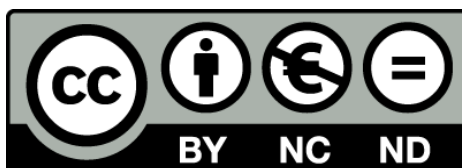


**Teoría, estructura y modelos atómicos  
en los libros de texto de química  
de educación secundaria.  
Análisis desde la sociología de la ciencia  
e implicaciones didácticas**

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 5

### UNA MIRADA A LA SOCIOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

En este capítulo se presenta un panorama general de la evolución de la sociología de la ciencia como disciplina, se describen las características de algunos de sus programas de investigación más importantes y se resalta la importancia que algunas de estas ideas pueden tener en el discurso de la didáctica de las ciencias.

La sociología de las ciencias es un campo del conocimiento con fronteras que no siempre se encuentran bien delimitadas, ha sido sometido a múltiples presiones y ha tenido que afrontar múltiples controversias (Bourdieu 2003); es una disciplina que ha sufrido una evolución convulsionada y polémica, con un inicio al margen de la ciencia, a manera de observador imparcial externo, hasta una posición más crítica y “entrometida” (Shapin 1982) que le ha llevado a convertirse en algo a veces incómodo en el riguroso y normatizado andamiaje de la ciencia.

Solís (1994) explica que la sociología de la ciencia en sus inicios fue una hija de la tradición marxista que se empeña en detectar intereses sociales debajo de los productos culturales más o menos nobles y burgueses. Con ello se establece una distinción clara entre ciencia e ideología basada en la presencia en la última de intereses particulares, mientras que la primera corresponde a la plena comprensión de la realidad, dependiente como mucho de los intereses globales de toda la humanidad. Así, las ciencias “duras” estarían determinadas por buenas razones epistemológicas, mientras que el pensamiento ideológico debía explicarse mostrando los intereses sociales que promovía. Esto hizo que en sus inicios las investigaciones sociológicas se ubicaran en la periferia de la “genuina actividad científica”, con planteamientos débiles que se auto-limitaron a estudiar, desde lo social, sólo las conductas científicas desviadas, por lo que se conoce esta etapa como “sociología del error”. A esta corriente inicial pertenecen los trabajos de investigadores como Robert Merton, Martha Orstein, Harcourt Brown o Dorothy Stimson, en los años treinta y cuarenta del siglo pasado. Estas explicaciones, basadas en los poderes causales y que caracterizaron un cierto tipo de narrativas de la ciencia, dieron paso directo a lo que muchos filósofos consideraron las explicaciones

sociológicas “externas” a la ciencia, que justificaron una división entre una visión interna y otra externa para la actividad científica<sup>10</sup>, y que delimitaron escenarios para lo que era “racional”. “epistémico” o “cognitivo” opuestos al de lo “social” (Rouse 1991).

Los miembros del Programa Fuerte en sociología de la ciencia, que representan el renacer de esta disciplina en los años setenta después de la reacción historicista, atribuyen gran parte del descrédito de la sociología de las ciencias a la actitud con que los sociólogos clásicos de la ciencia afrontaron su labor en los inicios, autolimitando sus investigaciones a la referencia de los factores sociales “externos” que afectaban el trabajo científico a diferencia de un enfoque en el que se entienden el conocimiento científico y la tecnología, en todas sus posibles expresiones, como fenómenos sociales y donde toda la ciencia puede ser estudiada sociológicamente sin importar qué visión se tenga de ella desde el punto de vista epistemológico (Nieto 1995). David Bloor (1998) afirma que para Marx, Mannheim, Durkheim, Merton y toda la sociología moderna e ilustrada, ciertas formas de saber fueron protegidas por una serie de reglas que preservaron sus contenidos de cualquier contaminación social asumiéndolos como puros e intocables, con lo que escaparon a toda determinación social, estableciendo reglas protectoras trazadas por propio oficio por la epistemología para proteger los fundamentos de la modernidad. Para los sociólogos de la ciencia tradicionales los descubrimientos teóricos eran asunto de la historia interna e independientes en su esencia de factores que no fueran estrictamente científicos, por lo que la sociología del conocimiento puede hacer su entrada para explicar las creencias sólo si éstas no se pueden explicar en términos

---

<sup>10</sup> Gran parte de la historia de la ciencia producida en 1960s y 1970s refleja la influencia de Robert K. Merton y su idea de una frontera entre lo que es “interno” y “externo” a la ciencia, restringiendo el grado en el que los desarrollos científicos particulares pueden estar vinculados a causas sociales, protegiéndose así de los intrusos provenientes de la sociología (Golinski 1998). Según Rupert Hall (citado por Young 1973) esta tendencia historiográfica internalista surgió a raíz del abuso de la ciencia y los científicos desde el inicio de la Segunda Guerra Mundial y la continuación de la guerra armamentista atómica. La intención de los científicos fue promover este tipo de relato con el que se remueven esta serie de abusos y los estudiantes de la ciencia serán capaces de distinguir nuevamente, de manera clara y cuidadosa, la esfera de la ciencia fuera de la sociedad, de manera objetiva, desapasionada y escrupulosa en un intento por mantener todos los restos de subjetividad, sesgo político o ideológico alejados de la ciencia.

La distinción entre factores internos y externos ha sido usada predominantemente por filósofos –para Lakatos (1983) esta división es completamente válida– e historiadores interesados en mantener la ciencia pura de cualquier contaminación al contacto con fuerzas sociales. No obstante, también ha sido ampliamente criticada (Haraway 1995, Latour 2001, Mikulás 1973, Nieto 1995, Serres 1998) ya que intenta dividir un episodio en dos tipos de historia diferentes, una que se ocupa de los asuntos políticos legales, económicos, institucionales y pasionales (externalista) y otra que trata de las ideas, los principios, el conocimiento y los procedimientos (internalista), lo cual implica tomar el contenido por un lado y el contexto por otro, una separación enteramente artificial, que distorsiona inevitablemente la realidad reforzando una imagen idealizada del conocimiento científico (Latour 2001).

de sus méritos racionales, un criterio de demarcación que Laudan denominó supuesto de arracionalidad (Laudan 1986).

Laudan (1986) criticó desde la filosofía de la ciencia este modelo que separa lo interno de lo externo, mostrando las autorestricciones que la sociología se impuso para afrontar sus problemas de investigación, a través de la existencia de lo que él denomina la sociología no cognoscitiva de la ciencia (la sociología de la ciencia), estudios que no se ocupan primariamente de explicar las creencias de los científicos acerca del mundo natural, sino más bien de explicar sus modos de organización y sus estructuras institucionales; y la sociología cognoscitiva de la ciencia (la sociología del conocimiento científico) que busca explicar por qué se descubrió una teoría determinada (o tras ser descubierta, por qué se aceptó o rechazó) aludiendo a los factores sociales o económicos que predisponían a los científicos a ser favorables u hostiles a ella.

Los sociólogos que intentan superar estos límites explican no sólo cómo no hay que restringir los intereses sociales a las motivaciones grandiosas y espurias, como los intereses económicos o de clase, o las ideas religiosas, que tanto molestan a los científicos, sino mostrando también cómo el hecho de que una acción esté socialmente motivada no la convierte por ello en irracional. La tesis de Kuhn sobre la infradeterminación de las teorías y la sobredeterminación de los hechos, puso de relieve que las decisiones científicas dependían, de manera que en nada cabía tildar de irracional, de características sociológicas de las comunidades y grupos científicos, con lo que las oposiciones lógico/sociológico, racional/irracional, normativo/causal y otras similares dejaron de ser relevantes (Solís 1994). Bruno Latour (1992) lideró uno de los debates más interesantes en la sociología, la necesidad de romper estas dicotomías con una nueva manera de ver la ciencia a través de asociaciones, donde los hechos no se unen sólo con los hechos, las máquinas con las máquinas y los hechos sociales con los hechos sociales generando las tres esferas: ciencia, tecnología y sociedad, en las que debe estudiarse la influencia e impacto de cada una sobre las otras y donde necesariamente no se generan estratificaciones.

Estas consideraciones iniciales, proveen el marco para desarrollar este capítulo en el que se presentan algunos de los rasgos que caracterizan los enfoques que desde la sociología han intentado explicar las influencias y componentes sociales sobre la ciencia (sociología de la ciencia), sobre el origen de los elementos que constituyen el conocimiento científico (sociología del conocimiento científico) y sobre quienes construyen la ciencia (sociología de los científicos). Se parte en este capítulo de los polémicos

inicios kuhnianos y las posiciones “extremas” del Programa Fuerte, luego se revisan las investigaciones que buscan en las controversias o en el interior de los refugios seguros de la ciencia, los laboratorios, las respuestas a sus interrogantes, para finalizar en los enfoques sociofilosóficos donde las dicotomías y las fronteras se rompen con el fin de explicar cómo se construyen los hechos de una actividad ampliamente compleja.

### **5.1. LA SOCIOLOGÍA DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO (SCC)**

Robert Nola (2000), filósofo de la ciencia reconocido por sus publicaciones en HFC, busca salvaguardar a Kuhn de ser relacionado con los sociólogos de la ciencia, no obstante es tarea imposible, la SCC se originó en sus trabajos. La infradeterminación de las teorías, en la que Kuhn explicó cómo los hechos, observaciones y experimentos no pueden dictar una decisión racional unánime sobre qué hacer con las teorías científicas, por lo que el último empuje debe buscarse en la psicología y la sociología de las comunidades científicas, más que de las razones transparadigmáticas fue decisiva para la sociología de las ciencias. Así, después de Kuhn, el movimiento sociológico explicativo en la historia de las ciencias tomó como eje esta idea para incluir al lado de los factores racionales, hasta entonces dominantes, la operación de factores causales empíricamente detectables: los intereses sociales, que subrayaban la negociación social de diversos intereses en la articulación de hechos, experimentos y teorías (Solís 1994).

