científica, como señala Zemplén (2007): se pueden aprender fácilmente la justificación o la falsificación, pero eso no es lo que los científicos hacen.

Mellado y Carracedo (1993) señalan que, a pesar de que los contenidos filosóficos no se expliciten, la enseñanza de la ciencia no es ajena a ellos. Estos investigadores muestran cómo el dominio de las posiciones positivistas/empiristas es base de dos concepciones de la didáctica de las ciencias aparentemente distintas, una en la que la ciencia es un cuerpo de conocimiento, formado por hechos y teorías que se consideran verdaderos, y que busca transmitir a los estudiantes la verdad científica, generando una enseñanza como transmisión de conocimientos elaborados, cuyo principal soporte

es el libro de texto y de otro lado una que asume que el conocimiento se descubre aplicando el método científico, por lo que hay que enseñar a los estudiantes a realizar buenas observaciones, y a través de ellas y por inducción llegar a descubrir las leyes de la naturaleza (este es el principio de la enseñanza por descubrimiento).

Lo más importante en este escenario es aceptar que la discusión filosófica puede contribuir a fundamentar la didáctica de las ciencias (Adúriz-Bravo 2001, Forge 1979, Mellado y Carracedo 1993) ya que sus preguntas son más específicas que las de la filosofía en general a nivel epistemológico, metafísico, político y ético (Machamer y Douglas 1998), por lo que se debe trabajar como señalan Murcia y Schibeci (1999) en proponer un enfoque filosófico adaptado a la escuela que surja de la elección entre valores hecha por los educadores y los diseñadores de currículos desde su propia imagen de ciencia, dentro de una ideología que se puede denominar ciencia escolar; no obstante, incluso de ser necesario, debería distanciarse de la tendencia de la filosofía de la ciencia en general, de dar prelación a los aspectos epistemológicos relegando a segundo plano otro tipo de discusiones.

Más allá de la reflexión "lógica" sobre el descubrimiento, el experimento, la teoría, la explicación, las evidencias, las refutaciones, la predicción etc, deben aparecer otros tópicos que son también propios de la filosofía de la ciencia: los fines y objetivos de la ciencia, sus límites e implicaciones sociales, culturales, políticas y éticas, ya que si se indaga en estos terrenos, al parecer excluyentes, seguro que aparecerán espontáneamente los puentes entre lo "cognitivo", "epistemológico", "racional" y "lo no cognitivo" "social" e "irracional" (Machamer y Douglas 1998). Este es uno de los puntos que considero más relevantes ya que las recomendaciones para la inclusión de la filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias, especialmente en los programas de formación docente, se caracterizan por la presencia de aspectos tales como la falta de solidez del conocimiento científico, la pluralidad metodológica, el peso teórico en la observación, las características del razonamiento científico, la reconstrucción racional de las ideas científicas, la distinción descubrimiento/invencción, entre otros muchos (Aduriz-Bravo et al. 2002, Erduran et al. 2007, Rohrlich 1988, Davson-Galle 2004), todos ellos de tinte puramente epistemológico, que reflejan la prelación por lo cognitivo que ya se había evidenciado también en la elección de los modelos historiográficos dominantes en la enseñanza de las ciencias.

Por lo anterior, es relevante que los debates acerca de la epistemología de la ciencia que se están dando desde hace algunas décadas entre historiadores, filósofos y

sociólogos de la ciencia empiecen a tener un rol más protagónico en la educación científica (Ryder y Leach 2008). Temas como la transitoriedad de las teorías, su instrumentalización, el papel del (los) método(s) científico(s), la utilidad de los argumentos históricos y psicológicos, las motivaciones de la actividad científica, la dependencia de la observación de la teoría, entre otros en los que es evidente la influencia de las ideas de Kuhn, y que no han sido cubiertos en su totalidad por la HFC o la NdeC, deben aparecer en la agenda de la enseñanza de las ciencias de manera más activa, con el fin de generar reflexiones que lleven a los profesores de manera espontánea a reconocer que la ciencia lógica e idealizada que se enseña en la escuela no describe a la ciencia en flujo que se da en los lugares donde ésta se realiza, un buen punto para generar cambios y en el que la metareflexión filosófica es un potencial motor de transformación para los modelos de ciencia escolar predominantes actualmente, en claro conflicto con la ciencia "real" que llega a los estudiantes desde fuera del sistema de la educación formal.

Para finalizar esta sección deseo analizar algunos aspectos de la relación entre la sociología de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. Uno de los hechos que acompaña la sobrevaloración de lo epistemológico es que generalmente se le yuxtaponen los aspectos sociológicos, por lo que la sociología se emplea para distanciar la visión normativa de la ciencia de la perspectiva descriptiva, el "cómo debería trabajar la ciencia" del "cómo la ciencia trabaja realmente" (Zemplén 2009). Esta mirada sospechosa que varios expertos en didáctica de la ciencia piden tener acerca de la sociología se deriva de una larga historia de tensiones entre esta disciplina y la ciencia que se remite a sus orígenes cuando decidió ubicarse en la periferia, al margen de la ciencia a fin de parecer imparcial pero que sólo le llevó a ser considerada como externa a la ciencia misma, como se detallará en el capítulo siguiente. Esta tensión que recibe varios apelativos: interno/externo, epistémico/no epistémico, científico/ no científico, constitutivo/contextual, racional/ emocional, empírico/no cognitivo (Machamer y Douglas 1999) aumentó después del giro sociológico.

Esta tensión se ha hecho evidente durante mucho tiempo, por ejemplo en la teoría de las dos culturas de Snow o en la denominada "Guerra de las ciencias", y se recrudece cuando científicos y humanistas tienen una falsa imagen los unos de los otros (Stinner 1989), como producto tal vez de esa imagen mitificada de ciencia de la que hemos hablado anteriormente, y que se transmite en la escuela. El interminable debate que genera esta falsa dicotomía es producto de relaciones de poder, de una batalla política que debería mantenerse alejada del ambiente educativo, sin embargo no es así, por

lo que la sociología de la ciencia es vista con recelo por un buen número de investigadores desde la didáctica. Slezak (1994a) no duda en declarar que las afirmaciones de la sociología del conocimiento científico (SCC) traen consigo serias implicaciones que van en detrimento de las bases y de la práctica de la enseñanza de las ciencias, por lo que los profesores de ciencias deberían resistirse a aceptar los hallazgos de la sociología de la ciencia. Asimismo, describe la depravación moral e intelectual de la SCC debido al carácter “historicista, contextualista y relativista” de su mirada sobre las teorías científicas. Es importante aclarar que este autor hace su análisis principalmente desde los trabajos del Strong Program, uno de los programas más polémicos y radicales dentro de la sociología de la ciencia.

De otro lado Matthews (1997) considera que esas “recetas” fáciles de digerir en la escuela y que “proviene de la sociología, el relativismo, el constructivismo y el posmodernismo” y que empiezan a aparecer también ahora en las clases de ciencias tienen el potencial de corromper el debate público sobre la ciencia y minar las instituciones científicas y sociales. Consideraciones en el mismo sentido en las que se vincula de manera implícita o explícita dentro de un mismo conjunto a la sociología de la ciencia, el relativismo, el posmodernismo y/o el socioconstructivismo radical se pueden ver en trabajos de otros investigadores como Izquierdo (1996), Phillips (1997), Kragh (1998), Nola (2000), Irzik e Irzik (2002), Izquierdo y Aduriz-Bravo (2003), Solbes y Traver (2003), Slezak (1994b) y Cobern (1995, 2000), donde aparecen advertencias sobre estos enfoques antes que una invitación a considerar y estudiar en profundidad lo que puede aportar la inclusión de una mirada sociológica en la enseñanza de las ciencias.

Estas posiciones prevenidas hacia la sociología de la ciencia pueden ser tal vez las responsables de la ausencia de los sociólogos de la ciencia en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia de la que se quejaba Young (1974) hace más de 30 años, o de la falta de interés por esta disciplina de parte de los investigadores en enseñanza de la ciencia que hace que en los últimos 40 años de la sociología de la ciencia, los estudios sociales de la ciencia y la SCC no se hayan hecho presentes y no hayan sido utilizadas en la didáctica de la ciencia (Zemplén 2009), afirmaciones para nada vacías cuando se revisan cifras tan preocupantes como que sólo el 5 % de los trabajos presentados en los 20 años de publicación de *Science & Education* tengan como tema central de una u otra forma la sociología de la ciencia (incluye sociological issues SSI) mientras que los de filosofía e historia sean cercanos al 70% o que estas mismas tendencias se reflejen en los trabajos presentados en las cuatro últimas versiones del IHPST (Sociología +

SSI= 2005: 2%, 2007: 6%, 2009: 0%, 2011:3% ; Historia + Filosofía = 2005:70%, 2007:55%; 2009:61%, 2011:43%)⁶.

A pesar de este panorama nada alentador, algunos investigadores se han dado a la tarea de resaltar y analizar en profundidad ciertos aspectos en los que la sociología de la ciencia resulta valiosa a la hora de describir las relaciones humanas, las creencias y valores que dominan la práctica científica, y que ayudan a enfocarse en los componentes humanos e individuales así como en el contexto de producción de la ciencia, a desafiar los estereotipos y minar el injustificado estatus y permanencia de la ciencia (Cunningham y Helms 1998).

La sociología de la ciencia no debe entenderse como opuesta a la ciencia o a la “visión científica del mundo”, sino que podría en cambio ser usada para formar las bases de una visión bien-informada acerca de la ciencia (Zemplén 2009) y para el desarrollo de ciudadanos informados (Kelly et al. 1993), objetivos que persigue el enfoque HFC y que podrán ser vistos con mayor compromiso cuando se comprenda que los científicos actúan además como ciudadanos y educadores y que los modelos de la ciencia escolar distan inmensamente de los complejos circuitos de la ciencia involucrada en problemas reales, tales como el pronóstico del tiempo, las previsiones económicas, el entendimiento del calentamiento global, las expediciones espaciales o las consecuencias a largo plazo de la energía nuclear (Collins 2007, Kolstør 2008) como se mencionó anteriormente. Además, porque la ciencia no se puede separar de su contexto humano ya que ante todo es una actividad humana, por lo que para Allchin (2003) la sociología de la ciencia debe ser clasificada como “E”: Essential for Everyone si queremos que el estudio de la ciencia sea más democrático.

