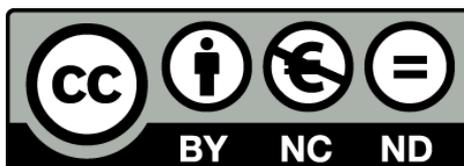


**Teoría, estructura y modelos atómicos
en los libros de texto de química
de educación secundaria.
Análisis desde la sociología de la ciencia
e implicaciones didácticas**

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

A todos mis estudiantes,
pero especialmente a los que están más lejos:
Javier, Raúl, Elmer, Danilo y Nathalie.

A Latour, por todas las horas "juntos".

Las imágenes y otros elementos extraídos de los libros de texto analizados y presentados en esta tesis, han sido utilizados sólo con fines educativos para esta investigación, considerando que los libros son objetos culturales de uso público y dado que en ningún momento se pasan a llevar los derechos de autoría. Las fuentes de extracción son transparentes y explícitas.

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo no hubiera sido posible sin la ayuda de las siguientes personas y entidades a quienes expreso mi más profunda gratitud:

A la Universidad Nacional de Colombia por haber aprobado y financiado la comisión de estudios que me permitió estar estos cuatro años en Barcelona.

A mi director, el profesor Josep Castelló, por su paciencia, su confianza en mí desde el inicio de este proceso, pero ante todo por la libertad con que me permitió llevar a cabo esta investigación.

A la profesora Marina Castells del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y la Matemática de la UB por su continuo interés en mi trabajo, sus aportes y colaboración.

Al profesor Agustín Adúriz-Bravo del Grupo de Epistemología, Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires por sus valiosos aportes en nuestros diferentes encuentros.

Al profesor Francisco Tirado del Departamento de Psicología Social de la Universidad Autónoma de Barcelona por haber orientado en un momento de incertidumbre, el curso de mi trabajo enseñándome una entrada al complejo de la sociología de las ciencias.

A Yovana Hernández y al profesor Agustín Escolano en el Centro Internacional de la Cultura Escolar en Berlanga del Duero, por su colaboración para realizar mi visita a este centro.

A Héctor Ruíz Martín, director general del Digital Text por su disposición para habilitar los accesos a los recursos del libro digital.

A Alexandro mi gran amigo, mi compañero, gracias por todos los momentos e historias compartidas.

A Nicolás por su amistad, su lealtad y cariño, por la música, por sus sueños.

A Tere y Andrés por estar a mi lado, por convertirse en mi nueva familia chilena.

A Manu por todas las horas compartidas, las virtuales y las reales, por su energía, su alegría y por darme razones para seguir cuando las necesitaba. También por conseguir todas esas fuentes bibliográficas “inalcanzables”.

A Damián por su amistad invaluable, su “dulce” compañía, su ternura y sabiduría.

A Isa por su alegría, por su “locura”, su amistad sincera, por ser mi lady Gaga.

A la Jime, Nora, Adrianita, Horacio, Leandro, Alma, Lirba, Héctor, Maribel, Krisna, Manuela, Shanny, Olivert, Ana Cristina, Fernandito, Iskra, Andrea Pérez, Marcela, José y Gema y los compañeros chilenos y mexicanos con los que compartimos tantos momentos como parte de nuestro “sueño bolivariano” en esta ciudad.

A Kratzer por estar allá del otro lado del océano esperándome durante todo este tiempo.

A Wil, Johnbi, Peci, Navarrito, Angelo, Mari, Adriana, Danielito, Sebastián, Marisol, Edi, Alicia, Claudia, Narváez y Castellanos, los amigos de Colombia que estuvieron en contacto a pesar de la distancia.

A Gloria Ferro por confiar en mí, por su amistad, por hacerme parte de sus ciudades y sus recorridos.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	13
PRIMERA PARTE. SOBRE ESTA INVESTIGACIÓN	21
CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
1.1. Justificación	23
1.2. Antecedentes	24
1.3. Supuestos generales y preguntas de investigación	26
1.4. Hipótesis	28
1.5. Objetivos de esta investigación	29
SEGUNDA PARTE. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN	31
CAPÍTULO 2. UNA MIRADA A LOS LIBROS DE TEXTO ESCOLARES	33
2.1. El libro de texto de ciencia escolar: un actor polifacético	33
2.2. El análisis de libros de texto de ciencia escolar	39
2.3. El análisis de los libros de texto de química en España	41
CAPÍTULO 3. UNA MIRADA AL ÁTOMO COMO TEMA CENTRAL DE ESTE TRABAJO	43
3.1. El átomo, otro actor polifacético	43
3.2. Historia de la presencia de los temas de teoría, estructura y modelos atómicos en el currículo oficial de ciencias en España	45
3.3. El estudio de la teoría, la estructura y los modelos atómicos en libros de texto de ciencia escolar	45
3.4. Idoneidad de los temas de teoría, estructura y modelos atómicos para los fines de esta investigación	50
CAPÍTULO 4. UNA MIRADA AL ENFOQUE: APORTES DE LA HISTORIA Y FILOSOFÍA A LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, HFC	53
4.1. Historia del enfoque HFC	54
4.2. Problemas y retos del enfoque HFC	58
4.3. El enfoque HFC en el aula	70
4.4. El enfoque HFC y la formación de profesores de ciencias	74
4.5. El enfoque HFC en los documentos curriculares	77
4.6. El enfoque HFC en los libros de texto	80
4.7. Relaciones entre HFC y NdeC	88

CAPÍTULO 5. UNA MIRADA A LA SOCIOLOGÍA DE LAS CIENCIAS	95
5.1. La sociología del conocimiento científico (SCC)	98
5.1.1. El programa fuerte	100
5.1.2. La mirada a las controversias	101
5.1.3. La corriente etnometodológica	103
5.1.4. Bruno Latour: de los estudios de la ciencia a la teoría del actor-red	105
5.2. Las relaciones entre las miradas histórica, filosófica y sociológica de las ciencias	109
5.3. Las relaciones entre las miradas histórica, filosófica y sociológica de las ciencias y la enseñanza de las ciencias	111
 TERCERA PARTE. COMPONENTE METODOLÓGICO DE ESTA INVESTIGACIÓN	 115
CAPÍTULO 6. METODOLOGÍA	117
6.1. Antecedentes metodológicos	117
6.2. Una metodología para “rastrear” la actividad científica en los libros de texto de ciencia escolar	120
6.2.1. Primera consideración: el “observador”	121
6.2.2. Segunda consideración: lo “observado”	121
6.2.3. Tercera consideración: el “método”	122
6.3. Procedimiento para el análisis de los libros de texto	127
6.4. La muestra	132
6.4.1. Sobre los criterios de selección de los libros analizados	132
6.4.2. Centros de muestreo	135
6.4.3. Los libros seleccionados	136
 CUARTA PARTE. RESULTADOS Y ASPECTOS QUE SE PUEDEN DISCUTIR DE ESTA INVESTIGACIÓN	 141
CAPÍTULO 7. RESULTADOS	143
7.1. Análisis de las redes	143
7.1.1. Distribución de los nodos	144
7.1.2. Análisis macro de las redes	149
7.1.3. Análisis micro de las redes	151
7.2. Sobre la ciencia y la práctica científica	162
7.2.1. La idea de progreso y el relato historiográfico	167
7.2.2. El papel de las teorías, las hipótesis y las leyes, de los experimentos, y cómo se relacionan	169
7.2.3. Inductivismo, positivismo y método científico	172
7.2.4. La práctica científica	175
7.2.5. La ciencia tentativa	178
7.2.6. La verdad, la realidad y los instrumentos	179

7.2.7. El papel de los modelos	181
7.2.8. El papel de los humanos	183
7.3. Sobre la dimensión temporal	190
7.4. Análisis de las imágenes contenidas en los libros de texto	193
7.5. Cuatro casos particulares en el análisis de los libros de texto	220
7.5.1. Los tratados elementales de física y química de Victoriano Ascarza (libros 13A y 13B)	221
7.5.2. El papel de las biografías en los libros de texto (Libros 11, 40 y 49)	223
7.5.3. El interés explícito por la historia de la ciencia en los libros de texto (Libros 33, 49, 51 y 54)	228
7.5.4. Los contenidos de HFC en la era del libro digital	232
CAPÍTULO 8. DISCUSIÓN GENERAL DE LOS RESULTADOS	235
8.1. Los resultados desde una perspectiva curricular	236
8.2. Los resultados desde una perspectiva sociológica de las ciencias	241
8.3. Los resultados desde una perspectiva didáctica, desde HFC y NdeC	242
8.4. Los resultados desde una perspectiva metodológica	245
CAPÍTULO 9. LOS RESULTADOS A TRAVÉS DE LAS PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	251
9.1. Pregunta 1. ¿Se puede aportar a la investigación en HFC y al análisis de los libros de texto de ciencias desde una mirada que considera un marco tanto teórico como metodológico basado en investigaciones de la sociología de las ciencias?	251
9.2. Pregunta 2. ¿Se pueden proponer, a partir de los resultados de ese análisis, algunas reflexiones y acciones con respecto a los contenidos y las relaciones que se presentan en los libros de texto escolares de ciencias acerca de cómo se construye el conocimiento científico y cómo trabaja la ciencia?	253
QUINTA PARTE. CONCLUSIONES	257
CAPÍTULO 10. IMPLICACIONES, CONCLUSIONES, ALCANCES Y PERSPECTIVAS	259
10.1. Implicaciones didácticas	259
10.2. Conclusiones	267
10.2.1. Sobre las relaciones HFC- NdeC y sociología de las ciencias	267
10.2.2. Sobre la evaluación de los libros de texto y la metodología desarrollada	268
10.2.3. Sobre los contenidos que hablan sobre la ciencia en los libros de texto	269
10.2.3.1. Sobre la imagen de ciencia: actores invisibles y actores idealizados	270
10.2.3.2. Sobre los científicos	271