Solís (1994) explica cómo Kuhn atribuyó a las comunidades científicas un papel relevante en la consolidación de los resultados de las investigaciones “extraordinarias” que finalmente llevaban a las revoluciones científicas, y en el reconocimiento que hacen del éxito de un científico, visibilizando el papel de los compromisos sociológicos que caracterizan cada uno de esos períodos históricos de estabilidad científica, equilibrando y cerrando momentáneamente la disputa con la impresión de que la naturaleza ha hablado directamente a través de los aparatos y los experimentos. Estos compromisos no obstante no consisten tanto en la conquista de la verdad cuanto en la consecución de ese equilibrio que muchas veces no está plenamente justificado por normas lógicas de racionalidad capaces de indicar qué es lo que se debe hacer en cada momento, sino que resultan de un consenso social, aceptado por una comunidad de científicos.

Esta posición fue ampliamente criticada, especialmente por Lakatos (1970), quien la interpretó de manera sarcástica como la necesidad de estudiar no la mente de científicos individuales sino la mente de la comunidad científica, en el intento por reemplazar la psicología individual por una psicología social en la que se produce una

imitación de los grandes científicos por sumisión a la sabiduría colectiva de las comunidades. No obstante, a pesar de las críticas, tal y como Latour y Woolgar (1995) comentan, las ideas de Kuhn constituyeron el punto determinante para el cambio en la sociología tradicional de las ciencias, el paso del estudio de las reacciones entre los científicos, el sistema de recompensa y las filiaciones institucionales, al reconocimiento del carácter fundamentalmente social de los objetos, hechos y descubrimientos de la ciencia, con lo que la sociología de la ciencia se convirtió en sociología del conocimiento científico.

Nieto (1995) describe a la sociología del conocimiento científico (SCC) como un programa de investigación crítico y en franca oposición con anteriores esfuerzos de la filosofía por explicar la naturaleza del conocimiento, que se interesó no por analizar los productos terminados del conocimiento sino el proceso de su fabricación y que en cambio de buscar criterios formales de demarcación y legitimación se propuso explicar de manera causal la existencia de todo tipo de saber. Dentro de esta tradición se asume que el conocimiento científico es una construcción social, donde la ciencia está sujeta y depende de convenciones y negociaciones, de los intereses de individuos y comunidades específicas, y que dichas convenciones e intereses pueden y deben ser explicados. El aporte de la SCC se dio en el sentido de debilitar las explicaciones macrosociales y centrarse más en las prácticas locales específicas de experimentación y los medios por los cuales los hallazgos de las investigaciones son comunicados al mundo exterior; así Collins (2007) la considera como la rama más importante de la sociología de la ciencia, en el camino para ingresar al corazón de la práctica científica y revelar lo que yace debajo del escudo que la protege.

Las investigaciones en SCC se han centrado en diferentes aspectos de la actividad científica; Andrew Pickering y Trevor Pinch muestran cómo en las controversias la textura de los compromisos sociales, normalmente escondidos, sale a la superficie y se expone a la vista. Harry Collins, reconoce que las controversias no hacen referencia a tales fuerzas sociales de gran escala, sino que dirigen su atención a los juicios y negociaciones contingentes que se hacen entre pequeños grupos de científicos especialistas. Los casos históricos estudiados por los miembros de la escuela de Edimburgo generalmente mostraron que tanto lo causal como lo macrosocial une las creencias de los individuos a factores como las clases sociales o la localización en una comunidad disciplinaria. De otro lado, algunos investigadores fijaron su mirada dentro del laboratorio, identificándolo como el escenario crucial para la producción del conocimiento natural, el sitio donde la dimensión social de ese conocimiento puede ser discernida, un epicentro un

poco privado, aunque no menos social por eso. En este campo fueron pioneros Bruno Latour y Steve Woolgar, quienes en 1976 incursionaron en una línea, la de los estudios etnográficos de laboratorios de investigación, que fue continuada entre otros por Karin Knorr-Cetina y Michael Lynch quienes reivindicaron el hecho de que las interacciones entre pequeños grupos no son “menos” sociales que las fuerzas a gran-escala, tales como las clases o los movimientos políticos. Todos estos trabajos como se mencionó anteriormente dirigen su mirada a la práctica científica, a los procesos, por lo que desde la perspectiva de la SCC la ciencia deja de estar “hecha”, “finalizada” y ya no es más una colección de productos terminados.

### 5.1.1. El programa fuerte

Los trabajos de Barry Barnes, Donald MacKenzie y David Bloor de la Escuela de Edimburgo constituyen el núcleo del Programa Fuerte de sociología de la ciencia. Es considerado la elaboración teórica más refinada del giro sociologista. Nació como reacción a la sociología de la ciencia tradicional y se caracteriza por negar la existencia de normas universales de racionalidad que puedan guiar todas las decisiones cognitivas, sosteniendo por el contrario que tales reglas son convenciones específicas de cada sociedad o cultura. Si se pudiera hablar de su función ésta sería cerrar el paso a la posibilidad de instaurar como núcleo de racionalidad de la ciencia un modelo metodológico pretendidamente universal y absoluto por el hecho de estar basado en reglas libres de contexto, una de las pretensiones de la filosofía de la ciencia clásica (Solís 1994). Según Bloor (1998) los sociólogos han estado demasiado dispuestos a limitar su preocupación por la ciencia a su marco institucional y a factores externos que se relacionan con su tasa de crecimiento o con su dirección, lo cual deja sin tocar la naturaleza del conocimiento que así se crea, con lo que el sociólogo debe pasar a ocuparse de las creencias que se dan por sentadas o están institucionalizadas, o de aquéllas a las que ciertos grupos humanos han dotado de autoridad, tratando de identificar “los intereses” sostenidos por los individuos o pequeños grupos de científicos y usarlos para explicar las elecciones y los juicios que ellos hacen.

El Programa Fuerte quiere explicar cómo el conocimiento científico es causado por las condiciones sociales, aunque enfatiza que las circunstancias sociales solas no pueden explicar las creencias: “El programa fuerte dice que el componente social está siempre presente y es siempre constituyente del conocimiento. No dice que sea el único componente, o que es el componente que deba ser necesariamente como el disparador de cualquiera y cada cambio, puede ser la condición de fondo ... el sentido



completo del programa es hacia la explicación de la creencia científica por referencia al ámbito social” (Bloor 1998:243). Para el Programa Fuerte, el conocimiento siempre está ligado a una tradición y depende de prácticas y rituales, que no pueden ser para el historiador o sociólogo más que un sistema de creencias válidas por consenso y autoridad de manera similar a lo que pasa en cualquier cultura. En este orden de ideas, una comunidad científica debe ser entendida como una subcultura y debe ser estudiada como un mecanismo de justificación sin ningún privilegio epistemológico, que “negocie” la validez de su discurso (Nieto 1995). Las ideas sostenidas por el programa fuerte han sido duramente criticadas y descalificadas para la enseñanza de las ciencias por importantes investigadores en este campo como Peter Slezak (1994a), Michael Mathews (2004) o Alberto Cordero (2001).

### 5.1.2. La mirada a las controversias

Harry Collins fue uno de los primeros sociólogos en interesarse en las controversias científicas, que resultaron invaluable a la hora de demostrar que no hay ni realidad, ni lógica, ni criterios impersonales dictados por el “método experimental”, ni explicaciones macroestructurales para las explicaciones y juicios emitidos por los científicos (Shapin 1982). Collins explica que en sus análisis era fácil establecer la analogía entre los conocimientos con veleros en el interior de botellas: “En ese momento estábamos preocupados por subrayar que sólo mediante el examen de las controversias científicas en el momento de su desarrollo se puede entender el mecanismo por el que los veleros (descubrimientos científicos) llegan a entrar en las botellas (validez). Si este proceso no se presenciara en su realización se pensaría que los veleros estuvieron siempre dentro de las botellas, y que todo lo que los científicos hicieron fue encontrarlos “ya armados” (Collins, citado por Solís 1994:109)

Golinski (1998) señala que las investigaciones de Collins mostraron cómo usualmente las disputas científicas no son muy prolongadas y, cómo muchas reivindicaciones del nuevo conocimiento, son aceptadas sin ningún debate. Asimismo, evidenciaron la existencia de medios sociales para resolver las controversias. Los científicos no siempre desafían las declaraciones de los otros experimentadores ya que confían en sus colegas. Los vínculos sociales que mantienen unidas a las subculturas científicas son condiciones esenciales para la producción de conocimiento consensualmente aceptado. Muchos científicos, la mayor parte del tiempo, viven sus vidas dentro de una matriz de verdad que los soporta y sólo cuando la verdad se desmorona se exponen a la vista los mecanismos sociales. Las controversias revelan las relaciones de autoridad

y crédito ocultas en el conocimiento, señalando que las instituciones formales son menos importantes que las conexiones informales entre los miembros de la comunidad científica, unas relaciones sociales ampliamente internas a los científicos donde lo que importa no son las causas macrosociales (en lo que se diferencia diametralmente del Programa Fuerte) sino las causas sociales a una escala mucho más pequeña, donde el acento se pone en los juicios y negociaciones contingentes entre pequeños grupos de especialistas.

Steve Shapin y Simon Schaffer también trabajan en el campo de investigación empírico de las controversias. Su interés primordial está en ver cómo, a pesar de que las controversias se inician con disputas sobre los hechos “técnicos”, es posible discutir también sobre lo externo a los asuntos más amplios que están en juego en vez de argumentar sólo desde el contexto social interno a los contenidos científicos (Golinski 1998), con lo que el trabajo para el historiador se multiplica. Para Laudan (1986), es en los parámetros del debate y de la controversia científica donde el historiador puede descubrir cuáles eran los problemas empíricos y conceptuales reconocidos, hacerse una idea bastante clara de la importancia de los mismos y determinar el grado en que las tradiciones de investigación resultaban progresivas en sus modificaciones.