Como señala Duschl (1988) es importante considerar que incluso dentro de la sociología de la ciencia hay diferentes escuelas, cuyos pensamientos deben ser contrastados y conocidos en la enseñanza de las ciencias y que se debe tener cuidado de no ir a sustituir una fe ciega en la ciencia por una fe ciega en el análisis sociológico, con lo que el siguiente paso debería ser tomar el riesgo de dejar que la sociología de la ciencia sea explícitamente otro ingrediente más de la enseñanza de las ciencias, asunto fácil si se supera la barrera de mirar sólo a través de las escuelas problemáticas y se reconocen los interesantes aportes que ha hecho, gracias a sus estudios empíricos, al introducir

⁶ Estos resultados provienen de un ejercicio propio de revisar los resúmenes de investigación, palabras claves y en algunos casos incluso los trabajos completos de los 19 volúmenes de Science & Education y las memorias de las cuatro últimas versiones de International History and Philosophy of Science Teaching Group Conference.

nuevos temas en la agenda de investigaciones acerca del conocimiento y la práctica científica, entre los que Kelly et al. (1993) resaltan: los problemas de la replicación, la reificación de los hechos, la insuficiencia de la falsación como criterio de demarcación científico, el problema del “descubrimiento”, o las miradas feministas acerca de la objetividad, los valores, las decisiones, la inclusión o la democratización de las actividad científica; así como la inclusión de la ciencia como parte de las agendas políticas en las que se evalúan las dinámicas de su centralización, militarización, utilidad y rentabilidad. Estas son realidades que los estudiantes y maestros ven día a día en los medios, donde reciben información acerca de la ciencia (la escuela dejó de ser el lugar exclusivo para ello), por lo que deben estar presentes en las discusiones en el aula ya que antes que minar el valor social de la ciencia muestran que la ciencia es un producto íntimamente ligado a la cultura que la produce, por lo que es un error asumir que la ciencia puede llegar a conclusiones independientemente del contexto en el que trabaja.

Todas las reflexiones anteriores acerca del enfoque HFC se pueden entender en la palabras de Schulz (2009), quien asegura que a pesar de sus 20 años de historia y de su expansión alrededor del mundo (como se refleja en las participaciones en las conferencias del IHPST) se puede decir que el enfoque ha tenido éxito sólo parcialmente, ya que su agenda aún tiene que competir con enfoques curriculares bien atrincherados dentro de la comunidad educativa de las ciencias –tradicionalistas, progresistas, CTS, movimiento de los estándares– que infravaloran la epistemología y la historia de la ciencia, así como las prácticas sociales de la ciencia contemporánea, mientras sobrestiman la eficacia de la investigación sobre el trabajo experimental o la adquisición de contenidos en configuraciones descontextualizadas.

El movimiento HFC, resalta Schulz, sufre de no tener desarrollada una idea aglutinadora para el objetivo educativo (o “filosofía” si se prefiere) detrás de sus pretendidas reformas –algo que comparte con el resto de los proyectos reformistas– y sus varios y cambiantes “énfasis” curriculares. Por lo tanto, mientras participa en las discusiones (de metas intrínsecas contra metas instrumentales; el significado de la alfabetización científica o del constructivismo, la elección de los contenidos curriculares, etc.) sigue obstaculizado y no puede avanzar al nivel de las verdaderas decisiones en la enseñanza de las ciencias, tanto así que algunos investigadores (Höttecke 2010, Monk y Osborne 1997) lleguen incluso a señalar su falta de significancia para la práctica de los profesores de ciencias, el desarrollo curricular, el diseño y contenidos de los libros de texto, por lo que su implementación se puede calificar como débil y pobre.

Uno de los factores que considero más críticos al respecto es el que llamo la cajaneigrización⁷ del enfoque HFC (Farías 2010a) aludiendo al término “cajaneigrizar” empleado por Latour. Cajaneigrizar en este caso no es otra cosa que la sobresimplificación de la manera como se da cuenta del enfoque HFC. En gran parte de las publicaciones sobre HFC éste se ha reducido a una fórmula que se puede entender como una caja negra, donde el “input” es una historia acumulativa de hechos, que incluso podríamos catalogar como “whig” en ciertos casos, ya que muestra la evolución del enfoque hasta su “éxito” en el aula; y donde el “output” es una lista acumulativa de ventajas, muchas veces sin soporte empírico, como se mencionó anteriormente, en la que cada publicación va recogiendo los argumentos de otros investigadores más los propios –que hacen que aumente la autoridad de lo que contiene la caja al ir pasando de un artículo a otro, (Latour 2008)– con la adición de un nuevo ejemplo de progreso en la aplicación en el aula. En algunos casos la cajita va acompañada además de una restricción disciplinar, por ejemplo “para la enseñanza de la química” (Bent 1977, Herron 1977, Jaffe 1938, Jensen 1998, Kaufmann 1989, Niaz y Rodríguez 2001...) o “para la enseñanza de la física” (Bevilacqua y Bordoni 1998, Nielsen y Thomsen 1990, Mäntylä y Koponen 2007, Matthews 1994, Whiteley 1993...).

Höttecke y Silva (2011) señalan que una de las principales razones para la pobre implementación del enfoque HFC en las aulas es que sus defensores se han olvidado de la complejidad de los sistemas educativos de los que la enseñanza de las ciencias y el enfoque HFC también hacen parte. Mencionan sólo como un ejemplo el caso de los obstáculos que presenta la enseñanza de la física para la inclusión de contenidos de HFC o NdeC: la cultura misma de su enseñanza al ser asumida por los profesores como la transmisión rigurosa de un cuerpo de conocimientos que hablan sobre la verdad de los fenómenos naturales; las destrezas, actitudes y creencias de los profesores acerca de la física y la epistemología; el marco institucional de la enseñanza de las ciencias y la falta de contenidos adecuados de HFC en los libros de texto.

Así, es evidente que esta caja negra, la del enfoque HFC, se ha cerrado sin considerar aspectos que aún están por discutir. Estamos ante un marco conceptual para la HFC que no ha sido lo suficientemente cuestionado ni complejizado, que fue cajaneigrizado

⁷ “Los cibernéticos usan la expresión caja negra cuando una parte de un artefacto o un conjunto de órdenes es demasiado complejo. En su lugar dibujan una cajita, acerca de la cual no necesitan conocer más que las entradas (“inputs”) y las salidas (“outputs”) ... no importa lo controvertida que sea su historia, lo complejo que sea su funcionamiento interno, lo extensa que sea la red, comercial o académica, que los sostiene, sólo cuentan sus entradas y salidas” (Latour 1992).

y que ha avanzado al plano metodológico prematuramente por lo que resulta incluso complicado llegar a acuerdos acerca de los fines mismos del enfoque; una de las pocas investigaciones en este sentido es la de Seroglou y Koumaras (2001) que proponen un marco para analizar, clasificar y comparar los diferentes fines de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física. Así, las muchas preguntas que aún no han sido resueltas son opacadas por el afán instrumentalizador y eficientista. Algunas de esas preguntas sin responder han ido surgiendo desde la crítica misma a la HFC, en su evolución, en su estrecha interrelación con la NdeC y reflejan ampliamente el espíritu de las “nuevas” historia y filosofía de la ciencia que en parte le han inspirado. Una parte importante de este trabajo es la metareflexión que se puede formular a partir del estado de la investigación para la HFC y la NdeC, una colección cada día más extensa de trabajos cuya revisión nos deja algunos interrogantes:

1. ¿Qué ha pasado con la sociología de las ciencias en la enseñanza de las ciencias? ¿Por qué se ha relegado en comparación con la historia y la filosofía? y ¿Por qué se le sigue relacionando con la historia externa, el relativismo, lo posmoderno, etc.?
2. ¿Dónde ha quedado la reflexión acerca de la historiografía en HFC? si al parecer se “eligió” optar por los relatos “whig” y la historia internalista y se dejó de lado todo lo demás bajo la etiqueta incómoda de “influencias externas”.
3. La prelación que desde lo filosófico se está dando a lo epistemológico y que relegó la ética, la ontología y la estética, está relacionada con el apego al inductivismo/ positivismo en la epistemología que llega a las aulas y que desconoce las ideas posteriores al socioconstructivismo, basado en el mismo miedo hacia el relativismo del que se habló anteriormente, ¿somos conscientes de esto como investigadores en didáctica de las ciencias?
4. ¿Es necesario precisar una “ontología” para la HFC?, esto requiere definir de qué historia(s), de qué científicos y de qué ciencia se habla el contexto de la escuela, en los diferentes niveles de formación, sin dejar de lado que hay también una reflexión pendiente acerca de la(s) ideología(s) que se han elegido como soporte en la investigación en HFC en didáctica de las ciencias.
5. Las relaciones de la HFC con lo afectivo no pueden restringirse a “humanizar la ciencia” ni a motivar a los estudiantes sino a implicarlos a nivel subjetivo, a nivel identitario, ¿qué ha pasado con estos aspectos en la investigación en la HFC en la didáctica de las ciencias?

6. ¿Seguimos aferrados a la condición de las fronteras delimitadas entre las disciplinas: historia, filosofía y sociología? desconociendo que incluso entre ellas las fronteras hoy son muy difusas, de la misma manera que seguimos viendo a las disciplinas científicas en sus límites tradicionales mientras la ciencia contemporánea se expande fuera de ellas desde hace más de medio siglo.
7. En el afán instrumentalizador ¿estamos dejando que la HFC se convierta solo en la herramienta para soportar las investigaciones en NdeC?, ¿es éste uno de los argumentos más destacados para evidenciar la falta de solidez de una identidad propia del enfoque?