10.2.4. Sobre los libros de texto	272
10.2.5. Sobre los profesores que usan los libros	273
10.3. Alcances y perspectivas	274
 SEXTA PARTE. FUENTES DE INFORMACIÓN	275
 CAPÍTULO 11. BIBLIOGRAFÍA	277
11.1. Libros y artículos	277
11.2. Libros de texto	310
11.3. Normativas	314
 ANEXOS	317
Anexo 1. Formato para recolección de datos	319
Anexo 2. Identificación de los libros analizados	323
Anexo 3. Un ejemplo detallado del análisis de redes	328
Anexo 4. Redes de los libros analizados	335
 ÍNDICE DE FIGURAS	
Figura 1. Elementos que constituyen el marco conceptual del análisis de redes en los libros de texto	124
Figura 2. Perfil de cambio en la participación de los humanos en los libros de texto en función del tiempo	149
Figura 3. Cambios en los ejes del relato del libro de texto en función del tiempo	162
Figura 4. El papel de las leyes y teorías en los libros de texto	171
Figura 5. El papel de los experimentos en los libros de texto	172
Figura 6. Tres escenarios desconectados coexisten en los libros de texto	177
Figura 7. El relato del progreso en los libros de texto	179
Figura 8. El papel de los modelos en los libros de texto	181
Figura 9. Relaciones entre los elementos que dan cuenta de las creencias acerca de la naturaleza de la ciencia en los libros de texto analizados	182
Figura 10. El papel de los científicos en los libros de texto	183
Figura 11. Los laboratorios en las imágenes de los libros de texto	197
Figura 12. Los instrumentos en las imágenes de los libros de texto	198
Figura 13. Los experimentos en las imágenes de los libros de texto	199
Figura 14. Diferentes imágenes de la división de un haz radiactivo en rayos alfa, beta y gamma en los libros de texto	200
Figura 15. Diferentes imágenes para representar las experiencias con tubos de rayos catódicos que condujeron al descubrimiento del electrón	201
Figura 16. El experimento de Rutherford en los libros de texto	202
Figura 17. Las explicaciones del experimento de Rutherford en los libros de texto	203

Figura 18. Fotogramas de dos imágenes de las simulaciones de Digital text® sobre el experimento de la descomposición de la fuente radiactiva y el experimento de Rutherford	204
Figura 19. Las imágenes como soporte de explicaciones de conceptos teóricos en los libros de texto	205
Figura 20. Las imágenes como soporte para mostrar en qué consiste la actividad científica	208
Figura 21. Algunas imágenes que reflejan las posturas epistemológicas en los libros de texto	209
Figura 22. Las imágenes de los científicos en los libros de texto	211
Figura 23. Algunas de las ilustraciones de científicos en el digital text®	213
Figura 24. Algunas de las ilustraciones para representar átomos y moléculas en los libros de texto	215
Figura 25. Presentación de la sucesión de modelos atómicos en los libros de texto	216
Figura 26. Algunas analogías para ilustrar los modelos atómicos en los libros de texto	217
Figura 27. Redes de los tratados elementales de química y física de Victoriano Ascarza	222
Figura 28. Ejemplo de una biografía en el libro 49	224
Figura 29. Redes de las dos ediciones de Física y Química. Positrón. BUP 2o. curso	225
Figura 30. Ejemplo de una biografía en el libro 11	226
Figura 31. Red de la circulación de la ciencia en el libro Ciencias Físico-Químicas de A. Mingarro (1935)	226
Figura 32. Redes 33, 49, 51 y 54 pertenecientes a libros en los que se explicita un interés por la historia de la ciencia	229
Figura 33. Red que representa la actividad científica en el digital text®	233

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Asignación de los bloques de muestreo para la selección de los libros de texto	135
Tabla 2. Libros analizados agrupados en los diferentes bloques de muestreo	138
Tabla 3. Distribución porcentual de los nodos por categorías para cada libro de texto	145
Tabla 4. Número y representación porcentual con respecto al total de nodos de los "pendant edges"	151
Tabla 5. Rango y atributo de los cinco nodos más conectados dentro de cada una de las redes	153

Tabla 6. Los actores más importantes y los humanos más relevantes en las redes	157
Tabla 7. Los actores más importantes a través del tiempo	160
Tabla 8. Consolidado de la información sobre creencias epistemológicas y naturaleza de la ciencia explícitas en el libro de texto	163
Tabla 9. Resultados generales de la información que se presenta para los humanos en los libros de texto	185
Tabla 10. Detalle de algunas relaciones de los nodos humanos: "pendant edges" y conexiones humano-humano	189
Tabla 11. Información referente a las imágenes en los libros de texto	194
Tabla 12. Menciones explícitas al interés por la historia de la ciencia en algunos libros de texto	232
Tabla 13. Síntesis de los resultados más importantes en los cuatro análisis: redes, aspectos de la ciencia, dimensión temporal e imágenes	247

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Variación del promedio del rango de las redes en función del año de publicación de los libros de texto	150
Gráfica 2. Distribución porcentual de las acciones realizadas por los humanos en el libro de texto	184
Gráfica 3. Distribución de la información adicional acerca de las actividades de los humanos en el libro de texto	188
Gráfica 4. Número de menciones al pasado histórico en función del año de publicación	191
Gráfica 5. Temas a los que se refieren las menciones al pasado histórico en función del año de publicación	192
Gráfica 6. Número de humanos y número de imágenes en función del tiempo	212

INTRODUCCIÓN

Uno de los temas más importantes en la investigación en didáctica de las ciencias actualmente es el debate acerca de los objetivos que se debe proponer la educación científica, el cual pone frente a frente a la competencia científica y la alfabetización científica, es decir, el conocimiento acerca de la disciplina de la ciencia vs. el conocimiento acerca de la cultura y la naturaleza de la ciencia (Matthews 2000). En este debate juega un papel importante como mediador el enfoque de Historia y Filosofía de la Ciencia (HFC), ya que una aproximación histórica al conocimiento disciplinar científico en la escuela puede ayudar a formar la imagen de que la ciencia es el producto de una construcción social e individual. En este sentido los contenidos históricos en los libros de texto (LT) pueden llegar a jugar un papel muy importante si se diseñan para transmitir una idea más real acerca de cómo trabaja la ciencia.

Cuatro hechos pueden ser considerados fundamentales con el fin de entender la importancia de los contenidos históricos en los libros de texto de ciencias; 1) Los profesores son altamente dependientes de los libros de texto para enseñar la historia de las ciencias (McComas et al. 1998, Stinner 1992, Wang y Schmidt 2001), lo cual se puede explicar dado que reciben una deficiente formación formal en este sentido en su preparación para convertirse en profesores (Leite 2002); 2) El tipo de material histórico usado es el que determina la imagen de ciencia, de científico y de práctica científica que se enseña a los estudiantes con lo que cada historia de la ciencia está enseñando algo acerca de la naturaleza de la ciencia (Allchin 2004); 3) Los escritores de los libros de texto no han sido persuadidos acerca de la importancia de la historia de la ciencia (Heilbron 2002); y finalmente 4) Los contenidos de los libros de texto obedecen las exigentes demandas del mercado, caracterizadas por la omisión de esos aspectos “decorativos” (Chang 1999).

A la par con este panorama hay un conjunto de condiciones que han mostrado cómo los contenidos históricos en sí pueden resultar inadecuados desde el punto de vista de la ciencia que presentan, la historia que relatan y la visión acerca de la NdeC que reflejan (Heering 2009). Así, diferentes investigadores han mostrado cómo los contenidos

históricos de los libros de textos de ciencias se caracterizan por seguir los esquemas de las historiografías “whig” e internalista; presentar imágenes estereotipadas de los científicos, presentar reconstrucciones históricas armadas en retrospectiva para satisfacer los cánones del positivismo; y una insistencia en incluir las mismas historias oficiales de siempre, las de Lavoisier, Newton y Dalton, aquellas de la historia de la ciencia escolar del siglo XIX (Kolstør 2008), entre otros.