Latour y Woolgar (1995) muestran cómo los hechos se construyen de tal manera que, una vez cesa la controversia, se dan por sentados; después de las controversias lo único que queda son enunciados desprovistos de autor, de juicio, de polémica e incluso carentes de toda alusión al mecanismo experimental que los generaron. Al final de la controversia se pasa de la polémica más aireada al conocimiento tácito, el paso es progresivo y continuo, por lo menos cuando todo transcurre con normalidad, lo que por supuesto ocurre raramente. Por esto, para Latour, el estudio de las innovaciones y controversias es uno de los primeros lugares privilegiados donde es posible ver los objetos como “mediadores visibles, distribuidos, referidos, antes de que se vuelvan invisibles y asociales” (Latour 2008:119). Mientras existe la controversia, la naturaleza nunca se utiliza como árbitro final ya que nadie sabe lo qué es y dice. Pero una vez la controversia se cierra, la naturaleza es el árbitro decisivo. Éste es uno de los rasgos característicos del pensamiento de Latour y en el que difiere ampliamente con Collins y otros sociólogos, la agencia (de la que hablaremos más adelante) que atribuye a los objetos de la ciencia y que permite distinguir distintas maneras de concebir las relaciones entre los sujetos y los objetos que protagonizan la ciencia (Latour 1996, 1998a).

La importancia de la controversia para Latour y Woolgar radica en el hecho de que cuando los investigadores, especialmente los historiadores, se dirigen sólo a los pro-

ductos, a los hechos, tienen la tarea fácil. Llegan después de la batalla y sólo necesitan una razón para explicar el fracaso de quien salió derrotado, por lo que enfatizan que la historia de una controversia debe ser cuidadosamente elaborada “para no presentar el lado victorioso (retrospectivamente) de las teorías resultantes, como abogados de lo obvio, mientras que los perdedores son calumniados como “reaccionarios” prevenidos por sus fallos para abrir sus ojos a la verdad” (Latour y Woolgar 1995:97), con lo que la tarea de los historiadores es moverse libremente por el pasado y el futuro reencontrando las victorias y conduciéndolas al establecimiento del conocimiento estándar que luego aparecerá, como si de una ficción literaria se tratara, en los libros de texto (Ravetz 1973). Las reflexiones provenientes del estudio de las controversias permiten entrever las estrechas e intrincadas relaciones entre la historia de la ciencia y la sociología del conocimiento científico. La relevancia del estudio de las controversias ha sido reconocida por varios investigadores en enseñanza de las ciencias (Mathews 1994, Kipnis 2001, Niaz 2009, Vallverdú e Izquierdo 2010).

### **5.1.3. La corriente etnometodológica**

Con la consolidación de la corriente constructivista se ha empezado a ver la ciencia como un racimo de prácticas en las cuales la gente se involucra, antes que como una realización puramente intelectual. Este cambio de perspectiva apunta al predominio de una mirada más próxima a propuestas de las ciencias sociales que aquellas de una filosofía normativa, en las que resulta interesante acercarse a las comunidades científicas, como a cualquier otra comunidad (Golinski 1998). Los etnógrafos intentan discernir acerca del significado de las actividades observando lo que los científicos hacen en vez de intentar discernir acerca de lo que piensan. La etnografía en los laboratorios y lugares donde se lleva a cabo la actividad científica se caracteriza por un interaccionismo metodológico, como lo define Knorr-Cetina (1981), que garantiza que la investigación se mantenga interesada en la práctica, en vez que en la cognición de sus objetos de estudio, donde el punto central no es el “por qué” sino llamar la atención al “cómo”; los etnometodólogos no buscan explicar, sino aprender cómo se procede cuando alguien se convence a sí mismo para explicar algo que hace parte de su vida cotidiana. Cuando los etnógrafos entran a los terrenos de la ciencia tienden a enfocarse en dominios de espacio y tiempo relativamente limitados, condiciones bajo las cuales el trabajo de campo antropológico debe ser llevado a cabo, si se tiene en cuenta que todas las culturas, incluidas las científicas, son locales. El entendimiento de la difusión del conocimiento científico desde el laboratorio requiere un profundo reconocimiento de los diversos

elementos involucrados en la práctica en el lugar de la investigación científica y de sus vínculos multiformes con el mundo que se halla fuera (Golinski 1998). Para estos etnógrafos es claro que “la actividad científica no es ‘sobre la naturaleza’; es una lucha fiera por construir la realidad y el laboratorio es el lugar de trabajo y el conjunto de fuerzas productivas que posibilita esa construcción” (Latour y Woolgar 1995:272).

*La vida en el laboratorio* de Bruno Latour y Steve Woolgar, escrito en 1976, fue un estudio pionero en el campo de los estudios etnográficos de laboratorios específicos de investigación; señaló un camino diferente hacia una sociología de los científicos, en oposición a la tradicional sociología de la ciencia que se limitaba a patrones de carreras, instituciones, ética, comprensión pública, sistemas de recompensa, disputas legales y sólo con gran prudencia proponía establecer “algunas relaciones” entre algunos factores “cognitivos” y algunas dimensiones “sociales” pero sin insistir demasiado en ello (Latour 2008). Este estudio fue seguido por los trabajos de Karin Knorr-Cetina y Michael Lynch, a comienzos de la década de los años ochenta del siglo pasado, siendo los primeros sociólogos comprometidos en estudios de observación directa de los trabajos prácticos entre científicos experimentales, buscando reivindicar que las interacciones entre pequeños grupos no son “menos” sociales que las fuerzas a gran escala (Golinski 1998). Esto implica en el fondo una redefinición del término social que se refiere ahora a fenómenos alejados del influjo evidente de la ideología, el escándalo o los factores macroinstitucionales sobre la ciencia, factores que apenas agotan el hecho de que su carácter social se explica en el carácter idiosincrático, local, heterogéneo, contextual y multifacético de las prácticas científicas (Latour y Woolgar 1995).

Para Knorr-Cetina (1981) hay muchas sorpresas cuando se entra a un laboratorio y se estudia etnográficamente un grupo de científicos. La idea de que esta empresa pueda ser definida en unos términos epistemológicos idealizados es fácilmente refutada al no tener cabida las inducciones experimentales o las conjeturas y refutaciones empíricas de los filósofos lógicos de la ciencia. Esas preconcepciones, afirma Knorr-Cetina, se desmoronan cuando el etnógrafo es capaz de ver que el éxito de hacer que las cosas funcionen es mucho más mundano que la búsqueda de la verdad la cual igual nunca se alcanza. La investigación etnográfica es una tarea realista que intenta representar verdaderamente el orden social de la vida en los laboratorios y los institutos de investigación tal como ellos son, este enfoque es bien diferente a dedicarse a explicar socialmente toda la ciencia ya que permite entender la contingencia y contextualidad de sus productos. El etnógrafo no entra al laboratorio a investigar el trabajo científico con la intención de buscar la verdad y comprobar hipótesis, sino que su investigación

es descriptiva. Este tipo de enfoques permiten, por ejemplo, ver que el trabajo de los científicos no parece distinguirse por destrezas cognitivas especiales o la consistente aplicación de un único método científico y que ellos en cambio pueden ser considerados como razonadores prácticos, cuyos juicios no son determinados por la lógica deductiva sino por ser pragmáticos y contingentes; las habilidades de razonamiento de los científicos son enteramente comparables con aquellas de la gente en otras situaciones de la vida cotidiana.

Knorr-Cetina (1981) afirma que sólo al entrar al laboratorio se encuentra que la dicotomía social/racional es obsoleta, que las distinciones entre lo cognitivo y lo social, entre lo técnico y lo profesional, entre lo científico y lo no científico son borradas constantemente en la práctica científica; que el tráfico entre las áreas sociales y técnicas o científicas es así mismo un tema de la negociación científica, que puede ser más claramente vislumbrado si la investigación se dirige a la producción científica en curso antes que a su ascendencia histórica, con lo que el acento se pone en considerar los productos científicos como primero y más importante resultado de las operaciones “cognitivas”, mediadas por un proceso social de negociación situado en el tiempo y el espacio, en vez de la toma de una decisión lógica individualmente.

#### 5.1.4. Bruno Latour: de los estudios de la ciencia a la teoría del actor-red

Hacer un recorrido por el pensamiento de Bruno Latour implica un movimiento a través de los diferentes momentos en la sociología de la ciencia posterior a los trabajos de Kuhn (Farías et al. 2010). Las bases de su programa, construido y extendido sobre las bases de la sociología del conocimiento científico, se sentaron en 1987 en *La Ciencia en Acción*. Posteriormente Latour abogó por “un giro más, después del giro social” que se consolidó en lo que denominó los *Estudios sobre la ciencia* y se extendió hasta su teoría del actor-red en la que trabajó inicialmente con el sociólogo Michael Callon.

Para Latour (2001) los *estudios sobre la ciencia* son capaces de revelar, *a posteriori*, todo el trabajo que científicos y políticos tuvieron que hacer para convertirse en una trama inextricablemente unida. Así, el trabajo de los investigadores no consiste en afirmar *a priori* que existe “alguna conexión” entre la ciencia y la sociedad, ya que la existencia de esta conexión depende de lo que los actores han hecho o dejado de hacer para establecerla. Los *estudios sobre la ciencia* simplemente proporcionan los medios para desvelar esta conexión cuando existe. Latour afirma que, cuando se divide cualquier estado de cosas en un componente material al que se agrega como apéndice uno social,

hay algo seguro: es una división artificial impuesta por disputas disciplinarias, no por requisito empírico alguno. Simplemente quiere decir que la mayor parte de los datos ha desaparecido, que el curso colectivo de la acción no ha sido seguido hasta el final. Ser “tanto materiales como sociales” no es una manera de existir propia de los objetos: es sólo una manera de dividirlos artificialmente y de volver completamente misteriosa su agencia particular (Latour 2008).