En este trabajo nos proponemos profundizar en algunos de estos cuestionamientos que de una u otra forma se entrecruzan con los objetivos iniciales de nuestra investigación. Por el momento en este capítulo pretendemos evidenciar algunos hechos relativos a la última pregunta de la lista anterior por lo que nos preocuparemos por indagar en la manera cómo el enfoque HFC se hace presente en la práctica de aula, en los programas de formación de profesores, en los documentos curriculares y en los libros de texto y cómo se ha ido subordinando cada día más a las metas de la línea de investigación en naturaleza de la ciencia.

4.3. EL ENFOQUE HFC EN EL AULA

Uno de los puntos sobre los que es importante profundizar con respecto al enfoque HFC es qué pasa cuando sale de las publicaciones, las reflexiones de las didactas o las recomendaciones de los expertos y llega al aula. Wang y Cox-Petersen (2002) aplicaron una encuesta a 96 profesores en ejercicio y estudiantes para profesores, de educación primaria, media y secundaria quienes expresaron que enseñar la historia de la ciencia es una parte importante de su programa de instrucción, pero esto no era necesariamente congruente con sus prácticas de aula. Este hecho, el de la ejecución del enfoque por parte de los profesores, fue discutido también por Rutherford (2001), quien señala que, a pesar de los argumentos acerca de las bondades de la historia de las ciencias y de su presencia en los documentos curriculares, tiene poca presencia en las escuelas de Estados Unidos debido principalmente a la falta de preparación de los profesores en este tema, a que los libros y materiales de instrucción la ignoran en la mayoría de los casos con lo que preparar su inclusión en el aula demandaría un tiempo extra bastante considerable, entre otros factores que generan una resistencia de parte de los profesores a usarla (Brush 1978, Rohrlich 1988). Además Rudge y Howe (2009) señalan

que aún cuando los profesores tengan un entendimiento sofisticado de la naturaleza de la ciencia, sus decisiones acerca de qué enseñar y cómo hacerlo está más basada en razones pragmáticas delimitadas por el contenido y la necesidad de formar para las pruebas estandarizadas.

Así, la inclusión de la HFC en las clases resulta no sólo de las intenciones curriculares o de las reflexiones y recomendaciones de los investigadores en la enseñanza de la ciencia sino de la efectividad de una labor de persuasión/formación de los profesores que los lleve a convencerse de que deben, pero ante todo de que pueden, incluir la HFC en sus clases, se habla de esto con mayor amplitud en la próxima sección. Por el momento es importante considerar que el problema de la inclusión depende en gran medida de la forma, las estrategias y los materiales de los que se provea a los profesores para llevar a cabo este cambio, teniendo en cuenta que para los fines de la enseñanza un uso instrumental de la historia de la ciencia que promueve el aprendizaje de y sobre la ciencia, es el que se requiere antes que enseñar la historia de la ciencia *per se* (Rudge y Howe 2009).

Sales et al. (2009) clasifican varias formas de utilizar la HFC en la enseñanza de la física, que se puede extender a la enseñanza de las ciencias (a nivel no sólo curricular sino también en los materiales de enseñanza) en relación a los objetivos de enseñanza –aprendizaje de conceptos, NdeC, actitudes, argumentación y metacognición–; en relación con las estrategias de enseñanza –integrado con el tema que se está tratando en el curso, integrado con otras partes del currículo o no integrado–; y en relación con los materiales didácticos. En estos tres aspectos los investigadores y educadores han desarrollado gran cantidad de alternativas para incluir la HFC en las clases. Todas tienen sus puntos a favor y en contra, autores que las recomiendan mientras otros las critican, lo importante es que se han generado a la par con la evolución del enfoque y ofrecen una posibilidad de proveer a los profesores de un buen volumen de esos materiales que como se vio anteriormente, comúnmente reclaman.

Una revisión de estos esfuerzos de implementación nos permite encontrar que incluso la enseñanza de la pseudociencia ha sido utilizada en el aula (Allchin 2004); esta diversidad y versatilidad refleja la necesidad de los investigadores y educadores por hacer que el enfoque avance y se posicione al nivel de otros enfoques más consolidados. Algunos ejemplos incluyen el diseño, empleo, recomendación o discusión de:

- Episodios históricos: AAAS (1990), Klassen (2009), Nersessian (1995), Russ et al., (2009).

- Anécdotas históricas: Herron (1977).
- Discusiones sobre explicaciones históricas (Lochhead y Dufresne 1989), sobre los contextos históricos en los que tuvo lugar el desarrollo de un tema específico (Arons 1988) o alrededor de textos históricos (Pessoa de Carvalho e Infantsi-Vannucchi 2000).
- Puestas en escena para recrear la historia: Kipnis (1998), Solomon (1989).
- Lecturas históricas combinadas con experimentación: Kipnis (1998), Lin (1998).
- Reconstrucciones históricas: Allchin (2006), Izquierdo et al. (2006).
- Casos históricos: Bonini-Viana y Alves-Porto (2010), Dawkins y Glatthorn (1998), Elkana (2000), Heilbron (2002), Klassen (2009), Kolstør (2008), Galili (2010).
- Narrativas históricas: Clough (1997 y 2006), Conant (1957), Irwin (2000), Klopfer y Cooley (1963), Matthews (1994), Stinner (1995), Stinner et al. (2003), Solomon et al. (1992).
- Líneas de tiempo: Metz et al. (2007).
- Diálogos científicos ficticios: Mikelskis (2010).
- Estudios analíticos de los trabajos de investigación originales: Jaffe (1938), Klopfer (1969).
- Experimentos históricos: Ellis (1989), Heering (2009), Kipnis (1996), Seroglou et al. (1998), Chang (2011).
- Viñetas históricas: Roach y Wandersee (1995).
- Controversias históricas: Kipnis (2001), Madras (1955), Niaz y Rodríguez (2002).
- Biografías: Izquierdo (1996), Jaffe (1938).
- Modelos históricos: Dolphin (2009), Forge (1979), Justi y Gilbert (1999a, 1999b, 2000), Ryder y Leach (2008), Stinner et al. (2003).
- Actividades basadas en el uso de material o datos históricos: De Berg (2007), De Castro y Pessoa de Carvalho (1995), Solbes y Traver (2003).

Para Zemplén (2007) la incorporación del enfoque debería darse de la mano de la historia de la ciencia en vez de los supuestos (generalmente caducos) de la filosofía de la ciencia, no obstante como señala Kipnis (1996) en el aula se tienen que tomar

decisiones como escoger entre enseñar física antes que historia de la física o enseñarlas las dos al mismo tiempo. Su reflexión autoetnográfica es bastante interesante para entender el tipo de decisiones que un profesor tiene que tomar ante la inclusión de la HFC en sus clases y muestra cuestionamientos importantes que han sido abordados desde la investigación didáctica para soportar las estrategias de enseñanza de la HFC. Kipnis relata:

“Ahí fue donde me cuestioné si los estudiantes realmente se beneficiarían de la historia de la ciencia. Si aprender ciencia generalmente se reduce a memorizar un cierto número de hechos (leyes, reglas, números) ¿ayudaría ahora añadir a esto unas pocas fechas, nombres y términos? Si los estudiantes no están acostumbrados a preguntar por qué con respecto a sus materias de estudio ¿por qué habrían de ser más curiosos acerca de los temas históricos o filosóficos?”
(Kipnis 1996: 277, traducción propia).

Como se mencionó anteriormente estas estrategias pueden o no integrar total o parcialmente los contenidos de HFC en los diferentes cursos del programa curricular, por lo que podemos encontrar una amplia gama de posibilidades a este respecto: planeación de algunas lecciones con HFC (Rudge y Howe 2009, Guridi y Arriasecq 2004, Iparraquirre 2007), métodos de enseñanza (p.ej. el método histórico-investigativo de Kipnis (1996), el método histórico-genético de Lühl (1992), el modelo de enseñanza sobre la energía de Rizaki y Kokkotas (2009)), módulos y unidades didácticas (p.ej. Science: An Ever-Developing Entity de Mamlok-Naaman et al., (2005)), cursos electivos (como el de Stinner y Williams (1993) en la Universidad de Manitoba), o cursos independientes constituyentes de planes de estudio (p.ej. The theory of knowledge –TOK– de Zemplén (2007)).

El punto es que mientras algunos apuntan a la adición, al suplemento o a enfoques “eclecticos” (Monk y Osborne 1997) la clave está en que la estrategia escogida sólo puede ser confiada a profesores que tengan algo más que un conocimiento superficial de la historia y la filosofía de la ciencia, a la par con un buen conocimiento pedagógico del contenido, por lo que gran atención se debe prestar al diseño de los programas de formación de tales profesores (Stinner et al. 2003), no se puede pasar por alto que más allá del currículo, el factor más influyente en el proceso de cambio educativo son ellos (McComas et al. 1998) y que es de esencial importancia que entiendan y compartan los argumentos a favor de la introducción de la HFC en la educación científica (Justi y Gilbert 1999b). Sobre este punto se profundiza en la sección siguiente.

4.4. EL ENFOQUE HFC Y LA FORMACIÓN DE PROFESORES DE CIENCIAS

Summers (1982) se preguntaba si la historia y la filosofía de la ciencia debía ser introducida en los programas de formación de docentes; su respuesta enfática, fue "sí". Si se formula este interrogante a la luz de las reflexiones que se han venido presentando previamente la respuesta necesariamente debe ser afirmativa, no obstante, en la práctica el enfoque HFC ha estado poco presente en los programas de formación de profesores (Matthews 2009).

Una inquietud que se desprende directamente de la formulada anteriormente es porqué se debe formar a los profesores en la HFC. Tres corrientes se pueden identificar al respecto y es posible asociarlas a las tres dimensiones educativas que Schulz (2009) afirma están presentes en cualquier aspecto del ámbito educativo: una intelectual, vinculada a la dimensión cognitiva donde lo importante es el conocimiento que se transmite; una individual, que en este caso se referiría a la necesidad de potenciar a los profesores como individuos autónomos y una socioeconómica, que se explica ante la necesidad de formar los profesores para una nueva sociedad de ciudadanos científicamente informados.