El continuo conflicto entre una enseñanza de las ciencias que se debate entre la formación disciplinar y la alfabetización científica, así como los hechos que señalan los defectos de la historia de la ciencia presente en los libros de texto, trazan un escenario en el que los investigadores en enseñanza de la ciencia se formulan diferentes preguntas orientadas en todos los casos a defender una posición que aboga por la importancia de la historia de la ciencia frente a otra que la mira con escepticismo y que preferirían que no estuviera presente en las clases de ciencias: Cómo se pueden corregir estas presentaciones distorsionadas de la historia de la ciencia en los LT? (Brackenridge 1989) ¿A quién se debería apelar? ¿A los autores, las editoriales, la formación de profesores más críticos o a una reconstrucción más profunda de la historia y la filosofía de la ciencia? (Smolicz y Nunan 1975) ¿Cómo hacer que la historia de la ciencia en la escuela sea el producto de un trabajo interdisciplinario en el cual participen científicos, filósofos, educadores e historiadores a la vez que sirve a las necesidades de la educación científica? (Heilbron 2002, Kubli 2001) ¿Cómo resolver la tensión entre la verdad histórica y la utilidad didáctica? (Kragh 1992).

Las diferentes investigaciones en enseñanza de las ciencias que han afrontado estos problemas desde el enfoque de Historia y Filosofía de la Ciencia (HFC) y la línea de investigación en Naturaleza de la Ciencia (NdeC), han priorizado en las perspectivas filosófica e histórica a la hora de analizar los contenidos de HFC en libros de texto. Este sesgo ha dejado de lado la perspectiva sociológica con lo que se introduce un problema adicional ante el hecho inminente que refleja el panorama actual de las ciencias sociales donde los límites entre la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia son cada vez menos rígidos (Bloor 1998). Es por esto que es necesario que se contemple la posibilidad de incluir más decididamente en la investigación en didáctica de las ciencias ciertas ideas que desde la sociología de la ciencia han ayudado a entender la complejidad de la actividad científica, ya que éstas pueden resultar útiles para tender los lazos que vinculen a la ciencia de los científicos con la problemática educativa asumida por HFC y NdeC.

En este trabajo, estructurado en seis partes, se aporta al análisis de los contenidos relacionados con la manera cómo se presenta la ciencia en los libros de texto escolares desde una perspectiva sociológica de las ciencias. En esta tesis se desarrolla y aplica una metodología en la que se emplean elementos del trabajo del sociólogo de la ciencia Bruno Latour para analizar una muestra de libros de texto escolares de química de educación secundaria publicados en territorio español desde 1845 hasta 2010.

En la primera parte, compuesta de un sólo capítulo, se presenta el planteamiento del problema de investigación: la justificación, los antecedentes, los supuestos generales y preguntas de investigación, la hipótesis y los objetivos.

En la segunda parte se presentan las bases teóricas que sustentan este trabajo. Se ha organizado en cuatro capítulos correspondientes a las cuatro fuentes de interés que sostienen la investigación: El enfoque de HFC y su línea de investigación en NdeC, la sociología de las ciencias, los libros de texto y las investigaciones en didáctica de las ciencias referentes al tema central de esta tesis: teoría, estructura y modelos atómicos.

El capítulo segundo, que inicia la segunda parte, busca ahondar acerca de la importancia de los libros de texto en la enseñanza de las ciencias, así como la necesidad de entenderlos como actores polifacéticos que tienen varias maneras de relacionarse con la ciencia escolar y con la actividad científica, y que les constituyen en uno de los temas más relevantes en la investigación en didáctica de las ciencias a nivel internacional. La revisión permitió establecer la continua exploración que de los libros de texto se hace desde diferentes marcos conceptuales y metodológicos, predominantemente el análisis de contenido y el interés continuo por compararlos con los estándares.

El capítulo tercero revisa cómo desde la manera de ver a los no-humanos planteada por Latour en los estudios sobre la ciencia, podemos entender al átomo como un actor con una extensa y compleja historia en el desarrollo de la química pero también como contenido curricular en los programas de educación secundaria en España y como objeto de estudio en diversas investigaciones en didáctica de las ciencias.

El capítulo cuarto intenta mostrar la evolución histórica para el enfoque HFC, enfatizando cómo su avance ha implicado una complejización que ha ido reflejando inconsecuencias, retos por superar y preguntas por responder en la medida que éstos han sido sobresimplificados y cajanegrizados en un enfoque cada vez más instrumental. Desde lo histórico estos desafíos y asuntos por resolver están muy relacionados con problemas propios de la historiografía de la ciencia ligados a la necesidad de entender que la historia de las ciencias que llegue a la escuela debe tener un cierto grado de ade-

cuación didáctica que sirva a las necesidades de la enseñanza de las ciencias. Desde lo filosófico los puntos más conflictivos tienen que ver con la inclusión explícita o implícita de la filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias y la prioridad que se ha conferido a los aspectos epistemológicos; finalmente la sociología de las ciencias parece en sí misma un problema por cuanto la hegemonía de lo epistemológico y de algunas distinciones dicotómicas entre lo interno/externo de la ciencia, lo racional/emocional, lo científico/no científico entre otras, han hecho que sea puesta en contraposición a lo normativo de la ciencia y se le haya visto con recelo por muchos investigadores en la enseñanza de la ciencia que han llegado incluso a sugerir que debe estar ausente del escenario de las aulas.

En el capítulo quinto se establece un panorama histórico de la sociología de las ciencias como disciplina en el que se identifican las transformaciones desde sus orígenes al margen de las ciencias hasta las posiciones socioconstructivistas. Se revisan algunas escuelas y programas de investigación relevantes en la sociología de finales del siglo XX, especialmente los trabajos del filósofo y sociólogo francés Bruno Latour y las imbricadas relaciones entre la sociología, la historia y la filosofía de las ciencias después del giro sociológico que permitieron establecer cómo la ciencia escolar se ha decantado por una orientación epistemológica que es la base para la reconstrucción de un pasado histórico de cariz positivista, mientras que la sociología de la ciencia ha sido apenas considerada. Se plantea, no obstante, que ésta última, a través de las investigaciones empíricas que realiza puede aportar a la discusión de la didáctica de las ciencias desde el reconocimiento del papel que ha jugado la dicotomía entre lo interno/externo de la ciencia, la necesidad de redirigir la mirada a la práctica científica, la importancia de un enfoque y una reflexión crítica acerca del pasado de la ciencia y el lugar que deben ocupar en el relato de la ciencia escolar los científicos y el epicentro de la ciencia, los laboratorios.

En cada uno de estos cuatro capítulos se ha intentado seguir un enfoque historicista en el que lo relevante es mostrar las diferentes transformaciones y la evolución de los cuatro tópicos mencionados, con el fin de ubicar al lector en un escenario en el que se sustenta cómo la sociología de las ciencias ha sido excluida de la investigación en didáctica de las ciencias, pero en el que a la vez se señalan las condiciones que posibilitan aportes desde la sociología, tanto desde lo teórico como desde lo metodológico, para el análisis de cómo se construye el conocimiento científico en los libros de texto escolares de ciencias y cómo esas aportaciones pueden inscribirse dentro del enfoque HFC.

En la parte tercera, constituida por el capítulo sexto, se discuten los puntos alrededor de los que se construyó el marco metodológico. Se presentan las consideraciones para delimitar las decisiones con respecto al observador, lo observado y el método. La metodología de carácter ampliamente cualitativo y descriptivo apuesta a la complejización, entendida como la posibilidad de combinar el análisis de algunos aspectos que dan cuenta de la ciencia y la práctica científica desde lo epistemológico, la evaluación de los eventos temporales del pasado y una revisión de las imágenes, que se ponen en común con el método propuesto en este trabajo, en el que los elementos del modelo de la circulación de la ciencia, los humanos y los no-humanos reflejan la presencia de redes dentro de los libros de texto que muestran la manera cómo circula la ciencia. En el método desarrollado se entienden los diferentes actores que participan para describir cómo se mueve la ciencia desde su epicentro hasta la esfera de lo público, a manera de nodos que pueden estar conectados en mayor o menor grado dependiendo de la manera como los autores de los libros de texto entienden y reflejan qué son la ciencia y el trabajo científico. En este capítulo también se detalla el proceso de selección de la muestra analizada.

La cuarta parte compuesta por los capítulos siete, ocho y nueve presenta los resultados de la investigación y su discusión. El capítulo siete está organizado a través de tres perspectivas: una que desde el modelo de circulación de la ciencia permite evidenciar cómo se habla de la ciencia, de los científicos y la práctica científica en los libros de texto. Otra que da cuenta de las creencias epistemológicas de los autores de los libros con respecto a diferentes aspectos de la ciencia y la práctica científica, y otra en la que se analizan las referencias temporales como indicio de la importancia de la contextualización histórica de los contenidos analizados. Adicionalmente se presentan los resultados del análisis de las imágenes contenidas en los libros de texto.