Su trabajo, según Latour (2001), no es totalmente sociológico pero tampoco por completo filosófico; se caracteriza por la inclusión de un buen número de términos que intentan explicar cómo entender la ciencia, implica reconocer a los no-humanos entidades que en un principio son ajenas a la vida social y que luego van siendo poco a poco socializadas, pasando a vivir entre nosotros, a través de los puentes tendidos por los laboratorios, las expediciones, las instituciones y demás, tal como los últimos historiadores de la ciencia han descrito con mucha frecuencia. Las discusiones acerca de la ciencia han pasado para Latour de ser cuestiones sobre lógica (¿se trata de un camino recto o desviado?) a cuestiones sociológicas (¿se trata de una asociación más o menos sólida?). Acciones tales como “dividir”, “clasificar” u “ordenar” no hacen justicia a la naturaleza imprevisible y heterogénea de las asociaciones que caracterizan la actividad científica. A partir de los *estudios sobre la ciencia* es posible estudiar cómo se determinan las causas y los efectos, qué elementos están relacionados entre sí, qué tamaño y resistencia tienen esos vínculos, quiénes son los portavoces más legítimos y cómo se modifican todos estos elementos durante la controversia. Latour llama cuestiones sociológicas a las respuestas a estas preguntas y lo único que se pretende saber sobre estos trayectos es a dónde van, cuánta gente los recorre, con qué tipo de vehículo y si son cómodos para viajar, no si son correctos o están equivocados.

De otro lado, como señala Golinski (1998), para Latour, sólo en el proceso de “seguimiento” del trabajo científico se derrumba la idea de que el discurso científico es puramente literario o ficticio ante la posibilidad de recurrir a los instrumentos de laboratorio que produjeron las “inscripciones” originales representadas en los textos. Es posible ver también cómo dichos instrumentos son “cajanegrizados” y luego pasan de un usuario a otro, aumentando su autoridad en la medida que se mueven alejándose de su lugar de origen. Los hechos y las máquinas son transmitidas en la misma manera, pasan por las cadenas de personas vinculadas a través de redes que posibilitan el movimiento desde el conocimiento local hasta los laboratorios de la “tecnociencia” alrededor del mundo y que permiten ver al mundo reformado para reensamblar los dispositivos especiales de los que los artefactos materiales son hechos. De ahí, que los hechos y las máquinas

sean capaces de sobrevivir en un mundo más allá de las paredes del laboratorio.

Estas “cajas negras” de las que habla Latour (1992) son los “hechos sólidos” o “máquinas altamente sofisticadas”, o “poderosas teorías” o “evidencia indiscutible”. Todos términos que aluden a fortaleza y poder, pero que no señalan el número inmenso de asociaciones reunidas en su interior. Para Latour, ese objetivo “imposible” de abrir la caja negra se hace posible, mas no fácil, si el investigador se desplaza a través del tiempo y el espacio, hasta que se encuentra con el tema controvertido en el que los científicos o los ingenieros trabajaban afanosamente antes de que la caja se cerrara. Así en vez de encerrar los aspectos técnicos de la ciencia en esa caja y buscar luego sus prejuicios e influencias sociales, es más favorable estar presente antes que la caja se cierre y se vuelva negra, por lo que para Latour la decisión más importante es hacer la entrada en la ciencia y la tecnología por la puerta trasera de la ciencia en proceso de elaboración, y no por la más imponente de la ciencia elaborada. La caja negra, ese dispositivo simplificante acerca del cual no necesitamos conocer más que las entradas (“inputs”) y las salidas (“outputs”), debe ser abierto, sin importar lo controvertida que sea su historia, lo complejo que sea su funcionamiento interno, lo extensa que sea la red, comercial o académica, que la sostiene.

Latour (2008) en *Reensamblar lo social* explica: “El proceso de gestación (“making of”) de cualquier empresa ofrece una visión que es suficientemente diferente de la oficial. No sólo lo lleva a uno detrás de escena y lo hace conocer las capacidades y los trucos de los profesionales, también ofrece una rara visión de cómo es que una cosa emerge de la inexistencia al agregar a cualquier entidad existente su dimensión temporal. Aún más importante, cuando uno recorre una obra en construcción experimental, la sensación inquietante y excitante de que las cosas podrían ser diferentes, o al menos que aún podrían fracasar; sensación que nunca es tan profunda cuando uno se enfrenta al producto final, por hermoso o impresionante que sea” (Latour 2008:132).

Todas estas ideas llevan a su concepto de redes tecnocientíficas, que Golinski (1998) describe como sistemas a gran-escala en los cuales los artefactos científicos y tecnológicos se extienden a través del tiempo y el espacio, vínculos heterogéneos de gente y cosas –asociaciones de humanos y entidades no-humanas–, que al ser rastreadas posibilitan seguir, aunque no exactamente de explicar, el paso de una controversia a conocimiento aceptado. La participación de los no-humanos en esta “vida social” implica un grado de agencia tal que son capaces de redireccionar las acciones de los humanos y no estar enteramente sujetos a ellos.

Estas redes permiten seguir la circulación de la actividad científica y evidenciar las conexiones entre políticos, científicos, equipos, laboratorios, no-humanos, modelos científicos e instituciones entre otros, un modelo que Latour comenzó a gestar desde la *Ciencia en acción* y que estuvo fuertemente soportado por sus reflexiones acerca de la manera como los historiadores de la ciencia debían aproximarse a su objeto de estudio. La actividad científica para Latour (2001) circula por cinco ámbitos:

- El primero, que denomina **movilización del mundo** exige “desplazarse” desde los lugares donde se produce la ciencia hacia el mundo, ocupándose de las expediciones, de las inspecciones, de los instrumentos, de los equipos, pero también de los lugares que reúnen y mantienen unidos todos los objetos de la ciencia, implica la historia de la logística de la actividad científica.
- Al segundo le denomina **autonomía** exige explorar cómo un investigador se rodea de colegas, cómo una disciplina, una profesión, una camarilla, un colegio invisible se independizan y crean su propio criterio de evaluación y de aptitud, base de todas las relaciones que se dan entre los investigadores; implica la historia de las profesiones y de las disciplinas, así como la historia de las instituciones científicas.
- El tercer ámbito es el de las **alianzas**, que se refiere a las habilidades necesarias para suscitar el interés de grupos aparentemente no relacionados con la ciencia que resultan fundamentales para posibilitar que circule toda la actividad científica, como el estado, el ejército, la industria, el sistema de enseñanza, etc. e implica entre otros el estudio de la “tecnocracia” y de la “burocracia”.
- El cuarto se ocupa de la historia de las **representaciones** que las sociedades se han creado de las certezas científicas, la forma cómo una sociedad recibe una teoría, así como la resistencia activa de las personas ante la expansión, los privilegios y las pretensiones de las innumerables disciplinas científicas. Se refiere a la socialización en masa de los objetos de la ciencia, a la capacidad que tienen los científicos de movilizarlos fuera de sus colegas, de los políticos o las agencias de financiación implicados en un determinado “proyecto” científico (los dos ámbitos anteriores).
- Finalmente están los **vínculos**, los elementos que agrupan y mantienen unidos todos los elementos de los cuatro ámbitos anteriores, los que por error fueron separados al mundo de la historia interna, los conceptos de la ciencia a los que tanto temen los historiadores y que fueron, como Latour (1998b) señala, cedidos a los científicos que se ocupan de la “verdadera historia de la ciencia”. Éstos aglutinan los demás elementos descritos anteriormente y es en ello que radica su importancia dentro de la actividad científica.



El trabajo de Latour ha sido discutido por investigadores en enseñanza de las ciencias, con opiniones divididas entre las que sobresalen las advertencias a su presencia en la educación científica de parte de Peter Slezak (1994a, b), su empleo en el aula (Volante et al. 2007, Roth 1999, Fetzer 2009) o a reflexiones críticas más constructivas a nivel teórico como los trabajos de Kelly et al. (1993) o Lemke (2001).

## **5.2. LAS RELACIONES ENTRE LAS MIRADAS HISTÓRICA, FILOSÓFICA Y SOCIOLOGÍA DE LAS CIENCIAS**

Los programas de investigación presentados en la sección anterior permiten evidenciar cómo la mirada sociológica contribuye gracias a sus estudios empíricos en la agenda del entendimiento del conocimiento científico, con elementos que fortalecen los aportes desde las nuevas historia y filosofía de las ciencias. Asimismo, según señala Bloor (1998), ha llegado a afectar fronteras disciplinarias firmemente establecidas, como las que tradicionalmente la separaban de la historia o la filosofía de la ciencia; esta dislocación —si no disolución— de fronteras no podía dejar de repercutir en la correspondiente división del trabajo intelectual y en la lucha por los respectivos campos de poder e influencia en las ciencias sociales.

Las visiones tradicionales de un historiador que se ocupa de hechos y datos, buscando disponerlos en un relato coherente y convincente acerca de cómo han evolucionado las ideas científicas, de un filósofo de las ciencias que, por el contrario, se entiende comúnmente en un papel normativo, acerca de cómo debe proceder la verdadera ciencia y de un sociólogo que se preocupa por encontrar explicaciones causales que permitan definir la ciencia a partir de lo social, aparecen obsoletas a la hora de dar cuenta del tipo de investigaciones y aproximaciones que pueden contribuir a describir la actividad científica de hoy. Aparecen inadecuadas ante una ciencia que se extiende día a día lejos de los límites de las disciplinas científicas tradicionales; la nanotecnología, la biología molecular o la ciencia de materiales parecen inabarcables y son abordadas hoy por equipos de filósofos, sociólogos, historiadores, antropólogos y científicos en un contexto más interpretativo y más abierto donde se reconoce el valor de lo local y de lo contingente.

El camino que tomaron la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia en la últimas décadas, después del trabajo de Kuhn, ha puesto de manifiesto la necesidad de reflexionar, incluso, acerca de los pilares de la actividad científica, como la verdad, la racionalidad y el método científico; la prioridad que se ha dado a la práctica científica antes que a los conceptos y normas, el cuestionamiento de los esquemas tradicionales

que enarboló la ciencia como Ideal moderno; la mirada a lo local, contextual y heterogéneo de la actividad científica, la reivindicación de la movilidad entre categorías estáticas como medio para abandonar las dicotomías y las fronteras tradicionales (incluso las disciplinares), son aspectos que caracterizan el estudio del conocimiento y la práctica científica desde estas nuevas miradas.