En el primer punto, lo cognitivo, parece apenas obvio que si los contenidos curriculares cambian, las clases deben cambiar y se deben formar los profesores que sean capaces de cumplir con los nuevos retos y transmitir los nuevos conocimientos, en nuestro caso los contenidos de HFC. Nielsen y Thomsen (1990), lo ejemplifican ampliamente, mostrando cómo ante la coyuntura que implicó el hecho de que todo el conjunto de los profesores de física no estaba bien preparado para la reforma curricular en el sistema de la educación escolar secundaria en Dinamarca a finales de los 1980s, el Ministerio de Educación asignó fondos extra y designó un comité responsable para organizar el programa de formación correspondiente. Una tarea que los autores describen en dos fases, una inicial de persuasión/acción que obedecía a la necesidad de convencer a estos profesores de que la historia de la física es interesante, que los estudiantes realmente se beneficiarían de ella y que ellos, como profesores, serían capaces de transmitirles la dimensión histórico epistemológica sin problemas; y una final en la que se procedía a presentar algunos ejemplos de la historia de la física con las correspondientes sugerencias y materiales para aplicar en el aula, con lo que lo "cognitivo" no se restringe sólo a los conocimientos histórico-epistemológicos sino a un conocimiento pedagógico de la HFC.

Con respecto al segundo punto, lo individual, es central a la práctica de cualquier profesión que sus miembros sean capaces de justificar qué hacen y cómo lo hacen; para esto debe haber cierto grado de conciencia crítica no sólo acerca del ejercicio en sí, sino también acerca de cómo los métodos de investigación de la enseñanza de las ciencias pueden verdaderamente afectar la forma en que los profesores enseñan (Summers, 1982). Esta perspectiva metateórica, busca contribuir a una reflexión del contenido y de los métodos de la ciencia para hacer al profesor más autónomo y mejorar su propia práctica (Erduran et al. 2007), a partir de la incorporación de las metaciencias en su formación y práctica profesional (Quintanilla et al. 2005). Discusiones filosóficas relevantes para la enseñanza de la ciencia, como por ejemplo, la referente a la dicotomía entre los contextos de justificación y descubrimiento (Robinson 1969b, McComas et al. 1998, Monk y Osborne 1997), la relación entre las creencias epistemológicas y la preferencia por uno u otro modelo en el aula (Tarsitani y Vicentini 1996) se podrían fortalecer desde este contexto con una visión que contemple la integración necesaria entre conocimiento pedagógico del contenido y el conocimiento pedagógico de la HFC (Galili y Hazan 2001, Monk y Osborne 1997, Seker 2007).

Finalmente en el tercer campo, el socioeconómico, se deposita la confianza del enfoque en sus valores intrínsecos para llevar la naturaleza de la ciencia a unos estudiantes que en el futuro serán ciudadanos informados capaces de participar en sociedades cada vez más involucradas en la toma de decisiones sin olvidar por supuesto que los profesores que tienen esta labor a cargo son también ciudadanos, como señala Zemplén (2007), el profesor de ciencias más que un mero transmisor de conocimientos, debe ser un guía en un entorno donde los estudiantes adquieren el conocimiento por diferentes vías, incluso fuera de la escuela. El profesor debe formarse en áreas como CTS, NdeC y SSI, ya que ahora los estudiantes participan como co-productores de un conocimiento más cercano a sus propios intereses que los prepara para actuar en contextos sociales más amplios, contextos de los profesores a veces no dimensionan.

Este escenario, está matizado con discusiones acerca de la manera cómo se deben enseñar los contenidos de HFC a los profesores o futuros profesores de ciencias, presentándose dos posiciones tras las que subyacen supuestos antagónicos. Los defensores de un enfoque implícito en el que el aprendizaje acerca de la NdeC debería generarse como un "sub-producto" del compromiso de los aprendices en las actividades científicas, con lo que se esperaría que también los profesores aprendan acerca de la NdeC como consecuencia de una instrucción acerca de las destrezas y procesos

de la ciencia y/o la participación en actividades basadas en la indagación científica; y los partidarios del enfoque explícito quienes argumentan que el objetivo de mejorar las concepciones de los profesores acerca de la NdeC debe ser planeado y resaltan el potencial valor instrumental de la HFC para lograr este fin, aunque se adolece aún de investigaciones empíricas en este sentido (Abd-El-Khalick y Lederman 2000).

Para Adúriz-Bravo e Izquierdo (2009) y Bonini-Viana y Alves-Porto (2010), la historia sirve como vehículo para enseñar a los profesores las ideas claves de la naturaleza de la ciencia, empleando estudios de caso o episodios históricos cuidadosamente reconstruidos que pueden servir como marco para dar significado a las nociones epistemológicas más abstractas, elaborar una visión compleja de la actividad científica y construir los diversos conceptos científicos. No obstante, se debe ser precavido ante la historia que se emplea para que los problemas de pseudo-historia, presentismo y whiggismo, de los que ya hemos hablado, no se introduzcan en estos cursos o programas (Erduran et al. 2007).

Como ejemplos de las investigaciones que se han decantado por el enfoque explícito podemos mencionar: marcos teóricos, como los “campos teóricos estructurantes” que selecciona contenidos de la NdeC revisando y articulando dos elementos claves de la filosofía de la ciencia del siglo XX: las principales escuelas de pensamiento y sus principales conceptos teóricos: correspondencia y racionalidad, representación y lenguaje, intervención y método, contextos y valores, evolución y juicio, normativa y recursividad (Adúriz-Bravo 2004) o el “perfil de teorías científicas” (Loving 1998), que considera las líneas de pensamiento de filósofos, historiadores y sociólogos de la ciencia acerca de dos atributos cruciales de las teorías científicas: el juicio y la representación.

Asimismo, podemos encontrar proyectos, cursos o programas de formación, como el Proyecto HIPST (Höttecke 2010) el curso de “Investigación en la enseñanza de la química” (Niaz 2009), el curso de “Historia y Epistemología” (Katemari y Martins 2009), el “Curso de ciencia integrada” del programa de Educación de la Universidad China de Hong Kong (Yip 2006), el curso “Ciencia y cultura en educación” para profesores de Primaria en la Aristotle University of Thessaloniki (Seroglou 2009), el proyecto History and Philosophy in Science Teaching (Galili 2011) o el programa en “Historia de la Física” de la Universidad de Oldenburg (Riess 2000), que explicitan a través de estrategias que involucran la HFC, tales como discusiones y lecturas de textos originales, experimentos históricos, viñetas históricas, casos históricos y narrativas, los contenidos de NdeC, a la vez que propenden por un mejor entendimiento de los conceptos científicos y nuevas miradas para acceder a los fenómenos, términos, leyes y teorías desde perspectivas

contextuales en las que se pueden hacer evidentes, por ejemplo, las interrelaciones ciencia-cultura. Estos programas, además de cumplir sus objetivos en la formación docente, aportan valioso conocimiento empírico a la investigación en enseñanza de las ciencias acerca de la efectividad de la HFC para mejorar los conocimientos de los profesores acerca de la naturaleza de la ciencia.

No obstante, los esfuerzos para la formación de profesores en HFC y NdeC parecen insuficientes ante los resultados negativos de varias investigaciones que señalan que hay un inadecuado o pobre entendimiento de los profesores acerca de la NdeC (por ejemplo: Akerson et al. 2000, Bell et al. 2001, Blanco y Niaz 1998, Clough 2005, Lederman 1992, Mellado et al. 2006, Monk y Osborne 1997, Pomeroy 1993) y fortalecen las convicciones acerca de que no basta la inclusión de la HFC en estándares y currículos (Tamir 1989) sino que la formación de profesores es la clave (Wang y Schmidt 2001) y que ésta no se debe quedar en etapas de diagnóstico y debe avanzar hasta la interpretación y entendimiento de las concepciones de los profesores que lleven a la formulación de las acciones de formación correspondientes (Nott y Wellington 2004) que como se señaló anteriormente deberían ante todo convencer a los profesores de su capacidad de aplicar estos conocimientos en el aula ante el rechazo que generalmente manifiestan para usar la HFC de manera autónoma sin depender únicamente de lo que indica el libro de texto (Allchin 2004, Leite 2002, Nashon et al. 2008).

4.5. EL ENFOQUE HFC EN LOS DOCUMENTOS CURRICULARES

En los últimos veinte años se ha visto la influencia y presencia de la historia y filosofía de la ciencia, así como de la NdeC, en varios currículos educativos nacionales, por ejemplo, los materiales curriculares del PLON holandés (Matthews 1994), el currículo de física en la reforma educativa nacional en Dinamarca a finales de los 1980s (Nielsen y Thomsen 1990), los Parámetros Curriculares Nacionales (PCN) del Proyecto de Reforma de la Educación Secundaria en el año 2000 en Brasil (Rezende de Pagliarini y Celestino-Silva 2007), el currículo How Science Works para K3 y K4 en Inglaterra (Golabek et al. 2010), el extended project qualification (EPQ) Perspectives on Science en Inglaterra (Taylor y Swinnbank 2011), el currículo de ciencias junior en Hong Kong (Yip 2006), las reformas educativas para los cursos de ciencias entre 11-15 años en el 2007 en Francia (Fauque 2009), el nuevo currículo de ciencias australiano en todos los niveles de enseñanza: K2, K3-6, K7-10 y K11-12 (National Curriculum Board 2009), así como en los reportes más importantes de las últimas décadas referentes al currículo de ciencias en Estados Unidos: Science for All Americans (AAAS 1990), Benchmarks

for Science Literacy (AAAS 1993), National Science Education Standards (National Research Council 1996) y Blueprints for Reform (AAAS 1998).

Varios investigadores han llevado a cabo trabajos en los que se evalúan los contenidos de HFC y NdeC en los documentos curriculares tanto de manera aislada (currículos particulares) como de manera comparativa. Wang y Schmidt (2001) estudiaron en los currículos de ciencia entre 1 y 12 grado de los países participantes en el Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS), la presencia de los tópicos: Historia de la ciencia y la tecnología, naturaleza del conocimiento científico, la empresa científica, influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad e influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología. Estos investigadores encontraron que cualquier tema de HFC se podía introducir en cualquier nivel, pero que raramente cualquiera de estos temas se convertía en un tópico sobre el que se enfatice. Las excepciones se daban en el currículo oficial francés donde el tópico “naturaleza del conocimiento científico” se enfatiza desde el grado cuarto hasta el doceavo, en el currículo nacional israelí donde el tópico “historia de la ciencia y la tecnología” se enfatiza desde los grados octavo hasta el undécimo, y en el currículo filipino donde todos los tópicos, excepto la empresa científica, se enfatizan desde el grado séptimo hasta el décimo.