En el capítulo ocho los resultados se analizan alrededor de cuatro ejes: uno curricular, uno sociológico, uno didáctico que considera el enfoque HFC y su línea de investigación en NdeC y otro metodológico. En el capítulo nueve los resultados se articulan en torno a las preguntas de investigación mostrando los aportes de esta tesis a la investigación en didáctica de las ciencias que se realiza desde el enfoque HFC y desde su línea de investigación en NdeC, así como a la investigación en didáctica de las ciencias dirigida al análisis de libros de texto.

En la quinta parte se reúnen las conclusiones, las innovaciones y alcances, así como las perspectivas que se derivan de este trabajo de investigación y en la sexta parte apa-

recen las fuentes de información que fueron consultadas en la realización de esta tesis.

Finalmente es importante destacar la importancia que tuvo en el proceso de realización de este trabajo la posibilidad de presentar, consideraciones, resultados y discusiones parciales en diferentes eventos, que se citan a continuación:

Farías, D. M. y Castelló, J. (2011a) Reading the history of science in science school textbooks from a sociological perspective. En: Seroglou, F., Koulountzos, V. y Siatras, A. (eds) Science & Culture: Promise, challenge and demand: proceedings del 11th International IHPST and 6th greek history, philosophy and science teaching joint conference. ISBN 978-960-458-325-6. Epikentro publications: Thessaloniki. pp, 224-230.

Farías, D. M. y Castelló, J. (2011b) What do science textbooks have to say about how science works? International Workshop on Science Teaching and History & Philosophy of Science: Science Studies and Science Education. How science works and how to teach it workshop. Aarhus University

Farías, D. y Castelló, J. (2011c). Leyendo la historia de las ciencias en los libros de texto escolares de ciencias desde una perspectiva sociológica. IV Jornades sobre l'Ensenyament de la Física i la Química/ I Trobada d'Educació Química. Societat Catalana de Química. Barcelona.

Farías, D. M., Castells, M. y Castelló, J. (2010) How to read the history of science in science school textbooks: Theoretical and methodological considerations inspired in Bruno Latour's ideas about non-humans and networks. En: 4th international conference of the european society for the history of science: The circulation of science and technology.

Farías, D. M., Molina, M. F. y Carriazo, J. G. (2010) A Sociology of science for science teachers: Bruno Latour and Studies on Science. En: Proceedings of XIV IOSTE 2010 International Organization for Science and Technology Education. ISBN 9789619288207. Institute for Innovation and Development, University of Ljubljana, Slovenia. 9 pág.

Farías, D. M. (2010) La cajanegrización de los contenidos de historia y filosofía de la ciencia en los libros de texto de ciencias. II Escola de Primavera para joves investigadores en Didáctica de las matemáticas y las ciencias de Cataluña de la red REMIC y I Jornades doctorales del Departamento de Didáctica de la Matemática y las ciencias experimentales de la Universidad Autónoma de Barcelona.

Farías, D. (2010). Algunas consideraciones sobre el análisis de la historia y la filosofía

de las ciencias en los libros de texto. X Encuentro de estudiantes de Didáctica de las ciencias experimentales y la matemática. Universidad Autónoma de Barcelona.

Escudero, A. y Farías, D. (2009). La didáctica de las ciencias en la posmodernidad. Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 17-20.

PRIMERA PARTE
SOBRE ESTA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. JUSTIFICACIÓN

Los libros de texto han sido reconocidos por décadas como la herramienta de instrucción dominante en la enseñanza de las ciencias, siendo los que en miles de aulas determinan el contenido de las clases así como los procedimientos de enseñanza. Este hecho fue soportado en el Third International Mathematics and Science Study (TIMSS), donde se mostró que los profesores alrededor del mundo emplean los libros de texto para guiar la instrucción en ciencias en la escuela y cerca del 50% de su enseñanza semanal está basada en ellos (Wang 1998b). En el mundo de habla inglesa, la enseñanza de las ciencias en general y de la física en particular se centra en el libro de texto, y los profesores de ciencias que han sido formados en esa enseñanza han aprendido a confiar en ellos (Stinner 1992), por lo que su influencia es significativa en las decisiones de su quehacer docente y sus relaciones con los contenidos y sus pupilos (Lebrun et al. 2002).

Dada la relevancia de los libros de texto, es apenas lógico suponer que determinan en gran parte también los contenidos y las ideas acerca de qué es la ciencia y cómo trabajan los científicos (Allchin 2004) por lo que desde la didáctica de las ciencias se convierten en objeto de estudio idóneo para entender qué tipo de imagen de ciencia llega a la escuela.

De otra parte, las investigaciones en HFC y su línea de investigación en NdeC han dado prioridad a enfoques basados en la historia y la epistemología de la ciencia, descuidando los importantes aportes que la sociología de la ciencia viene realizando para entender desde una perspectiva socioconstructivista qué significa la ciencia, siguiendo de cerca los procesos de su construcción en vez de sus productos terminados, con lo que la sociológica de la ciencia contemporánea podría aportar a HFC la posibilidad de entender el conocimiento científico, cómo trabaja la ciencia, y quienes son los científicos desde nuevas perspectivas.

Estas son las razones que soportan la necesidad de otra investigación en didáctica de las ciencias dedicada al estudio y análisis de libros de texto escolares, así como la necesidad de incluir la sociología de las ciencias con el fin de aportar nuevos referentes y nuevas miradas a un problema complejo que debe ser abordado desde múltiples perspectivas.

1.2. ANTECEDENTES

Me interesé por el enfoque de aportaciones de la historia y la filosofía de la ciencia a la didáctica de la ciencia, HFC, en la clase de Fundamentación teórica del modelo constructivista en Didáctica de las Ciencias Experimentales, del profesor Josep Castelló, director de esta tesis. Para el trabajo final de esta asignatura llevé a cabo una revisión exhaustiva acerca de los escenarios en los que se han enmarcado las diferentes investigaciones en este enfoque. Dos hechos llamaron profundamente mi atención. Primero, la desventaja en la que se encontraba la investigación de la HFC con respecto a otros enfoques más prácticos en didáctica de la ciencia (Schulz 2009), en el que incluso era posible encontrar una mirada aún sospechosa acerca de la efectividad en el aula de la inclusión de los aspectos histórico-epistemológicos, marcada por el afán de los investigadores en el área por “demostrar” que la reflexión histórica ha hecho parte de la enseñanza de las ciencias desde finales del s. XIX y por interminables listas de las ventajas de incluirla en las clases de ciencias. Lo anterior sugería que existe una primera dicotomía entre lo “experimental” y lo “teórico” en la enseñanza de las ciencias. En segundo lugar, fue importante evidenciar cómo esa misma tensión se reproducía dentro de la misma investigación en HFC, donde los aspectos epistemológicos eran los más tratados mientras que se supeditaban a los aspectos históricos como “herramientas” que podían soportar ese discurso filosófico¹.

Por otro lado, dado que ya me había empezado a interesar en algunos autores de la sociología de la ciencia como Bruno Latour, David Bloor y Karin Knorr-Cetina pude suponer en primera instancia un distanciamiento casi total de HFC de las investigaciones en sociología de las ciencias, con lo que el escenario dicotómico ponía ahora de

¹ Esta tensión se extiende ahora a la línea de investigación de Naturaleza de la Ciencia, que pretende usar las investigaciones en HFC como herramientas para explicitar en el aula los elementos acerca de la naturaleza de la ciencia (Abd-El-Khalick 2011), a pesar de que se originó como línea de investigación dentro de la misma HFC, pero al centrarse su investigación en asuntos puramente epistemológicos se halla en tensión con las “aplicaciones” puramente históricas. Esta relación de superioridad/dependencia entre la filosofía y la historia se debe ampliamente a Lakatos.

un lado a esas disciplinas que sí eran aptas para llegar al aula; la historia y la filosofía de las ciencias, y del otro a la tercera excluida, la sociología de las ciencias. Este hecho inspiró la idea inicial de este trabajo, la posibilidad de llevar a cabo una investigación en didáctica de las ciencias que contara con un marco teórico, ¿y por qué no? también metodológico que se basara en el trabajo de alguno de estos investigadores de las ciencias sociales dedicados a la sociología de la ciencia. Definitivamente, el elegido debería ser Latour, quien había logrado cautivarme con sus historias sobre Pasteur, sus microbios, los neutrones, etc., y hacerme pensar en otras maneras de ver la ciencia, totalmente ajenas a lo que caracteriza la imagen acerca de la investigación científica y la ciencia en el ámbito escolar.

El siguiente paso fue ubicar en cuál de los ámbitos de la investigación didáctica me iba a enfocar: currículo, aula, estudiantes, maestros, decidiendo finalmente trabajar con libros de texto, que como se mencionó en la justificación han sido reconocidos por décadas como la herramienta de instrucción dominante en la enseñanza de las ciencias. Una motivación de índole más personal se unía a todos estos argumentos. Durante mis años como estudiante, tanto en la secundaria como también en la universidad, mis profesores seguían fielmente el libro de texto. Y ya siendo profesora consideraba apasionantes las aireadas discusiones en el Departamento de Química al que pertenezco, acerca de porqué debíamos exigir o no a nuestros estudiantes un único libro de texto y qué tanto debíamos ajustarnos a sus contenidos. Una discusión que los estudiantes jamás se imaginan que sucede cuando el profesor la primera semana de clases simplemente les “presenta” el libro que se usará durante todo el curso. Así, el libro de texto, con toda esa carga de relevancia en el proceso de enseñanza de las ciencias, se amoldaba perfectamente a lo que necesitaba, un actor, un protagonista que podría “decir” muchas cosas después de que tuviera claro qué era lo que quería preguntarle.