Golinski (1998) señala como el reconocimiento y valía que se ha dado a la perspectiva histórica en la discusión sobre la ciencia y la actividad científica ha permitido avanzar hacia la “historización” de la ciencia y todas sus categorías asociadas: descubrimiento, evidencia, argumento, experimento, experto, laboratorio, instrumento, imagen, replicación, ley; tópicos que han sido reconfigurados como temas de investigación en los que se les trata como constructos históricos problemáticos que necesitan explicaciones contextuales, antes que análisis filosóficos *a priori*. Así mientras que la filosofía colabora con sus útiles hábitos de escepticismo y criticismo, la historia y la sociología son los proveedores de los elementos de la ciencia del pasado y de la ciencia como práctica humana (Chang 1999).

La historia de la ciencia, sus preguntas de investigación, sus metodologías y las evidencias empíricas que aporta se constituyen en insumos importantes para la filosofía de las ciencias, en un esquema donde el papel de la historia ha sido revalidado y la jerarquización que posicionaba a la filosofía por sobre las demás disciplinas está siendo criticada o refutada por numerosos historiadores de las ciencias (Bacarlett 2005) que abogan por una relación horizontal (Solís 1994) en la que la historiografía de la ciencia ya no es sólo una herramienta para escribir un caso histórico como la concebía Lakatos (1970), sino donde es posible incluso discutir e intentar proponer un “historicismo impecable” (Galison 2008) en el que la filosofía entre a escena con la historia, no antes de que los acontecimientos sucedan a la manera de la tradición positivista con la que se escribieron los relatos históricos que consolidaron un modelo monolítico de ciencia (Nersessian 1995) que aún hoy sigue siendo desafiado por las “nuevas” filosofía, historia y sociología de las ciencias.

Golinski (1998) explica la relación entre historia de la ciencia y sociología de la ciencia, en dos sentidos: como debate sociológico, formulando cuestiones para la investigación histórica, y desde la narrativa histórica, como arena en la cual las soluciones a los problemas teóricos pueden ser halladas en la sinceridad de la práctica científica y de sus compromiso con los objetos materiales. La “nueva” historiografía de la ciencia se ha apoyado en la “nueva” sociología, haciendo visibles las relaciones entre conocimiento

y poder que han facilitado la aparición de novedosos estudios relacionados con temas como imperialismo, género y raza (Nieto 1995). Este “nuevo” relato historiográfico que Karstens (2010) ha definido como el futuro de la historiografía tiene su fundamento, según este autor, en los enfoques post-humanistas de sociólogos como Latour o Andrew Pickering y en la etnometodología de Harold Garfinkel.

Así, las relaciones en las ciencias sociales son más que obvias entre las tres disciplinas, por lo que Nieto (1995) hace un llamado a reconocer la importancia de algunas de las nuevas propuestas de la sociología del conocimiento científico como medio para solucionar algunos de los impedimentos que hasta ahora han dificultado la labor de aproximarnos al problema de comprender la ciencia de una forma más concreta, a saber: la presencia de una filosofía de la ciencia en su forma tradicional, que busca criterios de demarcación formales y ahistóricos y que demanda por un método único para las ciencias; la concepción dicotómica de ciencia y sociedad; la tendencia a ver el conocimiento científico operando en un espacio autónomo, que impide un genuino entendimiento de sus raíces sociales y el hecho de que los conceptos de poder y control social se restrinjan a los campos de la política, la milicia y las leyes. Pero, más allá de las reflexiones teóricas que señalan las relaciones entre la filosofía, la historia y la sociología de las ciencias, es la misma práctica científica la llamada a evidenciar las múltiples interacciones que se establecen entre estos tres campos de conocimiento y la necesidad de abandonar las divisiones nítidas apegadas a la fuerza inercial de las disciplinas con el fin de alcanzar una comprensión más cercana de lo que es la ciencia, uno de los objetivos que, como vimos, se han propuesto los enfoques didácticos HFC y NdeC.

### **5.3. LAS RELACIONES ENTRE LAS MIRADAS HISTÓRICA, FILOSÓFICA Y SOCIOLÓGICA DE LAS CIENCIAS Y LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

Los planteamientos e ideas de las secciones anteriores son necesarios y ampliamente valiosos en este trabajo para establecer las relaciones de las miradas histórica, filosófica y sociológica de las ciencias con la enseñanza de las ciencias, ya que permiten entender porqué el discurso científico escolar, a nivel curricular, de formación de profesores o en los libros de texto, entre otros, ha puesto su atención predominantemente en la mirada filosófica del conocimiento científico. Tal como se ha mencionado previamente, el papel que se ha atribuido a la historia, también en la enseñanza, ha sido instrumental; el relato historiográfico sirve para soportar una imagen de ciencia que ha sido definido previamente por la filosofía de la ciencia. Las relaciones entre estas dos disciplinas están marcadas por una superioridad expresa de la filosofía sobre la

historia, en la que los señalamientos de Lakatos son retomados por investigadores en la enseñanza de las ciencias que le siguen fielmente citando su frase “cualquier estudio histórico debería estar precedido por un estudio heurístico: la historia de la ciencia sin la filosofía de la ciencia está ciega” (Lakatos 1970:138) y que puede servir como claro ejemplo para entender el dominio, como metaciencia, que ha tenido la epistemología en la enseñanza de las ciencias.

Si la relación historia-filosofía que ha trascendido a la enseñanza de ciencias tiene este cariz, la situación es más compleja cuando se añade la tercera componente, la sociológica, ya que los hechos que se han venido evidenciando muestran que la didáctica de las ciencias no está teniendo en consideración los cambios que se han producido en las ciencias sociales en las últimas décadas, del nivel de las relaciones actuales entre filosofía-historia-sociología de las ciencias y de las grandes ventajas que traería para la enseñanza de las ciencias el empezar a entender la ciencia desde la práctica, antes que desde lo normativo soportado en una ciencia idealizada del pasado.

En este trabajo se entiende la sociología de las ciencias como metaciencia, que puede aportar al entendimiento del discurso del enfoque histórico-epistemológico en la enseñanza de las ciencias, descentrando la atención en las preconcepciones tradicionales de las tres disciplinas: historia, filosofía y sociología de las ciencias y virando hacia las interrelaciones descritas anteriormente entre ellas entendidas como miradas. Este salto implica, entre otros temas:

1. Revisar la dicotomía interno/externo. Preocuparse por entender cómo la división externo/interno que se originó en la sociología de la ciencia y luego se extendió a la historia de la ciencia, está presente en los relatos historiográficos de los libros de texto; cómo esta dicotomía ha permitido que en el ámbito escolar la enseñanza se haya centrado en lo “interno” de la ciencia, en los conceptos, en ese núcleo duro que incluso algunos investigadores se empeñan en proteger de esas “nocivas” influencias externas que deben estar al margen de la ciencia escolar.
2. Dirigir la mirada a la práctica científica. En la escuela hablar de práctica científica se ha centrado en formar estudiantes de ciencias como “científicos”, entendiendo que este proceso requiere reconocer que la práctica científica escolar difiere de la práctica científica “verdadera”. Esa ciencia escolar se centró en los productos terminados de la ciencia. No obstante, los estudiantes aprenden cómo pensar, trabajar, comunicar como “científicos escolares” sobre unos productos “hechos” (en todo el sentido de la palabra hacer) y en ese proceso se quedaron los procesos por fuera.

No los procesos de la “ciencia escolar” sino los procesos de la ciencia. La caja negra de la ciencia escolar se cerró dejando atrapadas las historias de los descubrimientos, los detalles, las controversias, las contingencias, las negociaciones y una mirada que considera lo sociológico exigiría primero reconocer qué cosas se quedaron dentro, y luego sí revisar bajo qué condiciones se podría abrir la caja de nuevo y buscar o elaborar los discursos que hablen en la escuela de la ciencia como proceso, que muestren cómo se “fabricaron” todas esas entidades sobre las que están fundados los currículos, los planes de formación de profesores, las actividades prácticas, los libros de texto, etc., más allá de las explicaciones y reconstrucciones historiográficas que legitiman esa ciencia de certezas, de productos terminados, de progreso.

3. Cuestionarse sobre la importancia de la historia y el tiempo. Prestar atención a la mirada sociológica en la enseñanza de las ciencias implica reconocer la dimensión temporal de la ciencia y de la historia; implica un regreso al historicismo, en el sentido foucaultiano de la palabra (Foucault 1992), en el que se explican las cosas no en retrospectiva sino entendiendo de dónde salen, cuál es su origen, comprendiendo cómo el discurso histórico más que el reflejo de una época es el reflejo de una manera de hablar de “una” ciencia, aquella que se ha establecido como “oficial”. Esta metarreflexión puede ayudar a los profesores a entender y “usar” mejor la historia de las ciencias a la vez que puede contribuir a entender mejor la actividad científica.
4. Pensar en los científicos y los laboratorios. Finalmente es importante resaltar el aporte de las corrientes etnometodológicas. Humanizar debe ser entendido en un sentido mucho más complejo, limitarse a plantear como meta reconocer que los científicos también son humanos parte de un supuesto idealizado de ciencia, “entrar” al laboratorio de los científicos ofrece la posibilidad directa de desmitificarlos así como al método científico, la imparcialidad, la objetividad, el desinterés, la universalidad, los imperativos institucionales que Merton atribuyó al *ethos* de la ciencia. Implica, entre otras muchas cosas, entender también, tal como se mencionó anteriormente, que la ciencia tiene un epicentro, el laboratorio, y que hay muchos tipos de laboratorio distintos en la ciencia. Supone entender que los productos que se generan en ellos no se quedan allí, sino que se mueven, se extienden en redes, por diferentes sitios, más lejos o más cerca, dependiendo de la “fuerza” del epicentro, involucrando a su paso actores diferentes. La ciencia escolar y la limitada historia de los conceptos que le acompaña, carecen de esa posibilidad de rastrear cosas incluso dentro del lugar donde se generan, ya que en la mayoría de los casos el epicentro ha desaparecido también, ante el discurso dominante de los productos terminados.



## TERCERA PARTE

### COMPONENTE METODOLÓGICO DE ESTA INVESTIGACIÓN





## CAPÍTULO 6

### METODOLOGÍA

#### 6.1. ANTECEDENTES METODOLÓGICOS

En el año 2008 realicé una investigación titulada: “Tratamiento del enfoque histórico y filosófico del tema de la estructura atómica en los libros de texto universitarios de química”. Los resultados de aquella investigación están aceptados para publicación en la revista Enseñanza de las Ciencias en un artículo titulado “Análisis del enfoque de historia y filosofía de la ciencia en libros de texto de química: el caso de la estructura atómica” y sirvieron como prueba piloto para esta tesis.