Hay países donde algunos de los tópicos se cubren en cada uno de los niveles, como “la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad” en cada uno de los grados de los currículos chino y esloveno, o “historia de la ciencia y la tecnología” en todos los grados del currículo chino e israelí. La “naturaleza del conocimiento científico” se cubre en todos los grados de los currículos oficiales de Canadá, Chipre, Francia, Portugal, Estados Unidos y Eslovenia, mientras que el tópico “empresa científica” sólo está incluido en todos los niveles de los currículos de Canadá y Eslovenia. De otro lado países como Argentina, Hong Kong, Iran, y Tunisia nunca han incluido en ninguno de los niveles de formación algunos de los tópicos.

Por otra parte McComas y Olson (1998) llevaron a cabo un análisis cualitativo de ocho documentos estándares de educación científica de diferentes países (Estados Unidos, Australia, Inglaterra/Gales, Nueva Zelanda y Canadá) en los que encontraron un alto grado de coincidencia acerca de los elementos de naturaleza de la ciencia que deben ser comunicados a los estudiantes. Además evidenciaron que las cuatro metaciencias (filosofía, historia, sociología y psicología de la ciencia) aportan a la descripción de cómo opera la ciencia, con lo que estos autores concluyen que la NdeC que es aplicada por los educadores de ciencias no es sólo sinónimo de filosofía de la ciencia, aunque

los documentos tienen amplias fallas al incluir aspectos prescriptivos y/o especulativos que son muy importantes para los filósofos pero que dicen poco a los docentes. Todos los documentos incluyen consideraciones referentes a las decisiones éticas que deben tomar los científicos, a quiénes son y cómo trabajan. Asimismo, todos los documentos se refieren a la ciencia como una tradición social, la gran mayoría de ellos reconoce sus implicaciones locales, y cinco mencionan el importante papel que la ciencia ha tenido en el desarrollo de la tecnología. En seis documentos se menciona el efecto que los contextos social e histórico tienen en el desarrollo de las ideas científicas mientras que sólo la mitad hacen referencia al frecuente rechazo de nuevas ideas por el resto de la comunidad científica.

Para Osborne et al. (2003) la inclusión de la naturaleza de la ciencia debería ser un elemento integral y sustantivo de cualquier curso contemporáneo de ciencias. Zemplén (2007) señala al respecto que la inclusión de la HFC en el currículo de ciencias, así como de otros tópicos tales como NdeC, pensamiento crítico (critical thinking CT), asuntos sociocientíficos (socioscientific issues SSI) y ciencia, tecnología y sociedad (CTS) trae consigo nuevos cuestionamientos acerca de la conexión entre éstos y los temas de ciencias tradicionales. A esto se une el hecho de la existencia de dos agendas que tramitan de manera diferente la relevancia de estos tópicos. Una, la de los diseñadores de currículos y de otra parte, la de unos profesores que muestran una aversión cada vez mayor a “desperdiciar” su tiempo en estos temas y que sienten que no están bien preparados para enseñar este tipo de ciencias, un conflicto entre dos realidades de la educación científica, en la que como señala el mismo Zemplén sólo pueden aportar soluciones aquellos currículos que demuestren su capacidad de proporcionar directrices y a la vez cómo ser implementados. En este campo la investigación en didáctica de las ciencias tiene aún mucho con que contribuir.

Un ejemplo que podemos citar en este sentido, la innovación proveniente de la investigación didáctica, es el currículo ‘Ourstory’ (Carson 2004), en el que se pretendía desarrollar un programa en el que paralelamente se “cuenta la historia” de las artes, la música y la arquitectura, la ciencia y la tecnología, la literatura y el lenguaje, las matemáticas y la lógica y las culturas tradicionales, promoviendo conexiones más ricas entre los contenidos, identificando los eventos primarios que causaron rupturas en cada una de las épocas, con un enfoque que se opone a la tradición positivista, reduccionista, estrechamente vocacional y de orientación materialista del siglo XIX. Con esta propuesta Carson aportó a la construcción de un currículo completamente integrado que se opone a una visión de HFC autocontenida en las disciplinas y cuyo objetivo es enseñar a

los estudiantes acerca de una cultura intelectual, que incluya por supuesto la instrucción específica en ciencia y que debe estar articulada alrededor de la historia del conocimiento y de la cultura intelectual formal (Carson 1997).

4.6. EL ENFOQUE HFC EN LOS LIBROS DE TEXTO

Existe una amplia evidencia de la alta dependencia de los profesores por los libros de texto en la enseñanza de la historia de las ciencias (McComas et al. 1998, Stinner 1992, Wang y Schmidt 2001), debido en gran medida a la falta de educación formal que reciben en este campo (Leite 2002). Este hecho convierte a los libros de texto en uno de los temas relevantes para ser analizados en cuanto al enfoque HFC. El escenario en el que pueden ser ubicados se caracteriza por unos profesores que tienden a seguirlos fielmente, y unos autores y una industria editorial que no se sienten interpelados a darle la suficiente importancia a la historia de la ciencia, por lo que la presencia de ésta en las aulas, proveniente de los libros de texto, es poco significativa (Leite 2002, Höttecke y Silva 2011), por el contrario si un libro de texto está orientado hacia la HFC puede proporcionar al profesor las directrices para incluir estos materiales en sus clases (Rodríguez y Niaz 2002) y proveer algo de la confianza de la que se habló previamente.

Wang y Schmidt (2001) señalan, tras evaluar los contenidos de HFC en libros de texto de ciencias de los 42 países participantes en el TIMSS, que el promedio de cobertura de estos temas es de un 4% del libro y que en 27 de los países estudiados la cobertura está por debajo de este valor con lo que se comprueba la poca importancia que se da a este tema en estos materiales de enseñanza. Heilbron (2002) es enfático en señalar que se ha fallado en persuadir a los escritores de libros de texto acerca de la relevancia de la historia de la ciencia, situación que se complica cuando se analizan las exigentes e implacables demandas del mercado, que se caracterizan por la omisión de esos temas considerados "decorativos" (Chang 1999).

Kuhn (2006) explica cómo el "poquito de historia" que introducen los libros de texto, ya sea en un capítulo introductorio o, más frecuentemente, en referencias dispersas a los grandes héroes de las épocas pasadas, tiene como misión que los estudiantes y los profesionales se sientan partícipes de una tradición histórica muy antigua, que nunca ha existido ya que los textos sólo hacen mención a los hechos que sirven para soportar el planteamiento y solución de los problemas paradigmáticos vigentes. Kindi (2005) señala que para Kuhn los libros de texto cumplen dos funciones: una instrumental al nivel de la práctica y otra ideológica. En el primer caso proveen los medios (conceptos,

problemas, criterios) para el desarrollo de la ciencia normal; en lo ideológico ayudan a construir la tradición científica. En esta dimensión ideológica la historia de la ciencia tiene un papel relevante en los libros de texto, ya que es el soporte legitimador, el medio de persuasión que ilustra cómo los logros del pasado no fueron otra cosa que los primeros pasos en la marcha hacia una ciencia en continuo y constante desarrollo.

Así, los libros de texto se caracterizan por incluir capítulos introductorios dedicados a contar la historia de la disciplina, resaltando los grandes logros, las fechas de los grandes descubrimientos, los héroes del campo (Kindi 2005), las victorias, sin hacer mención de los errores o las controversias (Ravetz 1973). En ellos aparecen las vidas de Darwin, Newton o Rutherford, pero raramente detalles acerca de su trabajo o de la ciencia de su tiempo (McComas 2008), tampoco aparecen las aportaciones locales de cada país (Solbes y Traver 1996) y las contribuciones a la ciencia de las mujeres y las minorías, concentrándose sólo en una o dos “superestrellas” como Madame Curie (Brush 1989).

Este último aspecto está relacionado con el panorama planteado en la sección 4.1, la presencia de esas “historias oficiales” que permiten dejar de lado todos esos episodios embarazosos o tediosos del pasado, una ciencia “desinfectada” como la define Bent (1977) que corresponde, sin importar que tan objetivo se proponga ser el libro de texto, a supuestos tácitos o explícitos que reflejan una filosofía de la ciencia particular, filtrada en las creencias de los autores y que responden a las tendencias de una comunidad científica escolar que es la que posiciona al libro de texto (Jacoby y Spargo 1989). Así, los libros de texto, basados en una filosofía de la ciencia predominantemente empiricista-inductivista, presentan el conocimiento científico de golpe, de manera ahistórica y en su forma más racional, omitiendo la problemática que conduce al descubrimiento y al establecimiento de las teorías (Cawthron y Rowell 1978, Clough 2006, Metz et al. 2007, Pereira y Amador 2007, Niaz et al. 2011), sirviendo como medio para mostrar un modelo de ciencia con desarrollo acumulativo y lineal (Chiapetta y Fillman 2007, Elkana 2000, Kindi 2005, Monk y Osborne 1997, Smolicz y Nunan 1975, Yip 2006) en el que raras veces se va más allá de los detalles básicos o se hacen consideraciones sustantivas acerca de la naturaleza de la ciencia (McComas 2008) y del que los estudiantes rápidamente aprenden que carece de importancia ya que esto no va a aparecer en los exámenes (Brackenridge 1989).

Los rasgos antes mencionados fueron caracterizados en dos estudios pioneros en el análisis de HFC, el realizado por Frank y Lundsted (1935) al evaluar veinte libros de

texto de química publicados entre 1924 -1934, y el de Dunbar (1938), quien determinó el tipo y cantidad de materiales históricos contenidos en veinte libros de texto de química representativos del nivel college. En ambos trabajos se encontró que había una gran variedad en la cantidad de material histórico pero que la mayoría de los libros no aprovechaba las ventajas del enfoque histórico en tópicos importantes como el desarrollo de leyes y teorías. En muchos casos numerosos nombres y eventos eran solamente mencionados sin ninguna continuidad histórica consistente, era común el uso de retratos y recortes históricos con una amplia tendencia a lo espectacular, mientras que las biografías usualmente contenían tan solo el nombre, las fechas de nacimiento y defunción y alguna breve mención a las contribuciones del personaje.