Para aclarar este punto, decidí trabajar en la investigación final del Máster con libros de texto universitarios de primer año empleados en los cursos de química en la Universidad de Barcelona. En cinco libros analicé algunos aspectos relacionados con HFC desde cuatro enfoques metodológicos distintos; dos de los cuales están dirigidos específicamente al análisis del tema de estructura atómica (Niaz 1998, Justi y Gilbert 2000), uno más general que se centra en el análisis de los aspectos históricos (Leite 2002) y el modelo de la función retórica que ha sido propuesto para el análisis de las narrativas experimentales en libros de texto de ciencias (Izquierdo 2005).

Este trabajo, con un enfoque claramente exploratorio, me permitió formular las primeras ideas e hipótesis de la presente investigación al reconocer que un marco metodológico, sin importar su origen, puede aportar nuevos elementos al conocimiento y discusión sobre los libros de texto. A partir de lo anterior, parecía que sin importar si la sociología de la ciencia era o no validada como un campo disciplinar importante en la didáctica de la ciencia, yo la iba a emplear para construir el marco metodológico con el que analizaría los libros de texto, ya no universitarios sino ahora del ámbito escolar. En el trabajo del Máster había analizado los contenidos de HFC en los capítulos de teoría atómica, estructura atómica y modelos atómicos y ya que tienen un amplio despliegue de referencias al pasado de la ciencia, ese tratamiento histórico de la evolución desde la teoría atómica hasta los modelos atómicos podría ser propicio para establecer las posibles relaciones entre la mirada sociológica y la investigación en HFC, por lo que decidí continuar trabajando con ellos.

Como mencionaba anteriormente, en las investigaciones en HFC se ha dado prioridad al papel que desempeñan la historia y la filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias, mientras que las investigaciones en Naturaleza de la Ciencia, se restringen a analizar con una mirada puramente epistemológica –y soportada en algunos casos en la historia– cómo los aspectos que pueden definir la naturaleza de la ciencia están presentes en su enseñanza. De otro lado, la investigación en sociología de las ciencias en los últimos treinta años se ha dedicado, especialmente desde la sociología del conocimiento científico, a seguir los procesos de construcción de la ciencia en vez de sus productos terminados, con lo que la mirada sociológica podría aportar a HFC la posibilidad de mostrar cómo se construye el conocimiento científico, cómo trabaja la ciencia, en este caso en los libros de texto.

Así estaban listos todos los elementos para formular la tesis de esta investigación:

La sociología de las ciencias puede aportar elementos teóricos y metodológicos para el análisis del conocimiento científico en los libros de texto escolares de ciencias, y estos elementos se pueden inscribir en el enfoque HFC.

1.3. SUPUESTOS GENERALES Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Basado en los referentes anteriormente expuestos, este trabajo se fundamenta en los siguientes supuestos generales:

¿Se puede contribuir a la investigación en HFC y al análisis de los libros de texto de ciencias desde una mirada que considera un marco tanto teórico como metodológico

basado en investigaciones de la sociología de las ciencias?

¿Se pueden proponer, a partir de los resultados de ese análisis, algunas reflexiones y acciones con respecto a los contenidos y las relaciones que se presentan en los libros de texto escolares de ciencias acerca de cómo se construye el conocimiento científico y cómo trabaja la ciencia?

Responder estas dos preguntas de investigación supone establecer diferentes direcciones en la investigación que se pueden estructurar así:

a. Acerca de la HFC y la NdeC

¿La naturaleza de la ciencia (NdeC), entendida como la descripción de la ciencia a partir de la intersección entre la historia, la filosofía, la sociología y la psicología de la ciencia (McComas y Olson 1998), refleja verdaderamente la relación entre estas disciplinas al intentar explicar el conocimiento científico en la didáctica de las ciencias? ¿Predominan algunas de estas miradas disciplinares en la enseñanza de las ciencias en los libros de texto de ciencia escolar, en los planteamientos curriculares, en las investigaciones? ¿Se pueden tender relaciones entre HFC y NdeC, dos enfoques investigativos consolidadas en la didáctica de las ciencias, y la mirada sociológica que preocupa en este trabajo?

b. Acerca de la sociología de la ciencia

La sociología de la ciencia ha sido vista con recelo desde la ciencia, y también desde la didáctica de las ciencias. Esta percepción de sospecha hacia todo lo que suene “sociológico” tiene un origen que puede ser explicado en la evolución misma de la sociología de las ciencias como disciplina ¿cuál ha sido la relación de la sociología de las ciencias como disciplina y la didáctica de las ciencias? ¿Podrían algunas ideas de la sociología de las ciencias ser consideradas como valiosas por la didáctica de las ciencias?

c. Acerca de cómo se evalúan los contenidos de HFC y NdeC en los libros de texto de ciencia escolar

Los libros de texto han sido objeto de estudio desde las investigaciones que se centran en la HFC y NdeC, el análisis de los mismos refleja varias posturas históricas y epistemológicas ¿a qué aspectos acerca de la historia, la filosofía, la naturaleza y la sociología de las ciencias dan relevancia estos trabajos y por qué? ¿Se puede pensar en un marco metodológico basado en investigaciones en sociología de las ciencias, y en otras ideas propias de la investigación en ciencias sociales en los últimos años,

que permita ahora analizar cómo se construye la ciencia en los libros de texto escolares de ciencias?, ¿es posible aplicar el modelo de análisis en un caso específico dentro de la enseñanza de las ciencias?

d. Acerca de cómo se construye el conocimiento científico y cómo trabaja la ciencia

Las ideas de Kuhn en la estructura de las revoluciones científicas abrieron la posibilidad de considerar la ciencia como el resultado de un proceso de construcción en el que el contexto y la comunidad científica juegan un papel relevante. Estos preceptos motivaron a los sociólogos a reconocer que ese terreno vetado para los científicos sociales, el de la ciencias naturales, no era tal, y que se podía centrar la atención en la idea de que el conocimiento científico es también una creación humana, hecha con los recursos materiales y culturales disponibles. Después de más de 30 años de la publicación del trabajo de Kuhn ¿está presente esta imagen “socioconstructivista” de la actividad científica en los libros de texto de ciencia escolar, o sigue considerándose la ciencia como el resultado de un trabajo idealizado? Si está presente la imagen de construcción, ¿cómo se asumen y presentan las relaciones entre los que la construyen?

e. Acerca de lo que se puede aprender de esta caracterización y análisis para la didáctica de las ciencias

Al reconocer la importancia de los elementos característicos que revelan las diferencias y las relaciones que se tejen entre los relatos histórico, epistemológico y sociológico en las ciencias y que se presenta en los libros de texto escolar ¿es posible pensar cómo sería una nueva forma de contar la ciencia en la que se contemple toda esa diversidad de miradas y que a la vez incluya los elementos “propios” de la ciencia?

1.4. HIPÓTESIS

Dados los anteriores elementos es posible formular para esta investigación la siguiente hipótesis:

Es posible utilizar elementos provenientes de la investigación de la sociología de las ciencias como soporte teórico y metodológico para llevar a cabo un análisis de la manera cómo se refleja la construcción del conocimiento científico en los libros de texto escolares de ciencias, contribuyendo de esta forma desde una perspectiva sociológica a la investigación en didáctica de las ciencias, específicamente al enfoque HFC.

1.5. OBJETIVOS DE ESTA INVESTIGACIÓN

Considerando los puntos anteriormente presentados en este capítulo este trabajo se propone desarrollar los siguientes objetivos específicos:

- a. Revisar y caracterizar el estado de las investigaciones sobre HFC y NdeC con el fin de buscar relaciones explícitas e implícitas entre estas líneas de trabajo en la didáctica de las ciencias y la sociología de las ciencias; este objetivo implica definir cuáles son los puntos potenciales en los que la sociología de las ciencias podría aportar a la enseñanza de las ciencias.
- b. Revisar y caracterizar la evolución de la sociología de las ciencias como disciplina. Este objetivo está asociado a la tarea de delimitar cómo ha sido su relación con las ciencias y con la didáctica de las ciencias. Específicamente interesan los aspectos de los diferentes programas de investigación dentro de la sociología que podrían ser cercanos a lo que se propone una de nuestras metas, establecer un discurso en los libros de texto en el que el conocimiento científico sea presentado como proceso antes que como una colección de productos acabados.
- c. Revisar y caracterizar los marcos conceptuales que adoptan los autores de las investigaciones previas a ésta, relacionadas con propuestas metodológicas para evaluar los contenidos de filosofía, historia, naturaleza y sociología de las ciencias en los libros de texto.
- d. Proponer y aplicar un nuevo modelo metodológico para analizar libros de textos escolares de ciencias. Este punto está relacionado con la necesidad de materializar la importancia de la mirada sociológica también a nivel de las metodologías. Implica proponer un nuevo enfoque metodológico y aplicarlo en un caso particular de la enseñanza de las ciencias: el átomo, la teoría, estructura y modelos atómicos.
- e. Reflexionar de manera crítica y concluir acerca de los elementos que desde una mirada sociológica deberían estar presentes en los libros de texto para transmitir una idea de ciencia como proceso, una actividad dinámica en la que el conocimiento científico es mucho más complejo que un conjunto de productos finales imposibles de rastrear.