En ese trabajo se analizaron algunos aspectos del enfoque HFC en cinco libros de texto que se usan en el primer año de carrera en la Universidad de Barcelona UB:

- Atkins, P. W. y Jones, L. Química: moléculas, materia, cambio (es el libro más recomendado en la bibliografía para los diferentes cursos).
- Dickerson, R. E. et al. Principios de química (aparece en segundo lugar en la lista de recomendación).
- American Chemical Society: Química un proyecto de ACS (esta asociación publica continuamente libros de texto universitarios que contienen innovaciones didácticas, por tanto es un referente importante).
- Centellas, F. et al. Fonaments d'estructura atòmica i d'enllaç químic (además de ser recomendado en 2 de 5 cursos, es escrito por un grupo de profesores de la UB como material acompañante de los cursos de química).
- Casabó, J. Estructura atómica y enlace químico (su autor es un químico catalán reconocido en el campo de investigación de los compuestos de coordinación).

En el análisis de estos libros se compararon los alcances de cuatro metodologías diferentes, dos específicas para contenidos de historia y filosofía en el tema de estructura

atómica y modelos atómicos –reconstrucciones históricas de Niaz (1998) y modelos históricos de Justi y Gilbert (2000) –mencionados en el punto 3.3–, una específica para evaluar contenidos de HFC en libros de texto de ciencias –la lista de chequeo de Leite (2002)– y otra que se usa para caracterizar “narrativas experimentales” en libros de texto de ciencias: el modelo de la función retórica (Izquierdo 2005).

Dicho marco metodológico se caracterizaba por su heterogeneidad y la posibilidad de encontrar en ésta una complementariedad que permitiera aproximarse a la complejidad propia de los libros de texto. De acuerdo con la valoración aplicada en dicho trabajo, la metodología de Niaz permite identificar que un buen libro de texto (en términos de HFC) es aquel que es capaz de hacer evidente el principio heurístico de los diferentes modelos atómicos sin caer en una retórica de conclusiones. En la metodología de Leite, un buen libro de texto es el que da relevancia a la información, fuentes, actividades y bibliografía de carácter histórico, mientras que con la metodología de Justi y Gilbert, un buen libro de texto es el que define claramente lo que es un modelo, permite caracterizarlo como un “programa de investigación científica” y no genera modelos híbridos. Finalmente, el modelo de la función retórica permite tener una visión global, descriptiva de la relevancia que se da a los aspectos históricos en la narrativa del texto. Las cuatro metodologías se caracterizaban por no compartir elementos comunes, es decir que no había una intersección aparente entre lo que aportaban, por lo que se buscó entender su aporte como una sumatoria de partes más que como el análisis de similitudes o diferencias. La operación de añadir elementos a la discusión encajaba, al menos hipotéticamente, con una idea inicial de lo que implicaba “complejizar” el análisis de la HFC en los libros de textos de ciencias.

Los resultados se agruparon desde dos perspectivas: una puramente metodológica, correspondiente al ejercicio comparativo anteriormente descrito y otra de los contenidos histórico-filosóficos en sí. En el primer caso, al comparar estas cuatro metodologías fue evidente que, a la par de la complejidad de los contenidos analizados, hay una dificultad asociada a lo que implica el análisis y una necesidad de responder preguntas como ¿para qué se quiere evaluar la HFC en los libros de texto? (para clasificarlos, medirlos, compararlos, decidir cuál usar en el aula). Asimismo, si se restringen estos interrogantes a qué metodología usar para satisfacer los objetivos propuestos, surgen nuevas preguntas: ¿es necesario dar prioridad a una única metodología? o ¿es más adecuado construir marcos metodológicos más amplios donde diferentes metodologías se complementen (o incluso no) y aporten elementos diversos para tener un panorama más amplio del problema? Estos interrogantes quedaron abiertos al final de la investigación.

En cuanto a los contenidos, se encontró que en la mayoría de los textos el tratamiento del tema de la estructura atómica, a pesar de ser uno de los que se haría más propicio para explotar el enfoque histórico-epistemológico, deja una imagen de ciencia inconexa, a partir de descubrimientos aislados realizados por científicos que trabajan individualmente, que no permiten comprender cómo es la ciencia, cómo funciona y cómo se representa. Ninguno de los textos analizados enfocaba adecuadamente el tema de la estructura atómica desde esta perspectiva, y fue posible identificar que el diseño de los libros cubría un espectro de posibilidades desde los que carecen por completo de una visión histórica-epistemológica, como el de Casabó, pasando por un nivel intermedio donde se evidencia cierto interés por ésta, como el libro de Centellas y colaboradores y el de Atkins y Jones, hasta los libros de Dickerson y colaboradores y el de la ACS que mostraban una idea de ciencia más contextualizada donde es importante conocer no sólo la disciplina en sí, sino también un poco de su origen y dinámicas hacia la construcción del conocimiento científico.

Estos resultados permitieron evidenciar la necesidad de plantear dos desafíos. El primero, relacionado con la manera cómo se deben analizar los libros de texto y la necesidad de reconocer que cada marco aporta aisladamente elementos para el análisis pero que, si diferentes miradas se ponen juntas y se asume que cualquier evento puede tener diferentes descripciones y que es inútil poner un punto de vista por sobre los demás ya que no hay posiciones privilegiadas (van Brakel 2000), se podría alcanzar una descripción más rica del estado de la HFC en estos libros de texto, donde finalmente la intención resulta conocer más acerca de ellos antes que clasificarlos o intentar colocarlos en compartimientos establecidos (Latour 2008).

El segundo está referido a los contenidos de HFC, propiamente dichos, a la necesidad de cuestionar cuál es la visión que tienen quienes hacen los libros de ciencias y quienes los usan para enseñar, acerca de la historia, la filosofía y por supuesto, de la ignorada sociología de la ciencia. En los libros de texto se replica el modelo por el cual cada episodio de la ciencia es tratado como si fuera parte de dos historias diferentes: una de lo político, lo social, lo económico, lo institucional y lo afectivo (considerada externa), que no se incluye e incluso se evita en la enseñanza de la ciencia, y otra para las ideas, los principios, el conocimiento y los procedimientos (interna) (Latour 2001), con lo que la imagen que se enseña se distancia ampliamente de la actividad científica y se podría decir que predominantemente en la escuela se habla desde una perspectiva muy parcializada que privilegia en la mayoría de los casos los elementos de una historia interna de la ciencia.

El escenario planteado por aquel trabajo evidenció lo forzado que podía resultar establecer escalas, intersecciones o calificaciones para clasificar los contenidos de los libros de texto, dejando claro que se podía ir más allá, que avanzar significaba una ruta hacia lo que se entendía como “hacer más complejo”, en el sentido de cuestionar los trabajos en los que se apuesta por posturas históricas o filosóficas de manera independiente, y por supuesto aquellas posturas que ignoran por completo a la sociología. Avanzar implicaba cuestionar posturas donde las miradas intentan integrarse unívocamente como una intersección de las mismas, reflejo de una simplificada comparación de similitudes y diferencias. Así que la nueva ruta partía de aceptar que mirar los contenidos de los libros de texto de ciencias desde la perspectiva HFC no era tan simple como un “A o B” o la intersección de los mismos sino que había que complejizar, abrir las puertas a muchos enfoques a la vez, ver desde varios lugares.

En el escenario de esas ideas, algunos planteamientos de Latour (2001) ajustaban bastante bien con lo que se buscaba para esta investigación. Resultaba de especial interés su analogía en la que la ciencia es vista como una enmarañada red, por lo que se partía entonces del hecho de asumir que los libros de texto que transmiten el conocimiento científico en la escuela hacen parte de esa red y que además en la medida que contienen una imagen de ciencia son contenedores de una red que la representa, en resumen, son como las redes de la tecnociencia en la medida que son ampliamente complejos. Así analizar un libro de texto desde esta perspectiva implica darse a la tarea de rastrear y recorrer esas redes, para lo cual podría resultar interesante ir por una nueva ruta, incierta por demás, en la medida que no parte de categorías pre-establecidas sino que se va trazando en la medida que los libros “hablan” y muestran por dónde ir. En esa etapa inicial, la de la primer prueba piloto, los resultados sugirieron que los libros de texto debían ser mirados más complejamente y que reflejo de esto debía ser la inclusión de la mirada sociológica, generalmente ausente hasta el momento.

## **6.2. UNA METODOLOGÍA PARA “RASTREAR” LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA EN LOS LIBROS DE TEXTO DE CIENCIA ESCOLAR**

En esta sección se definen algunos aspectos relevantes que marcan las decisiones a partir de las cuales se establecen los criterios de análisis que se aplicarán para el estudio de los libros de texto. Estos se pueden entender en tres niveles desde lo que significa conocer: la posición del observador, la imagen que se tiene del objeto de estudio y finalmente la manera en que las dos se encajan en una manera de “investigar” que debe ser consecuente con las consideraciones epistemológicas que estas dos categorías (sujeto/objeto) implican.

### 6.2.1. Primera consideración: el “observador”

Uno de los problemas más serios en el análisis de libros de texto, es el de la reproducibilidad y la debilidad estadística de la fiabilidad entre co-evaluadores. Chiappetta et al. (2006) afirman que superar esta dificultad debe ser una de las prioridades de los investigadores en este campo. Esta preocupación fue una de las primeras que se consideró al tomar las decisiones metodológicas de este trabajo. Finalmente se decidió que el análisis iba a ser realizado por un sólo investigador, dando respuesta a varios aspectos de índole práctico, y a la vez epistemológico.