Los aportes empíricos en este sentido dentro del enfoque HFC han contribuido ampliamente al conocimiento de la historia y la epistemología que están presentes en los libros de texto. Así por ejemplo, se ha encontrado que éstos conceden un papel importante al carácter experimental de la ciencia (Brush 1974), se dedican a presentar centenares de experimentos ignorando los 'principios heurísticos' y distorsionan los hechos históricos con el fin de presentar lo tentativo como definitivo, sin explicar cómo se llegó a determinadas conclusiones bajo ciertas premisas, interpretaciones y evidencias, lo que Schwab (citado por Niaz 2005) denominó "retórica de conclusiones" y que Niaz ha caracterizado en diferentes tópicos en textos de química y física: estructura atómica (Niaz 1998), carga eléctrica elemental (Niaz 2000a), teoría cinética (Niaz 2000b), enlace covalente (Niaz 2001a), leyes ponderables (Niaz 2001b), tabla periódica (Brito et al, 2005), los números cuánticos (Niaz y Fernández 2008) y el experimento de la "gota de aceite" de Millikan (Rodríguez y Niaz 2004) demostrando que la mayoría de los textos utilizan la historia y la filosofía de la ciencia para enfatizar una visión de ciencia basada en hechos empíricos que conducen a la "verdad" sin dejar espacio para el debate o la controversia (Niaz 2009).

Jacoby y Spargo (1989) estudiaron cuál es la imagen de ciencia en libros de texto ampliamente usados en escuelas secundarias de Gran Bretaña, Estados Unidos y Sudáfrica; sus resultados mostraron que en los libros hay una cortante distinción entre observación –una idea característica del enfoque positivista y principal atributo del inductivismo, el empiricismo y el instrumentalismo. Resultados similares, que apuntan a una ciencia de corte inductivista/empiricista fueron reportados por Cawthron y Rowell (1978) quienes encontraron que los textos revelan siempre una preocupación epistemológica implícita con respecto a la existencia de una realidad "objetiva" que es aceptada como dada y que existe más allá de los agentes humanos, quienes sólo pueden

aproximarse a una comprensión o apreciación de dicha realidad por la persistente aplicación del método científico.

Pérez y Solbes (2003) analizaron 30 libros de texto de reciente edición, de cuarto grado de educación secundaria obligatoria y primero y segundo grado de bachillerato. Caracterizaron los fundamentos epistemológicos y la manera en que se presentan los conceptos clásicos de espacio y tiempo, los sistemas de referencia, la introducción de magnitudes físicas y cómo se conectan con la teoría de la relatividad, entre otros. En los resultados se encontró una sobrevaloración del papel jugado por el experimento de Michelson y Morley y distorsiones propias del afán empiricista por justificar los resultados del mismo con lo que se dejan de lado aspectos que enriquecerían la imagen de ciencia creativa que se puede asociar al nacimiento de la teoría de la relatividad. Este mismo tema fue estudiado también por Arriasecq y Greca (2007) quienes llevaron a cabo el análisis de contenido de libros de texto de secundaria usados en Argentina, encontrando que no hay una perspectiva histórica epistemológica adecuada para introducir la teoría de la relatividad especial, la cual se presenta de una manera superficial que repite las viejas versiones simplificadas de textos universitarios.

Níaz (2001b) evaluó 27 libros de texto publicados en los Estados Unidos con el fin de estudiar si las interpretaciones con respecto a la ley de las proporciones definidas y la ley de las proporciones múltiples podían ser clasificadas como inductivistas o lakatosianas. Los resultados señalaron que muchos de los libros no presentan estas leyes en una perspectiva histórico-epistemológica ignorando por ejemplo su origen controversial, pero sí presentan un punto de vista filosófico inductivista con un relato hacia el progreso científico caracterizado por la siguiente secuencia: (a) hallazgos experimentales, (b) leyes y (c) teorías, reforzando la dicotomía leyes/teorías.

Selley (1989) analizó algunos libros de texto británicos de ciencias, de educación secundaria, buscando los supuestos epistemológicos que subyacen en la argumentación y discusión de aspectos como los modelos, las explicaciones y los fenómenos. Para este autor era relevante buscar si en los libros de texto de ciencia se presentaban elementos del debate Kuhn-Popper que debería tener algún efecto en la filosofía de la ciencia transmitida o implicada en los libros de texto. Analizó aspectos como la inclusión de una discusión abierta acerca de la naturaleza de la investigación científica y del estatus del conocimiento resultante, la presencia de referencias al carácter tentativo de los supuestos teóricos especialmente en el contexto de las entidades “no observables” como moléculas, genes u ondas electromagnéticas, y si había tintes en la argumen-

ción cercanos al falsacionismo o al constructivismo, entre otros aspectos. Los resultados de su análisis mostraron que los libros de texto se mantienen al margen del escepticismo y después de 1980 retoman el modelo transmisor autoritario donde el estatus de realidad se apoya en las definiciones y en el que está implícito que la información que se presenta es simplemente la verdad, con una marcada tendencia instrumentalista derivada del positivismo, donde no hay distinción entre la presentación de las representaciones de las entidades teóricas y la de las convenciones o constructos.

Solbes y Traver (1996 y 2003) analizaron los contenidos de historia de la ciencia en 48 libros de texto de educación secundaria de física y química que cubrían casi la totalidad de las compañías editoriales españolas. En la mayoría de los casos había una presencia testimonial de algunas referencias a los aspectos históricos, pero en las ediciones recientes había una presencia de biografías detalladas incluyendo algunas referencias marginales y anecdóticas. En los libros analizados se presenta el desarrollo histórico de algunos conceptos de manera significativa, siendo siempre los mismos casos: modelos atómicos, la controversia histórica de la dualidad de la luz, la construcción de la teoría del calor o los orígenes de la dinámica con Galileo y Newton. Hay una escasa presencia de materiales con el apropiado contenido histórico como citas literales o documentos originales, prácticamente en ninguno de los textos se usa la historia como referencia de enseñanza, hay pocas actividades explícitas o ejercicios (para el aula o fuera de ella) donde se haga uso de la historia de la ciencia y las que se proponen corresponden a material complementario al final del capítulo o la sección con lo que se podría entender cuál es su uso en el aula.

Resultados similares a los anteriores fueron también encontrados por Leite (2002), quien desarrolló y validó un instrumento, con el que evaluó el contenido histórico de cinco libros de texto de física de educación secundaria publicados en Portugal, a partir del tipo y organización de la información histórica, los materiales usados, la precisión y veracidad de la información histórica, los contextos con los que se relaciona la información histórica, el estatus del contenido histórico, las actividades de aprendizaje relacionadas con la historia de la ciencia, la consistencia interna del libro y la bibliografía sobre historia de la ciencia. Urevbu y Omoifo (2005) empleando también una lista de chequeo evaluaron la presencia de aspectos históricos en tres libros de texto de física y cuatro de química de educación secundaria ampliamente usados en Nigeria. Estos investigadores además realizaron un estudio de aula en el que analizaron la manera cómo los docentes hacen uso de estos libros y de los materiales históricos en ellos contenidos encontrando una alta dependencia por los libros de texto de los que se en-

señan principalmente los conceptos, las leyes y teorías mientras que los experimentos, demostraciones y datos históricos son apenas mencionados.

Las investigaciones que vinculan HFC y libros de texto en algunos casos se valen de los mismos rasgos históricos o epistemológicos asociados a un concepto para elaborar marcos conceptuales y metodológicos con los que posteriormente se evalúan los libros de texto de ciencias. Para Niaz (1998) es plausible hacer una evaluación de los libros de texto basada en criterios derivados del marco de la HFC ya que puede proveer a los profesores con una mirada de cómo se desarrollan los conceptos, modelos o teorías. Ejemplos de este tipo de trabajos son los de Furió y Guisasola (1997 y 1998) y los de Guisasola et al. (2005) alrededor de los conceptos de campo magnético y campo eléctrico; la investigación de Niaz y Rodríguez (2005) que establece seis criterios basados en la HFC para analizar en 28 libros de texto de fisicoquímica la forma en que se presenta el experimento de la gota de aceite; el trabajo de Pocovi y Finley (2003) con dos libros de texto básicos de electromagnetismo a nivel universitario, en los que indagan las razones que se dan para introducir la representación del concepto de campo; las investigaciones de Lopes-Coelho donde revisa la forma en que se han presentado en el último siglo los temas de energía (Lopes-Coelho 2009) y fuerza (Lopes-Coelho 2010) o los trabajos sobre modelos históricos de Justi y Gilbert para el caso de la cinética química (Justi y Gilbert 1999a) o los modelos atómicos (Justi y Gilbert 2000).

Por otro lado algunos investigadores dirigen sus investigaciones explícitamente a cuestiones de NdeC. Rezende de Pagliarini y Celestino-Silva (2007) analizaron 16 libros de física de educación secundaria publicados entre 1980 y 2006. Se estudió la manera en que la historia está presente en el libro de texto, si las ideas acerca de la NdeC son inducidas por los contenidos históricos y la calidad de la información histórica presentada. Los resultados mostraron que no es raro encontrar discusiones históricas simplificadas que transmiten las concepciones erróneas comunes acerca de NdeC, con referencias explícitas al método científico. También son frecuentes los relatos “whig” y el refuerzo de los mitos populares acerca de los científicos famosos y algunos episodios históricos. Sin embargo, las colecciones más recientes transmiten contenidos más sofisticados y discusiones concernientes a la historia y naturaleza de la ciencia. Las mejoras en estas colecciones pueden ser interpretadas como influencia directa de las recientes reformas en los programas educativos brasileños, un resultado que se puede comparar con el de Leite (2002) quien afirma que tras la reforma curricular portuguesa no hubo cambios importantes en los contenidos históricos de los libros de texto y que las referencias históricas siguen estando al margen de los contenidos principales, sin mención

a las controversias o al papel de la comunidad científica en el proceso de construcción del conocimiento científico.