SEGUNDA PARTE

MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

Cuatro elementos articulan las bases teóricas en las que se soporta este trabajo. Las investigaciones que desde la didáctica se han centrado en los libros de texto, los trabajos que en el campo de la didáctica han tratado los temas de teoría, estructura y modelos atómicos, el enfoque de investigación en historia y filosofía de las ciencias HFC y la relación entre la didáctica de las ciencias y la sociología de las ciencias. En este capítulo se busca establecer un panorama general de cada uno de estos cuatro tópicos a través de la revisión de las discusiones y aportes que desde la didáctica de las ciencias permitan empezar a entender cómo los libros de texto de ciencias pueden ser concebidos como nodos dentro de las redes que, desde la escuela de estudios sobre la ciencia en sociología de la ciencia, explican la forma cómo circula el conocimiento científico, la nueva mirada que se pretende aportar con este trabajo al ya consolidado enfoque HFC.

CAPÍTULO 2

UNA MIRADA A LOS LIBROS DE TEXTO ESCOLARES

La intención de este capítulo es dar cuenta de la complejidad de los libros de texto en la educación y en la enseñanza de las ciencias, ya que más allá de ser meras herramientas o materiales didácticos, como se asume en algunas definiciones sobresimplificadas, los libros de texto pueden ser considerados actores en la enmarañada red de la ciencia. A pesar de que los historiadores los ignoraron durante mucho tiempo (Bensaude-Vincent 2006, Braga et al. 2011) la mirada hacia ellos cambió al producirse el giro en las corrientes historiográficas en la década de los setenta, cuando empezó a considerárseles como elementos centrales que podrían reflejar la realidad educativa. Es por esto que la segunda sección de este capítulo se concentra en la revisión de las investigaciones en enseñanza de las ciencias dedicadas al análisis de libros de texto.

2.1. EL LIBRO DE TEXTO DE CIENCIA ESCOLAR: UN ACTOR POLIFACÉTICO

Patinotis (2006) explica que el término libro de texto emergió aproximadamente en 1730 y fue empleado masivamente a finales del s. XVIII aunque su origen se puede rastrear hasta la tradición escolástica. Según Bensaude-Vincent (2006) sólo se convirtió en un género independiente hasta que la educación se hizo obligatoria en la Ilustración; ahí adquirió un papel fundamental en la emergencia y consolidación de las disciplinas científicas al servir como estabilizador del conocimiento y las prácticas compartidas en ellas (Bertomeu-Sánchez, et al. 2006), papel que describiría ampliamente Kuhn en *La Estructura de las Revoluciones Científicas*.

Braga et al. (2011) explican cómo la estructura de los primeros libros de texto escritos en Francia encarnó los preceptos epistemológicos de su tiempo que han sido replicados desde entonces; estos textos presentaban la esencia de la ciencia moderna, eran tratados basados en los cursos introductorios enseñados por eminentes científicos de la época. Muchos de estos libros que se titulaban "Curso de ... para enseñar en..." jugaron un papel fundamental en lograr la uniformización del sistema educativo, bajo

la supervisión de comisiones de control (Puelles 1997). Estos textos encarnaban en cierta forma el último eslabón en la meta hacia el conocimiento científico, que dejó por fuera el proceso de la construcción del mismo. Así, estos libros de texto positivistas cambiaron el estatus de la física, de una filosofía natural a una ciencia orientada hacia la aplicación técnica, en la que su método dogmático era la manera más efectiva para entrenar a los futuros científicos e ingenieros (Braga et al. 2011).

No obstante, a pesar de este inicio normatizado, los libros de texto empiezan un periplo que les hace complejizarse rápidamente. Olesko (2006) explica cómo, tras haber sido escritos en el “centro”, comenzaron a moverse a la periferia. Al ser traducidos y llevados a otros países, se encontraban con las contingencias educativas locales, por lo que en algunos casos terminaron reemplazados por libros escritos por profesores nativos que se atrevieron a producir sus propios textos en los que además de esos conocimientos “consolidados” aprovechaban para exponer los resultados de sus investigaciones. En otros casos los libros que venían del “centro” volvían a sus lugares de origen para ser transformados y regresar reacondicionados a las demandas locales. En esto fueron fundamentales para promover la discusión y comunicación entre científicos del centro y de la periferia.

Este punto permite ejemplificar claramente una primera identidad para los libros de texto como elementos culturales y sociales que deben ser estudiados como parte de la cultura (Olesko 2006, Pellicer 2006) ya que no sólo reflejan los aspectos educativos, en cuanto contenidos y métodos, sino que son un compendio de la sociedad que los produce, un vehículo de transmisión de su sistema de valores personales, ideológicos y económicos (Rodríguez 2000, Puelles 1997), por lo que varios investigadores insisten en el hecho de desmitificar la supuesta neutralidad que se les atribuye (Braga et al. 2011, Apple 1986, Issit 2004).

De otro lado, el libro de texto es un instrumento del conocimiento, un transmisor de un modo de indagar, de preguntar y de encontrar respuestas (Zemplén 2007); es, como Lundgren (2006) le define, “el último eslabón” para distribuir la ciencia y el conocimiento. Cuando una teoría o una idea aparece en ellos es porque ha alcanzado un estatus específico, ya que los libros de texto muestran lo que debe ser asumido como exacto, completo y coherente (Pocovi y Finley 2003), así como la manera cómo se ha desarrollado la ciencia (Rodríguez y Niaz 2002); se han convertido en “la voz de las disciplinas” (Issit 2004) ayudando en la consolidación de su auto-identidad y mostrándolas como dominios coherentes de estudio, por lo que son un elemento perfecto

para estudiarlas y seguirlas ya que, como afirma Brackenridge (1989), la más visible distinción entre la educación de una disciplina científica y una humanística es la total dependencia del libro de texto.

Pueden ser considerados también como testigos históricos que reflejan la ciencia y la pedagogía de su época (Cornejo 2006), “lugares” para explorar muchas de las contingencias históricas que toman forma en la práctica científica, así como los roles de la ciencia y de los científicos que presentan (Olesko 2006). Bensaude-Vincent (2006) los describe como “restos arqueológicos” de los primeros regímenes del conocimiento, que nos enseñan el divorcio entre la producción del conocimiento y su transmisión, que fue crucial para las ciencias positivistas. Por lo que se constituyen también en objeto de investigación, como señalan Lebrun et al. (2002).

Finalmente, debemos reconocer su papel como protagonistas del proceso de enseñanza y aprendizaje, en el que han tenido un rol determinante en lo que se enseña y cómo se enseña en las aulas (Chiappetta et al. 1991, Chiappetta et al. 2006, Guisasola et al. 2005, Lumpe y Beck 1996, Parcerisa 2007, Shiland 1997, Stinner 2001, Weiss et al. 2001); en encarnar el currículo y señalar las prioridades de los profesores en las aulas (Abd-El-Khalick et al. 2008, Alpaslan et al. 2011) para quienes son herramientas de actualización científica; son motores en el proceso de implantación de nuevos currículos (De Pro et al. 2008, Osborne et al. 2003) y son en concreto el reflejo de un discurso didáctico “oficial” acerca de los conceptos, las formas lingüísticas y las figuras ilustrativas que contienen (Escolano 2000). Indudablemente, para muchos profesores, los libros de texto son la principal fuente de información (Izquierdo et al. 2008), sino la única (Chamizo 2007, Pereira y Amador 2007), por lo que una de las más importantes decisiones para un profesor de ciencias es elegir qué libro usa (Stinner 2001).

Uno de los aspectos más interesantes de los libros de texto de ciencias es cómo el supuesto de neutralidad, mencionado anteriormente, que se soporta en la universalidad del conocimiento científico –y que puede verificarse en las amplias similitudes en los contenidos– coexiste con el hecho –también verificable– de la influencia de factores que regulan lo que son para cada sistema educativo, lo que les da un carácter altamente local y temporal. Clément (2008) señala con diferentes ejemplos cómo muchos países usan los libros que otros producen, mientras que otros prefieren producir los suyos propios; cómo en otros países hay un único libro para todos, en contraste con países con una amplia oferta de editoriales privadas; cómo en algunos casos la elección del libro depende del profesor pero en otros hay comisiones nacionales que los aprue-

ban, cómo en algunos coexisten las editoriales privadas y las públicas, mientras que en otros hay dominio de una de éstas, con lo que más allá de los contenidos es evidente que aquello que podría denominarse la “calidad” de los libros de texto es más complejo de lo que a veces se pretende.