Desde lo puramente operativo, estábamos ante una muestra voluminosa, en la que en algunos casos había que revisar más de treinta páginas por cada texto, el tiempo total de recolección de datos fue más de seis meses, por lo que realizar el análisis con pares resultaba complicado. De otro lado estaban las ideas de la doctoranda, acerca de la actividad investigadora, que se podrían soportar, en la postura de Harding (1991), acerca de la necesidad de un reconocimiento de partida del hecho de que cada “verdad” nueva es parcial y culturalmente determinada, y que personas diferentes tienen experiencias y formas de ver distintas, por lo que perspectivas, valores e intereses diferentes influyen la manera en que, por ejemplo, se analiza un libro de texto. Este hecho, la influencia y la manera en que el marco cultural del “observador” define el estudio de cualquier tema se desconoce en la investigación pero obviamente existe (Haraway 1988) y en este trabajo se apuesta por hacerlo explícito y considerarlo como parámetro que soporte la decisión de no realizar un análisis con pares o co-evaluadores.

### 6.2.2. Segunda consideración: lo “observado”

En el capítulo 2 se señalaron diferentes aspectos que permiten evidenciar con suficiencia la relevancia de un estudio más acerca de los libros de texto. A pesar de que su análisis crítico en sí mismo no dice nada acerca su uso, el hecho de que sus contenidos sean tan estables puede resultar muy valioso para caracterizarlos, evaluar su calidad y su pertinencia, ya que resultan ser eco de las prácticas y contenidos de la ciencia escolar en un momento determinado.

Además de los múltiples aspectos mencionados en el marco teórico, esta justificación va acompañada de una muy personal que implica la relación que como profesora de química de primer año de universidad ha tenido la doctoranda con ellos. Ésta ha evolucionado desde una total dependencia, incluso por un único libro, en las

primeras clases hace más de diez años, a una posición más crítica que cuestionaba la necesidad de definir un libro “guía” para los cursos, y que se expresaba en el aula con un rechazo al libro de texto único y la apuesta por múltiples fuentes para la consulta por parte de los estudiantes, reflejo de cómo la experiencia de la autora de esta investigación con el libro de texto se fue reconfigurando con el paso del tiempo en su labor docente. Parte de ese proceso implica la manera cómo en este trabajo se entiende al libro de texto, un no-humano (Latour 2001) que es movilizado como parte de la actividad científica y que está altamente conectado con ella a nivel de su enseñanza, haciendo parte de una red compleja que la explica, como se ha mencionado ampliamente.

De otro lado está la historia de la ciencia misma contenida en el libro de texto, la cual se entiende en este trabajo como una narrativa construida (Kohler-Riessman 2005), legitimadora de un tipo específico de actividad científica, ampliamente influenciada, conectada y en algunos casos subordinada al marco epistemológico bajo el cual fue escrita. Así, la historia de la ciencia, no existe *per se* y cada relato, cada episodio dentro de ella, puede ser considerado como una estructura más o menos compleja, interconectada con otras estructuras que hacen parte, a su vez, de un cuerpo más elaborado, el de la ciencia, por lo que analizar la historia de la ciencia, se puede entender como la labor de “rastrear” ciertos elementos mirando al pasado sin desatender sus conexiones dentro de la “red” de la que hacen parte.

De esta manera, tal como se evidenció en el punto 2.1. en este trabajo, el libro de texto es un elemento complejo, un “actor polifacético” que forma parte de la inmensa red tecnocientífica, más que una simple herramienta didáctica. El libro de texto es un objeto de estudio que contiene un relato y unos contenidos que reflejan no sólo las concepciones del autor sino también las de una época con respecto a cómo se entiende la actividad científica.

### **6.2.3. Tercera consideración: el “método”**

Finalmente, para analizar la forma como se habla de la ciencia en los libros de texto, a partir de ciertos elementos que se pueden vincular con la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia, se entiende en este trabajo que es un asunto ampliamente complejo que amerita una metodología en la que se reúnan diferentes elementos que aporten desde diferentes perspectivas a describir qué se entiende en los libros de texto por la ciencia, la actividad científica y el trabajo de los científicos.

Una primera componente del análisis está basada en el análisis de redes, que nos permitirá rastrear la ciencia como una red que está definida desde las teorías de análisis de redes por actores que se denominan puntos, nodos, elementos o agentes y las relaciones, lazos o vínculos que se establecen entre ellos y que se pueden presentar en dos dimensiones: una material (entre cosas) y una semiótica (entre conceptos).

El análisis de redes enfatiza las relaciones entre actores, antes que los atributos; un actor se describe a través de ellas, siendo éstas tan importantes como los actores mismos. En nuestro caso, no asumimos implícitamente que el electrón, el protón y el neutrón, para dar un ejemplo, hacen parte de una misma red sólo porque comparten el atributo de ser componentes del átomo sino que formarán parte de una red en la medida que el autor explicita algún tipo de relación material o semiótica entre ellos, por ejemplo que describa cómo desde la hipótesis de Rutherford los electrones giran alrededor de un núcleo; el hecho de que algunos actores compartan atributos no implica necesariamente la presencia de vínculos entre ellos. Esto es fundamental ya que son esas micro-relaciones entre pares individuales de la red las que van permitiendo que una estructura más compleja emerja y que se pueda luego comparar las redes provenientes de cada libro de texto. En nuestro caso los nodos están definidos por los cinco elementos que caracterizan la actividad científica según Latour (2001), presentados en el punto 5.1.4, más los humanos y no-humanos, sin los que no es posible ninguna clase de actividad científica; a partir de estos elementos se constituye nuestro marco conceptual (figura 1) para el análisis de las redes.

La información acerca de la presencia o no de relaciones entre pares de nodos se traduce en una red binaria, del tipo existe o no existe relación. La matriz es el punto de partida en el análisis de redes desde la teoría de grafos, que es la base de los programas que permiten visualizar las redes. El análisis de éstas permite concluir a dos niveles, para los sujetos, casos y observaciones individuales acerca de cómo están “ubicados” o “incrustados” dentro de la red, y a un nivel en el que se se puede ver la estructura de los datos de manera holística. Esta posibilidad es fundamental en este trabajo donde nos importa comparar las redes desde lo macro, cómo es el tamaño de la red, aspecto que evidencia que la estructura de las “relaciones sociales” en el libro de texto es un reflejo de la complejidad de la actividad científica, y desde lo micro, donde nos centraremos en el parámetro de red denominado “rango”, que muestra la distribución de cómo están conectados los elementos individuales dentro de la red y mide su influencia dentro de la misma, como reflejo de cuáles son los elementos a los que se da más relevancia a la hora de exponer cómo se desarrolla la actividad científica.

CATEGORÍAS	NODOS
<b>Movilización del mundo</b>	Instrumentos Laboratorios Equipamientos Experimentos Lugares
<b>Autonomía</b>	Asociaciones Instituciones Grupos disciplinares Otros
<b>Alianzas</b>	Financiamiento Patrocinadores Soporte científico Soporte político Otro tipo de apoyo
<b>Representación pública</b>	
<b>Vínculos</b>	Leyes - teorías Hipótesis Conceptos Principios Ecuaciones Constantes Modelos Otros
<b>Humanos</b>	
<b>No-humanos</b>	

**Figura 1.** Elementos que constituyen el marco conceptual del análisis de redes en los libros de texto.

El análisis de redes ya ha sido empleado en didáctica de las ciencias por el grupo de investigación de Ismo Koponen en la Universidad de Helsinki, para hacer reconstrucciones didácticas de diferentes conceptos de la física a partir de elementos de la HFC, por ejemplo estudiando cómo un grupo de profesores en formación inicial elaboran el



concepto de temperatura (Mäntylä y Koponen 2007). El concepto clave de su trabajo es el que denominan “experimentalidad generativa”, en el que no intentan repetir los experimentos como tal, sino reconstruir el proceso de la creación del conocimiento desde el curso actual de la física. Estos autores consideran que con el uso de las redes es posible mantener la estructuras de los conceptos abiertas para seguir siendo desarrolladas, lo cual es bastante útil para la enseñanza de la física (Mäntylä y Koponen 2007), así mismo las redes permiten establecer la complejidad con que están conectados los conceptos, un campo de creciente interés no solo en la filosofía de la ciencia de tinte cognitivista sino también dentro de las propias reflexiones acerca de la naturaleza del conocimiento (Koponen y Pehkonen 2010).

En nuestro caso el uso de las redes proveerá los elementos para hacer evidentes las características de la actividad científica que han sido destacadas desde la “nueva” historia y filosofía de la ciencia, por ejemplo que los hechos científicos son productos de la ciencia, que existen en muchas formas diferentes y que hay etapas muy distintas en el proceso de su realización; que los sitios de los hechos no se limitan a los laboratorios, sino que extienden la ciencia y la tecnología fuera de ellos y que hacen rastreables sus vínculos sociales. De partida, teniendo en cuenta los resultados de los trabajos de investigación sobre HFC en libros de texto revisados previamente, deberíamos esperar redes débiles, poco extensas y poco conectadas, no obstante, una de las ventajas de las redes es que en la medida en que se van rastreando nos podemos encontrar con resultados inesperados.

Los resultados del análisis de las redes se complementarán con algunos elementos que se ha decidido buscar dentro de los libros de texto acerca de la ciencia y la práctica científica. Para esto se ha recurrido además a otras secciones del libro de texto, generalmente de carácter introductorio, donde se hable específicamente de ciencia, qué se entiende por ciencia, aproximación al trabajo científico, método científico, metodología científica, etc. Con esta información se espera evidenciar las posturas explícitas del autor acerca de ciertos aspectos que dan cuenta de sus creencias epistemológicas y algunas relacionadas con la naturaleza de la ciencia<sup>11</sup>:

- La idea de progreso.
- El papel de la historia.

<sup>11</sup> Algunas de estas categorías están ampliamente relacionadas con los once aspectos que permiten caracterizar la naturaleza de las ciencias, según Niaz (2009).

- La relación entre las teorías/leyes, etc y la experimentación.
- Las ideas de verdad y realidad.
- El papel de las controversias.
- El método científico.
- Rasgos de ciencia inductivista y positivista.
- La práctica científica.
- El carácter tentativo de la ciencia.

Adicionalmente se enfatiza en el análisis particular de algunos nodos:

- El papel de los científicos.
- El papel de los experimentos.
- El papel de los modelos.
- El papel de las leyes, teorías, principios e hipótesis.
- El papel de los instrumentos.