En esta misma línea, Abd-El-Khalick et al. (2008), analizaron la explicación de aspectos relacionados con la NdeC –su carácter empírico, inferencial, creativo, tentativo y dependiente de la teoría, así como el mito del “método científico”, la naturaleza de las teorías y leyes científicas y la dimensión social de la ciencia– en 14 libros de texto de química del nivel de enseñanza secundaria publicados en los Estados Unidos en las últimas cuatro décadas. En ninguno de los libros se tratan en su totalidad los tópicos evaluados, no obstante los resultados son más alentadores en cuanto a la presentación de la naturaleza inferencial y empírica de la ciencia así como al carácter explicativo, predictivo y bien soportado de las teorías científicas. El tratamiento de la naturaleza de las leyes y la creatividad y tentatividad de la NdeC está orientado más hacia concepciones *naïve* que hacia visiones informadas.

Uno de los resultados más interesantes para estos investigadores surge al analizar los cambios en los libros de texto con el tiempo. Fue claro que la atención hacia la NdeC no aumentó en las últimas dos décadas a pesar de las reformas en los documentos curriculares nacionales y que al contrario, en muchos casos los indicadores disminuían mostrando una contracorriente entre las intenciones y discursos de estas reformas y los contenidos de los libros de texto, que evidencia cómo los autores, así como la industria editorial de la que hacen parte, están completamente desconectados tanto de los discursos de los documentos reformistas a nivel nacional e internacional como de los cambios que se han dado en la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia desde 1960 con respecto a la manera de pensar la naturaleza de la empresa científica. Estos resultados no son coincidentes con los de Rodríguez y Niaz (2002) quienes encontraron en su análisis que los libros publicados entre 1970 y 1992 presentan algunas mejoras con respecto a la inclusión de aspectos de la HFC, comparados con los publicados entre 1929 y 1967.

Los resultados de estas investigaciones ponen claramente en evidencia gran parte de los problemas que deben ser afrontados por el enfoque de HFC, por ejemplo cómo corregir la presentación distorsionada de la historia de la ciencia en los libros de texto (Brackenridge 1989), a quién apelar ¿a los autores? ¿a las editoriales? ¿a la formación de unos profesores más críticos? a una reestructuración más profunda de la misma historia y filosofía de la ciencia (Smolicz y Nunan 1975) o ceder a los que miran con escepticismo las ventajas del enfoque y prefieren no incluirlo en los libros que llegan a

las aulas. El punto es que los libros de texto transmiten a los no científicos una imagen no deseable de la ciencia y lo que es peor llevan haciéndolo durante varias generaciones ya que desafortunadamente aún hoy gran parte de las ciencias se aprende a través de ellos (Bevilacqua y Giannetto 1998).

Este panorama parece complicarse aún más cuando aflora el viejo conflicto dicotómico entre una historia de la ciencia para los historiadores y otra para los libros de texto, una escrita por historiadores vs. otra escrita por científicos (Kindi 2005). El estudio de Heilbron y Kevles (1988) revela elementos que confirman la complejidad de este conflicto. Estos autores revisaron 4 libros de texto representativos de historia del siglo XX, buscando en su contenido los tópicos relacionados con ciencia y tecnología. El análisis mostró que en estos textos se da relevancia a los aspectos sociales y económicos antes que a la ciencia y la tecnología, aunque se reconocen las ventajas y beneficios de los avances en éstas para la salud y la calidad de vida. Los científicos e ingenieros que son mencionados carecen de personificación y no se hace mención a los propósitos de su trabajo o las instituciones vinculadas con el mismo. Ellos no figuran por sus capacidades profesionales sino por su papel como actores sociales o políticos. Puesto que esta visión de la historia carece de referencia a los procesos de la ciencia y la tecnología, éstas aparecen como respuestas caídas del cielo, superhumanas, inexplicables, irresistibles, fuera de control, con lo que la ciencia en la escuela es una ciencia ajena a la ciencia de la vida real, sin importar de qué lado se cuente su historia, desde el de las ciencias naturales o del de las ciencias sociales.

Lo preocupante de los resultados de las investigaciones antes reseñadas: presencia de relatos historiográficos altamente idealizados que transmiten una imagen tergiversada de la naturaleza de la ciencia, falta de continuidad y consistencia histórica, prevalencia de modelos epistemológicos positivistas/inductivistas, distorsión en la presentación de los descubrimientos y los experimentos para satisfacer las narrativas empiristas que se soportan en el método científico, relatos repetitivos que han excluido el error, las controversias, las mujeres y las minorías; ausencia de perspectivas histórico-epistemológicas en la presentación de leyes y teorías y la falta de actividades y fuentes primarias, entre otros, es que los libros de texto cambian muy poco, como señalan Stocklmayer y Treagust (1994) después de analizar la historia de la ciencia usada para presentar el tema de la corriente eléctrica en los libros de texto publicados entre 1891 y 1991, Níaz (2001b) al analizar libros de los últimos 30 años, o Brito et al. (2005) al evaluar 57 libros de química publicados entre 1966 y 2002. En estos estudios se concluyó que los contenidos de historia y filosofía de las ciencias siguen siendo muy similares y margina-

les a los intereses de muchos autores. Ésta es una de las muchas razones por las que los contenidos de HFC y NdeC en los libros de texto de ciencia siguen siendo temas fundamentales en la agenda de la investigación en nuestra disciplina.

4.7. RELACIONES ENTRE HFC Y NdeC

McComas et al. (1998) afirman que la naturaleza de la ciencia (NdeC, en inglés Nature of Science, NOS) es muy cercana a la HFC pero no es idéntica a ella ya que NdeC es un dominio híbrido que mezcla aspectos de diferentes estudios sociales de la ciencia incluidas la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia combinada con investigación de las ciencias cognitivas tales como la psicología (en los primeros intentos por traer la discusión de la NdeC a la didáctica de las ciencias McComas (1998) la representaba como el conjunto intersección entre estas cuatro disciplinas) con el fin de lograr una mejor descripción de la ciencia, de cómo trabaja, cómo opera como grupo social y cómo la sociedad dirige pero a la vez reacciona ante los comportamientos científicos. Para Adúriz-Bravo (2005) la vaguedad de esta definición es conveniente por varios motivos, primeramente porque no separa muy estrictamente entre las diferentes metaciencias de las cuales se nutre, y de este modo evita los conflictos que aún existen en la demarcación de los límites entre esas disciplinas académicas.

La NdeC es una línea de investigación dentro de HFC, que como línea tiene diferentes campos de investigación activos que se enfocan en el estudio de las ideas de profesores y estudiantes acerca de la naturaleza de la ciencia (Adúriz-Bravo 2001) como insumo para modelar la instrucción de los profesionales de la enseñanza para que se transmita una imagen apropiada de la ciencia a los estudiantes (Guisasola et al. 2005). Dentro de la línea NdeC hay aún varios temas en conflicto para la investigación didáctica que podemos seguir desde sus orígenes hasta los giros que ha sufrido como producto de los cambios en la historia y la filosofía de la ciencia en las últimas décadas.

Algunos investigadores insisten en rastrear su origen hasta los trabajos de Ernst Mach a finales del siglo XIX y de John Dewey a comienzos del siglo XX, en los intensos debates filosóficos acerca de la naturaleza de la ciencia misma que trascendieron también a la enseñanza de las ciencias⁸ (Bell et al. 2001). En algunos documentos curriculares estadounidenses de los años 1950s y 1960s se entendía la NdeC como el aprendizaje de los contenidos de la ciencia más el método científico o las habilidades de procedi-

.....
⁸ Recordemos que en este contexto no se está hablando de la enseñanza de las ciencias como disciplina, ya que no existía como tal.

miento. Esta concepción fue cambiando progresivamente a la de una NdeC entendida como aprender “acerca” de la ciencia –su metodología, historia, metas, qué la diferencia de los conocimientos no científicos, las interacciones con la sociedad y la cultura incluidas las orientaciones filosóficas, religiosas y éticas–, lo que se asoció a los fines del currículo de ciencias dentro del esquema de la educación liberal, humanística o cultural (Matthews 2009).

Cobern (2000) señala que a comienzos de los 1960s Joseph Schwab escribió acerca de la “estructura de la ciencia” como una disciplina independiente y promovió la inclusión curricular y las estrategias de enseñanza que reflejaran esa estructura; este tema que tanto interesó a Schwab pronto pasó a llamarse “Naturaleza de la ciencia”. En 1967 Messit Kimball publicó uno de los primeros artículos en esta área y en 1969 James Robinson presentó el primer libro sobre NdeC dedicado a educadores. Este origen estuvo fuertemente influenciado por el positivismo lógico y la tradición didáctica norteamericana, por lo que se le vincula más con la epistemología de la ciencia, con la ciencia como una manera de conocer y los valores y creencias inherentes al desarrollo del conocimiento científico; así por ejemplo, Lederman y Lederman (2005), abogan por restringir el uso del término “naturaleza de las ciencia” a las características del conocimiento científico (p.e. las consideraciones epistemológicas). Sin embargo, las concepciones acerca de la NdeC han cambiado con la influencia proveniente de otras disciplinas como la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia que han redireccionado no sólo el estatus del conocimiento científico sino también la manera en que los educadores científicos y las organizaciones de enseñanza de las ciencias la han definido, considerando también dentro de su ámbito de acción el estudio de la manera cómo se entiende la empresa científica (Abd-El-Khalick y Lederman 2000).