Una evidencia de este carácter local/temporal es patente en la revisión realizada por Puelles (1997) acerca del recorrido de los libros de texto en el sistema educativo español, que muestra cómo las políticas que los regulan se han movido alrededor de tres posturas: imposición de un texto único por el poder político, libertad total para el profesor de elegir el manual escolar y libertad vigilada limitada a una lista elaborado por un órgano del Estado. Así por ejemplo en la ley Moyano de 1857 se aprobó una lista única de libros de texto para todas las escuelas, señalados por el Real Consejo de Instrucción Pública, a la par con los programas generales para todas las asignaturas correspondientes a las diversas enseñanzas que debían ser acogidas por todos los profesores. Dichas asignaturas se estudiarían por libros de texto que serían señalados por listas que el Gobierno publicaría cada tres años. Más tarde, en 1868, se implantó la libertad de cátedra que permitía al profesor escoger el libro de texto que se hallara en armonía con sus doctrinas y adoptar el método de enseñanza que le resultara más conveniente, mientras que en 1875 tras la llegada al poder de la Restauración se volvió al sistema de lista de textos, así como al de programas.

El sistema de lista rigió hasta 1901 cuando se consagró el sistema de cuestionario para las enseñanzas secundaria y superior y con él la libertad en la elección del libro de texto. En tiempos de la dictadura primorriverista, hay un viraje a la uniformidad y la homogeneización por lo que el real decreto de 23 de agosto de 1926 impone un único libro de texto editado por el Estado para cada asignatura, elegido mediante concurso previo por una comisión.

En la II República se volvió al sistema de la ley Moyano, una lista seleccionada por una comisión de selección de manuales escolares. La norma empezó a regir en 1934 y para el bachillerato se estableció una “Junta de personalidades científicas” que elegiría un número indefinido de libros de texto para las distintas asignaturas, de la que el profesor podía escoger libremente el o los textos que considerara oportunos, no obstante los contenidos fueron tocados por la guerra civil impidiendo cualquier tipo de neutralidad ideológica.

En el marco legislativo del periodo 1936-1975, dictadura franquista, se promulgaron dos leyes de enseñanzas medias, una en 1938 y otra en 1953. En la de 1938 se

reglamentó una comisión dictaminadora de los libros de texto, que los recomendaba y fijaba sus precios, tanto para los libros que ya estaban en el comercio como para los que se desearan publicar en el futuro. Los profesores podían escoger los libros de su preferencia de entre los aprobados, mientras que el Estado premiaría con premios a los mejores textos, y estimularía periódicamente mediante concursos públicos la renovación y el perfeccionamiento de los existentes (Puelles 2007). En 1953 volvieron los cuestionarios oficiales a los que debían adecuarse los libros de texto, estos cuestionarios fueron modificados en 1965.

La Ley General de Educación (LGE) que implicó un paso hacia la modernización de todo el sistema educativo español no fue tal en términos de los libros de texto, según señala Puelles (2007), ya que los cambios se redujeron a un régimen de supervisión de libros de texto –reglamentado en 1974– en el que se establecía que, una vez aprobados los libros, su elección era potestad del claustro de los centros de educación con previa audiencia de la asociación de padres de los alumnos del centro (Puelles 2007).

A pesar de que la Ley Orgánica General del Sistema Educativo (LOGSE) derogó casi en su totalidad la LGE, dejó algunas pocas disposiciones vigentes, entre ellas la que confirmaba el régimen de supervisión de los libros y material didáctico, aunque ahora era de competencia autonómica con una inspección estatal. El real decreto de 31 de julio de 1998 fue convertido por la Ley Orgánica Constitucional de Enseñanza (LOCE) en ley orgánica, en éste se dispone que los libros de texto serán revisados después de estar escritos con el fin de constatar que reflejen los valores constitucionales y las exigencias curriculares correspondientes a las enseñanzas mínimas, a la vez que delega en los centros docentes la responsabilidad de la elección de los libros de texto. La Ley Orgánica de Educación (LOE) respetó las disposiciones de la LOCE con lo que un cambio de gobierno en el estado español por primera vez no implicó el cambio en la reglamentación de los libros de texto (Puelles 2007).

Es justo este último punto, la marcada influencia de los factores “externos”, políticos, económicos, sociales, sobre las reglamentaciones y contenidos de los libros de texto, lo que contribuye a gran parte de los innumerables cuestionamientos que recaen sobre ellos, entre los que se cuentan problemas ideológicos, la distorsión de la información, la presencia de estereotipos, el sexismo, el racismo, su politización, nacionalismo y patriotismo, a la par con las críticas que podríamos considerar “internas”, referentes a los errores, las dificultades nacidas del lenguaje textual e icónico y la insuficiencia y desactualización de la información (Mejía 2009), entre otros.

Estas críticas que cobijarían a los libros de texto en general pueden ser puntualizadas como parte de los dos tipos de escenarios: ideológicos y cognitivos, para el caso de los libros de ciencias. Sobre ellos se discute ampliamente su influencia en la manera cómo profesores y estudiantes perciben la empresa científica (Chiapetta et al. 1991, Stinner 2001), especialmente el hecho de que los cambios que han ocurrido en la mayoría de los libros de texto durante las pasadas tres décadas no muestren ningún reconocimiento real del conocimiento científico actual, indicador de su apego a la ciencia del pasado, bajo la que se consolidaron a mediados del s. XIX (Elkana 2000, Kelly et al. 1993), una ciencia de hechos, única y verdadera que es la que luego se evalúa en el modelo de “correctitud del texto”, en el que lo aprendido equivale a comparar lo que sabe el estudiante con lo que dice el libro antes que detenerse en el razonamiento que la soporta –incluyendo la posibilidad de evaluar razonamientos incorrectos– (Russ et al. 2009). Este modelo se impone también en las pruebas nacionales con lo que los profesores se dedican a enseñar ajustadamente lo que dice el libro de texto, mientras los estudiantes memorizan grandes cantidades de información para contestar sus exámenes (Chiapetta et al. 1991).

Adicionalmente, como señala Gushing (1989) para el caso de la enseñanza de la física, los libros se caracterizan por ser compendios donde “toda” la física debe ser cubierta en 1100 páginas o más, satisfaciendo así las demandas de las editoriales que consideran que la omisión de alguno de los temas hará que los usuarios, los profesores, descarten su texto con las correspondientes consecuencias en las ventas, cuyo resultado es un inmenso número de clones del libro de texto estándar que determinan la inmutabilidad de los contenidos en los últimos 50-100 años (Vaquero y Santos 2001). Esta situación se repite también en la enseñanza de la química y de la biología; así, Gillespie (1997) señala que, a pesar de que la química general ha sido tema de continuas discusiones en conferencias y simposios, ha sufrido pocos cambios en los últimos 20-40 años, hecho que el autor asocia a la permanencia de un mismo modelo de libros de texto, sin ninguna intención aparente de cambio, como indican también Lumpe y Beck (1996) para el caso de los libros de texto de biología.

Estos problemas son ampliamente preocupantes para los investigadores en enseñanza de las ciencias porque los libros de texto siguen siendo usados acríticamente por los profesores; ése es tal vez su mayor riesgo en la enseñanza de las ciencias (Pocovi y Finley 2003). Desde esta perspectiva los libros de texto son también objetos de estudio en trabajos específicos que se dedican a investigar con profundidad sus contenidos con el fin de determinar su idoneidad en la enseñanza, así como buscar los elementos que

puedan mejorarlos y guiar el análisis de sus nuevos formatos digitales, así como el de otros materiales como CDs, DVDs, manuales de laboratorio, tests, etc. (Chiappetta et al. 2006). En la siguiente sección se describen algunos detalles de estas investigaciones.

2.2. EL ANÁLISIS DE LIBROS DE TEXTO DE CIENCIA ESCOLAR

Según los resultados del Third International Mathematics and Science Study (TIMSS) gran parte de los profesores alrededor del mundo basan cerca del 50% de su enseñanza semanal en el libro de texto (Wang y Schmidt 2001). Weiss et al. (2001) anotan que más del 90% de los profesores de secundaria norteamericanos disponen del libro de texto para organizar, administrar la instrucción y asignar las tareas de casa. El estudio National Assessment of Educational Progress llevado a cabo en 2000 encontró que el 80% de los profesores de grado octavo afirmaban usar regularmente el libro de texto, el 20% restante a pesar de no emplearlo continuamente lo usaba igual como recurso (Chiappetta y Phillips 2007). Cifras como las anteriores hacen que los libros de texto sean objeto de interés entre los educadores de ciencias y que se mire con preocupación una serie de problemas al parecer inherentes a la manera como se ha concebido su papel en la enseñanza de la ciencia.

Kowalski et al. (2010) resaltan los beneficios del análisis de libros escolares de ciencias: puede ayudar a entender cómo se crearon las explicaciones (históricas) de la producción del conocimiento científico, clarificar algunas preguntas aún sin resolver acerca del desarrollo de las teorías, mostrar cómo ha cambiado el entendimiento acerca de cómo trabaja la ciencia y ayudar a identificar los mecanismos que han guiado el tono positivista en los libros de texto modernos, así como mostrar el incremento en el grado de decontextualización de los mismos. El reconocimiento del valor de este campo de investigación es tal vez la causa de que en las últimas décadas haya crecido el interés con respecto a las investigaciones en libros de texto de ciencias (García y Bizzo 2010, Dimopoulos et al. 2005). En una revisión de literatura realizada por Dimopoulos et al. (2005) estos investigadores incluían un total de 222 trabajos en este campo entre 1985 y 2002 reportados en la base de datos ERIC. Una actualización de esta búsqueda² en la misma base de datos, realizada a mediados de 2011, registró un total de 660 resultados con lo que es apreciable el incremento en el interés de las investigaciones por los libros de texto de ciencias.

² La búsqueda fue realizada por la autora de esta tesis. Tuvo como motor: "textbook" and "science" and "education", restringido al período entre 1985-2011 en "academic journals".

A pesar de esto, García y Bizzo (2010) señalan que aún hay un escaso conocimiento de los libros de texto de ciencias, ya que la mayoría de los estudios se han centrado principalmente en los contenidos y hay pocos estudios que se enfoquen en temas como los autores, los editores, los aspectos económicos y financieros y el uso que le dan profesores y profesoras, a diferencia de la investigación en libros de texto de otras áreas (especialmente ciencias sociales) donde la discusión ha incluido, además de las cuestiones técnico-pedagógicas, los asuntos periféricos –el análisis de su carácter ideológico, la discusión sobre la competencia que se genera de la iniciativa privada, su gratuidad (en los casos donde la política de cada país sea distribuirlos gratuitamente), su obligatoriedad, su unicidad, etc. (Pellicer 2006).

La multiplicidad en la manera cómo se ven los libros de texto, de la que se habló en el punto anterior se traduce también en su análisis que puede efectuarse, por lo tanto, desde distintas lecturas (Cornejo 2006), lo que explica la amplia diversidad de enfoques e intereses reflejada por ejemplo, en una revisión realizada por Chiappetta et al. (2006), quienes examinaron las investigaciones referentes al análisis de libros de texto publicados en Estados Unidos desde 1901 hasta 2006. Estos autores revisaron los resúmenes, los marcos conceptuales, las técnicas analíticas aplicadas en el análisis de contenido, la confiabilidad del análisis y los resultados, encontrando que la mayoría de los textos que se han analizado corresponden al nivel de secundaria, seguidos por los de educación media y en menor medida los de educación primaria; el trabajo no hace mención a los libros de texto universitarios. En las diferentes investigaciones se han usado marcos conceptuales muy diversos como NdeC, Ciencia-Tecnología y Sociedad (CTS), evolución, eugénica, el enfoque instruccional, etc. aplicados a la presentación de la naturaleza de la ciencia, la historia de la ciencia e indagación científica, la presencia de tópicos de CTS y “Socioscientific issues” (SSI), la extensión en la que se atienden los estándares nacionales, la dificultad conceptual del texto, análisis de perspectiva de género y temas puntuales como la evolución, materia, energía, modelo atómico o el concepto de mol.

La revisión realizada por Dimopoulos et al. (2005) en la base de datos ERIC de los trabajos relacionados con libros de texto de ciencias entre 1985 y 2002 muestra que los principales temas son: métodos de enseñanza y contenidos (46% de los trabajos), el 13% se refieren a lenguaje y legibilidad, 10% son reviews, 9% a evaluación, 8% a temas sociales como género, estereotipos, sesgo de clase, etc; 4% a temas epistemológicos, 4% al enfoque holístico, 4% a otros temas y 2% a análisis de ilustraciones.

Esta diversidad de intereses también es apreciable en España como muestra una compilación realizada por De Pro et al. (2008) en la que encontraron 40 trabajos referentes a libros de texto de educación secundaria publicados desde 1992 hasta 2006, que incluían temas como análisis del trabajo práctico, análisis desde perspectiva de género, aspectos de historia y NdeC, dificultades, errores y deficiencias didácticas, evaluación, ilustraciones y representaciones gráficas y uso de analogías, entre otros.

Desde el punto de vista metodológico, predomina ampliamente el análisis de contenido, mientras que hay menor interés por el análisis del discurso, el análisis lingüístico y el sociológico (Koulaidis y Tsatsaroni 1996) y generalmente se analizan los libros desde una perspectiva cuantitativa que responde a la pregunta cuántas páginas o qué porcentaje del libro está dedicado a X aspecto (Wang 1998a); esta misma tendencia fue descrita por García y Bizzo (2010) para las investigaciones sobre libros de texto de ciencias en Brasil.

2.3. EL ANÁLISIS DE LOS LIBROS DE TEXTO DE QUÍMICA EN ESPAÑA

En el inventario de investigaciones sobre libros de texto en educación secundaria en España publicado por De Pro et al. (2008) es evidente el amplio dominio de investigaciones en las que el objeto de estudio son sólo libros de física (13 en total) comparadas con aquellas que se centran solamente en libros de química (3 en total).

En España los estudios en los que analizan libros de texto, incluidos algunos de química, se han interesado por diferentes temas, por ejemplo perspectiva de género (Sahuquillo et al. 1993, Nuño y Ruipérez 1997), la adecuación con respecto a estándares curriculares (De Pro et al. 2008, Calvo-Pascual y Martín-Sánchez 2005, Perales y Martos 1997), los contenidos históricos (Solbes y Traver 1996), las gráficas (García y Cervantes 2004), las actividades experimentales (Tamir y García Rovira 1992, Rivera e Izquierdo 1996), las actividades de lápiz y papel (Bullejos 1983), la distribución y uso de analogías (Fernández et al. 2005, Oliva et al. 2001) o el análisis de las ilustraciones e imágenes (Jiménez y Perales 1997 y 2001, Perales y Jiménez 2003, Matus et al. 2008).

De otro lado los trabajos de investigación también pueden estar destinados a explorar desde diferentes perspectivas tópicos disciplinares como la energía libre de Gibbs (Quílez 2009), la tabla periódica (Agudelo et al. 2009, Linares 2004), la configuración electrónica (García 2004), los ácidos y bases (Jiménez et al. 2001), sustancia y mol (Furió et al. 2000), el átomo (Valcárcel et al. 2000, Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo 2009), el enlace (De Posada 1999, Zamora et al. 2001, Matus et al. 2008), el concep-

to de elemento químico (Linares 2004, Bullejos et al. 1995), el modelo cuántico de átomo (Solbes et al. 1987) o el cambio químico (Martín del Pozo 1998). En la mayoría de los casos se han estudiado libros de educación secundaria pero también se han analizado tratados clásicos y libros de texto de universidad.

Al revisar las tesis doctorales realizadas en España que involucran análisis de libros de texto de química, se refleja al igual que en los artículos una amplia diversidad de temas, así como de enfoques metodológicos, aunque las tesis no son muy numerosas.

El trabajo de Matus (2009) exploró las imágenes y representaciones usadas en los libros de texto en el tema del enlace químico, mientras que en su tesis Calvo (2002) analizó la manera en que los libros de texto de química se han adaptado a la reforma curricular que dio paso a la ESO. López (1999) analizó los contenidos de los libros de química en la primera parte del siglo XX a la luz de los programas oficiales. Linares (2004) estudió si existe distinción entre los conceptos de elemento y sustancia simple y entre las propiedades de uno y otras en libros de texto de química general de nivel universitario. Asimismo, evaluó cuál es el punto de partida para iniciar el estudio de la tabla periódica y su relación con la estructura atómica. Merino (2009) analizó en libros de texto publicados entre 1995 y 2007 las maneras cómo se explica el cambio químico desde el modelo de la función retórica. Moncaleano (2008) estudió el significado y la interpretación de la constante de equilibrio, así como los aspectos cualitativos y dinámicos de la condición de equilibrio en libros de texto de primero y segundo de bachillerato y COU, libros de secundaria colombianos y libros de texto universitarios. De Posada (1993) analizó en libros de texto de BUP y COU cómo se introduce y qué tratamiento se da al enlace químico, así como la presencia de aspectos históricos en la teoría del enlace.

Estas tesis doctorales en ninguno de los casos está destinada únicamente al estudio de los libros de texto sino que éstos hacen parte de estudios más amplios acerca del proceso de enseñanza/aprendizaje de diferentes temas disciplinares, acompañados de análisis de concepciones de estudiantes, y/o profesor, textos curriculares, documentos internacionales, entre otros. Así, este trabajo de tesis es el primero que se dedica únicamente al análisis de los libros de texto de química de educación secundaria en España, es también el primero que se enfoca en el desarrollo de metodologías para su análisis y es el primero en asumir una perspectiva sociológica de las ciencias en su investigación.