El trabajo de delinear NdeC no se restringe a leer el “libro de la ciencia” o seguir sus movimientos, como afirman Abd-El-Khalick y Lederman (2000) sino que se refiere más a señalar preguntas acerca de ese libro y cómo éstas se reflejan en la práctica y en la manera cómo es vista la ciencia, para lo cual debería siempre considerarse primero que los tópicos que los estudios sobre la ciencia aportan no son nuevos “hechos” sobre la ciencia sino hipótesis e ideas para reflexionar sobre ella (Kolstø 2001). Así, la NdeC es ampliamente ambigua en la medida que no se define ni como normativa, en el sentido de cómo debería ser idealmente la ciencia, ni tampoco como descriptiva, en términos de cómo es la ciencia verdaderamente en la práctica o cómo se ha probado que era en el pasado. Para Allchin (2006) esto se traduce al ámbito didáctico en la dicotomía entre si se enseña la ciencia como debiera ser o se enseña descriptivamente, mostrando

la ciencia como es o fue, desde una mirada más histórica, lo cual remite nuevamente al debate entre ciencia de filósofos o ciencia de historiadores en el que uno se puede decantar por una u otra vía, o por una tercera en la que no hay elección sino que se pueden enseñar las dos ya que privilegiar una sobre la otra sólo tergiversa la verdadera naturaleza de la ciencia.

No obstante, a pesar de la controversia, lo que se ha buscado en la investigación didáctica es llegar a acuerdos como comunidad que permitan caracterizar la actividad científica. La discusión partió con los quince “mitos sobre de la ciencia”, que según McComas (1998) resultan problemáticos por formar parte de las concepciones de los profesores de ciencias y que están comúnmente presentes en los libros de texto, las aulas de clase y las mentes de los adultos americanos. Estos mitos, según este autor, se generan por la carencia de filosofía de la ciencia en los programas de formación de profesores, por la falta de programas que provean experiencias reales en la ciencia a los profesores en formación y por la superficialidad del tratamiento de la naturaleza de la ciencia en los libros de texto que guían la enseñanza de los profesores.

La discusión acerca de estos mitos condujo a un cierto grado de consenso entre la comunidad investigadora acerca de los aspectos que podrían caracterizar la naturaleza de la ciencia (Niaz 2009), los cuales incluso aparecen como objetivos comunes para la NdeC en diferentes documentos curriculares internacionales de ciencias (McComas et al. 1998) y programas de formación de profesores (McComas 2008). No obstante algunos autores mantienen la discusión al respecto de los mismos e incluso critican su precariedad epistemológica (Adúriz-Bravo 2001), producto tal vez de su inmensa similitud con las caracterizaciones que se hacían del conocimiento científico en la década de los setenta cuando las discusiones de la “nueva” filosofía aún no se hallaban lo suficientemente decantadas⁹.

Estos llamamientos han sido continuamente advertidos. Ya Herron (1969) señalaba que NdeC era algo de lo que empezaba a hablarse asumiendo que los educadores en ciencias, conocían sobradamente lo que significaba convirtiéndose en panacea, cuando no era más que una caja de Pandora en la cual se guardaron todas esas preguntas que los profesores se formulaban mientras se les pedía que aplicaran en el aula nociones

.....
⁹ Esta afirmación se puede evidenciar con una simple comparación del listado de aspectos para caracterizar el conocimiento científico propuesto en 1974 por el Center of Unified Science Education at Ohio State University (citado por Abd-El-Khalick y Lederman 2000), con los listados de aspectos para la NdeC del artículo de Niaz (2009) o el de McComas (2008). Una crítica profunda acerca de las implicaciones didácticas de reducir la NdeC a estos listados es presentada por Clough (2005).

cuyas inquietudes quedaron para futura consideración. En 1982, Summers resaltaba las incongruencias que empezaban a aparecer con respecto a las adaptaciones que los educadores hacían de los trabajos de los “modernos filósofos de la ciencia” al entender la naturaleza de la ciencia, punto sobre el que se manifestarían también Kelly et al. (1993).

El debate parece cerrarse prematuramente ante las significantes concepciones erróneas que tanto profesores como estudiantes y población en general poseen acerca de la naturaleza de la ciencia, y la apremiante necesidad de incluirla en los cursos de ciencias y en los programas de formación inicial y permanente de docentes, esgrimiendo entre otros, argumentos democráticos, utilitaristas, culturales y morales (McComas et al. 1998), con lo que el foco se dirige a las acciones para su implementación en el aula. Chiappetta y Adams (2004) por ejemplo, organizaron la NdeC alrededor de cuatro ejes para ayudar a los profesores a comunicarla a sus estudiantes: la ciencia como cuerpo de conocimientos, la ciencia como una manera de investigar, la ciencia como una manera de pensar, y la ciencia y sus interacciones con la tecnología y la sociedad, similares a los ejes de la propuesta Science for All Americans (AAAS1990) donde se organiza en tres categorías: el mundo científico, la investigación científica, y la empresa científica.

Es en este punto, en el de la instrumentalización, donde se establece el vínculo más evidente entre la historia y la filosofía de la ciencia y la NdeC. Cada día más investigadores insisten en buscar estrategias para usar de manera efectiva la historia y la filosofía de la ciencia en la educación científica para transmitir los diferentes aspectos de la NdeC (Abd-El-Khalick y Lederman 2000, Adúriz-Bravo 2005, Lin y Chen 2002, Howe y Thoreau 2009, Irwin 2000, Kolstør 2001, McComas et al. 1998, McComas 2008, Monk y Osborne 1997, Wong et al. 2009) e incluso Abd-El-Khalick y Lederman (2000) señalan que todas las discusiones e investigaciones alrededor de la NdeC empiezan a dar frutos, tras su inclusión curricular donde generalmente se emplean elementos de la historia y la filosofía de la ciencia en la instrucción.

La historia de la ciencia es una fuente inagotable de episodios (Adúriz-Bravo 2005), que proveen un rico repertorio de ejemplos e ilustraciones disponibles para la enseñanza explícita y reflexiva de la NdeC (Howe y Thoreau 2009), de las interacciones ciencia-sociedad, con las que se tiene también la posibilidad de contextualizar y humanizar el entendimiento de estos temas (Kolstør 2008), hablar de la producción del conocimiento científico que puede mostrar la variedad de métodos con los que se trabaja en ciencia,

las dificultades asociadas al trabajo experimental y los inconvenientes para encontrar explicaciones convincentes de los fenómenos naturales (Kolstø 2001). Asimismo, sólo a través de la historia se revela que las ideas acerca de la naturaleza de la ciencia han cambiado con el tiempo (Dawkins y Glatthorn 1998) y que por ello no podemos hablar de una única naturaleza de la ciencia (Rudolph, citado por Ryder y Leach 2008).

Para Kolstø (2008) el uso potencial de narrativas de la historia de la ciencia puede proveer los medios para enseñar la NdeC a través de ilustraciones a “escala completa” de las interacciones ciencia-sociedad sin separar los aspectos procedimentales y contextuales, centrándose en la ciencia antes que en aprender acerca de las dimensiones democráticas o afectivas de la misma, con lo que los estudiantes pueden ganar una mirada más profunda de la naturaleza de la ciencia en el hacer científico, mientras que para McComas (2008) los ejemplos de la historia de la ciencia permiten clarificar los sofisticados y abstractos postulados de la NdeC, facilitando su comunicación. Para este autor, si los estudiantes no tienen la oportunidad de ligar un ejemplo histórico con al menos un principio de la NdeC, se pueden quedar escuchando esas historias de la ciencia considerándolas interesantes pero no particularmente “instructivas”. Sin embargo para Howe y Thoreau (2009), el problema radica en cómo diseñar problemas de clase que hagan que los estudiantes consideren de manera explícita y reflexiva la NdeC usando los episodios históricos, tensión que ya se había mencionado anteriormente entre lo teórico y la utilidad didáctica.

En este punto es importante remarcar algunas ideas:

1. Hay una evolución en el enfoque HFC dentro de la investigación en didáctica de las ciencias y ha ido de la mano con su incursión en el escenario del aprendizaje/enseñanza de las ciencias a nivel del aula, de los programas de formación de profesores, las directrices curriculares y los libros de texto.
2. Una línea de investigación dentro de HFC es la NdeC con una agenda específica que ha ido restringiendo su vínculo con HFC a una relación utilitaria.
3. Existen tensiones entre filósofos, historiadores, investigadores y educadores con respecto a las maneras de llevar la historia y la filosofía de las ciencias al escenario del aprendizaje/enseñanza de las ciencias.
4. Una de estas tensiones se refiere a la historia y la filosofía de las ciencias y la “necesidad” de dar preeminencia a una de dos miradas: la de una ciencia normativa basada en cómo debería ser la ciencia y la de una ciencia “real” que soportada en

las evidencias históricas permite hablar acerca de cómo es o cómo fue la práctica científica.

5. Existe una mirada reticente de parte de la didáctica de las ciencias hacia los trabajos provenientes de la sociología de las ciencias.

La relación entre HFC y NdeC empieza a ser tan tensa como la de la filosofía de la ciencia con la historia de las ciencias. La HFC pretende ser relegada por los investigadores en NdeC a "instrumento", "medio" para "enseñar" la naturaleza de la ciencia. El esquema por el cual la filosofía demarca qué es o no científico y la forma cómo se vale de los ejemplos históricos para soportar sus supuestos, es ahora replicado en el escenario del aprendizaje/enseñanza de las ciencias. Esta sobresimplificación se vale del pragmatismo que implica, en la enseñanza de las ciencias, el hecho de contar con un listado de aspectos que "reflejan" qué es el conocimiento científico y la empresa científica, listados que como se mencionó han sido ampliamente criticados (Ryan y Aikenhead 1992, Alters 1997). No obstante desconoce que no hay una sola ciencia y nuevamente la demarcación implica seleccionar de entre todas las prácticas científicas posibles una muestra "idealizada" de lo que la ciencia escolar entenderá por ciencia. Los mismos vicios que algunos investigadores han descalificado en los relatos historiográficos presentes en los libros de texto, por ejemplo, se hacen patentes hoy en las tendencias dominantes en NdeC.

La dicotomía se mantiene entonces, una ciencia demarcada y normativa o una historia que habla de la ciencia "tal como es", la preeminencia de la filosofía de la ciencia o la de la historia de la ciencia. Dos miradas que han dejado de lado la posibilidad de ir a ver qué es la ciencia a los lugares donde se hace la ciencia. Justo lo que la enseñanza de las ciencias ha mirado con recelo, el trabajo de la sociología de la ciencia.