De otra parte, si se entiende la historia como el relato del pasado, interesa recopilar todas las referencias temporales (años, fechas, siglos, períodos de tiempo) que permitan evidenciar si es relevante para el autor considerar los eventos de una ciencia que ya pasó, para hablar de la ciencia que presenta su relato. También interesa definir para qué usa el autor esas referencias temporales y cuáles son los actores con las que principalmente se vinculan.

Finalmente, un aspecto muy importante en los libros de texto, especialmente de aquellos posteriores al desarrollo de las técnicas de impresión policromáticas, es la imagen. Éstas son para Latour (1990), fundamentales en la construcción de hechos, en la labor de convencer. Caravita et al. (2008) afirman que las imágenes están mezcladas con valores implícitos que es importante identificar con el fin de evidenciarlos y favorecer una visión crítica de las mismas. Estas son algunas de las razones que motivan que se realice un análisis descriptivo de las imágenes en este trabajo. Este análisis está basado en algunos de los actores centrales en la actividad científica: vínculos, experimentos, humanos, no-humanos, laboratorios, equipamientos e instrumentos, así como la práctica científica.

Todos estos elementos adicionales al análisis de redes nos permiten contar con evidencia contenida en el libro de texto que da cuenta de la mirada del autor acerca

de la actividad científica, de los actores que participan en ella, de la importancia que el autor confiere a la historia y a la filosofía de la ciencia. Lo que nos interesa evidenciar es cómo todos estos elementos pueden ser leídos en conjunto con la información que se tendrá del análisis de redes sin pretender hacer puntualmente un análisis de tipo epistemológico, histórico o de NdeC, ya que el eje de nuestra aproximación sigue siendo la práctica científica que estas miradas normatizan, construyen, relatan y desmitifican.

Se puede concretar lo anotado en esta sección de la siguiente manera: este es un trabajo de investigación histórica de tinte interpretativo en el que un único investigador realiza un análisis de contenido de los elementos que permiten caracterizar cómo se “construye” la ciencia en libros de texto escolar de química publicados en España utilizando, elementos del análisis de redes que se complementan con la indagación de ciertos aspectos que dan cuenta de las creencias expresadas por los autores sobre epistemología y naturaleza de la ciencia incluido el manejo de la dimensión temporal y las imágenes.

### 6.3. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE LOS LIBROS DE TEXTO

Para la recolección de los datos se ha diseñado un formato (Anexo 1) que incluye cuatro secciones<sup>12</sup>:

1. Descripción general del libro de texto. Donde aparece la información acerca del título, autor, editorial, año y lugar de publicación, el detalle del contenido del libro a través del índice; los capítulos, secciones o páginas que serán analizadas y si se hacen comentarios explícitos por parte del (los) autor (es) en la presentación del texto acerca de la inclusión de contenidos de HFC o NdeC.
2. Datos para el análisis de las redes. Que han sido agrupados en siete tablas de acuerdo con los diferentes nodos y sus correspondientes grupos de elementos:
  - Nodo I. Movilización del mundo: recoge la información referente a instrumentos, laboratorios, equipamientos, experimentos y lugares.

<sup>12</sup> Antes de iniciar la fase de análisis de los libros se realizó una prueba con tres libros de texto, a fin de verificar que los elementos con los que fue diseñado el formato, todos surgidos desde la teoría, funcionaban bien con los textos reales, es decir que sí era posible identificar los nodos, las relaciones, los aspectos adicionales, etc. Los libros seleccionados para esa prueba fueron dos libros escolares publicados en épocas bien distintas, 1998 y 1921, respectivamente, los cuales hacen parte de la muestra definitiva de este trabajo (posteriormente aparecerán como libro 54 y 7) y el libro de Casabó que había sido analizado en la prueba piloto, un libro de texto universitario del que se esperaba marcara un punto máximo de complejidad. Los resultados de la prueba que no se presentan en esta tesis, mostraron que algunos cambios debían ser introducidos y el resultado fue el formato del anexo 1.

- Nodo II. Autonomización: recoge la información acerca de asociaciones, instituciones, grupos disciplinares y otros<sup>13</sup>.
- Nodo III. Alianzas: en el que se consignan las menciones a cualquier tipo de financiación, mecenaz, apoyo científico, apoyo político u otro tipo de apoyo para la realización de las actividades científicas.
- Nodo IV. Público: recoge los elementos que evidencian la mención a la relación de los científicos con un público no académico.
- Nodo V. Nudos o vínculos: recoge la información acerca de conceptos, teorías, leyes, hipótesis, constantes, fórmulas, principios, ecuaciones, modelos, propiedades y fenómenos que son establecidos por los científicos para articular su explicación del mundo natural.
- Nodo VI. Humanos: en el que se consignan las menciones a humanos que pueden ser o no necesariamente científicos.
- Nodo VII. No humanos: Recoge la información acerca de las entidades que existen en el mundo material y que necesariamente se han socializado a través de la actividad científica<sup>14</sup>.

### 3. Aspectos adicionales acerca de la ciencia y la práctica científica

- La idea de progreso: interesan los segmentos de texto en los que se hable del progreso de una idea, de la ciencia, de la labor investigativa, etc.

.....  
<sup>13</sup> Para Latour (2001) la autonomización se refiere a los procesos de consolidación e independencia que favorecen la relación entre científicos. No obstante en los libros de texto las disciplinas son vistas más que como agrupaciones de individuos como conjuntos consolidados de conocimientos. Se ha introducido este conjunto de nodos, denominado "otros", para referirnos a este último caso y diferenciarlo de la disciplina entendida como "humana". En este conjunto se han incluido también los grupos de individuos que compartían intereses por un mismo campo de conocimiento antes del establecimiento de las disciplinas académicas tal y como las conocemos.

<sup>14</sup> En nuestro caso y dadas las características de los relatos historiográficos de los libros de texto, resulta improbable encontrar no-humanos en el sentido de Latour, provistos de historicidad, trascendencia y agencia. Por lo que les entenderemos en un sentido más cercano a la historia constructivista, ampliamente criticada por este autor, en el que no se les asigna un papel activo y se explican con referencia a las prácticas, los lugares, los instrumentos, las instituciones, los eventos históricos y obviamente la actividad de los científicos. En nuestro análisis un no-humano es un producto de la ciencia, su identidad está referida a la práctica y a las relaciones que puede establecer. Así, la clasificación de un ente del mundo físico en esta categoría requiere revisar estos dos aspectos. Por ejemplo, un protón puede ser un no-humano en la medida que se relaciona con el átomo, con el núcleo atómico, con Rutherford, pero puede ser un vínculo en cuanto el libro de texto lo presente sólo como una definición en la que está relacionado únicamente con otros vínculos.

- El papel de la historia: interesan las menciones que se hacen de manera explícita acerca del papel que la historia puede desempeñar en la actividad científica y en la enseñanza de las ciencias.
- La relación entre las teorías/leyes, etc y la experimentación: interesan los apartes del texto en los que se explícita que para formular una ley/teoría/modelo, etc. necesariamente hay que pasar antes por una fase experimental.
- Las ideas de verdad y realidad: reúne los apartes en los que se habla explícitamente de estas dos ideas y su relación con la práctica científica.
- El papel de las controversias: interesan las citas en las que éstas se mencionan o describen.
- El método científico: reúne los segmentos de texto en los que se hace referencia explícita a un(os) método(s) que delimita(n) el quehacer científico.
- Rasgos de ciencia inductivista y positivista: En este apartado interesan los elementos que permitan detectar explícitamente posturas acerca de la objetividad de la observación, la evidencia como elemento que aporta verdad a la práctica científica, los hechos reales verificados solo por la experiencia, entre otros.
- La práctica científica: Apartes del texto donde se describe explícitamente cómo es ésta.
- El carácter tentativo de la ciencia: Las citas dentro del libro que den cuenta del carácter transitorio de las ideas científicas.
- El papel de los científicos: se determinará a través del análisis de las acciones (verbos) con los que se describe qué hacen y los datos adicionales del nodo VI del formato, referentes a su nacionalidad, fechas y lugares de nacimiento y defunción, información personal, si aparece o no una imagen del mismo y si hay descripciones "idealizadas" acerca de su trabajo o estatus dentro del escenario científico.
- El papel de los experimentos: interesan las menciones explícitas a las acciones que estos generan o que los describen.
- El papel de los modelos: reúne las citas en las que se menciona su papel dentro de la actividad científica.
- El papel de las leyes, teorías, principios e hipótesis: interesan menciones explícitas a las acciones con las que se les asocia y/o describe su papel dentro de la actividad científica.

- El papel de los instrumentos: reúne las citas en las que se menciona su papel dentro de la actividad científica.

#### 4. Información acerca de la dimensión temporal

Se recogen todas las citaciones a eventos temporales especificando con qué nodo están vinculadas y la descripción del vínculo.

Adicionalmente, a pesar de que no había un apartado especial para la recolección de la información en el formato se analizaron las imágenes contenidas en los libros de texto agrupándolas en diferentes categorías de acuerdo a los diferentes actores del relato científico: laboratorios, equipamientos, instrumentos, científicos e imágenes que representan átomos o moléculas (especificando las que corresponden a modelos atómicos). Además se analizaron las imágenes que hablan de la actividad científica resaltando su carácter experimental (aquí se evaluó en qué libros aparecían el experimento de Rutherford y los tubos de gases, ya sean catódicos o de rayos canal) o teórico (que se usan para explicar conceptos o leyes etc.; se identificaron además específicamente las que se usan para explicar la interpretación del experimento de Rutherford) y las imágenes que reflejan cómo se desarrolla la actividad científica (desglosados en los que representan científicos ya sea trabajando de manera individual o colectivamente).

Para el análisis de cada uno de los libros de texto el procedimiento fue el siguiente:

1. Descripción general del libro de texto. Parte 1 del formato de recolección de datos.
2. Identificación de las secciones del libro de texto relacionadas con la teoría atómica, la estructura atómica y los modelos atómicos<sup>15</sup>, seleccionados de la siguiente forma: si hay una nominación explícita a éstos en el título del capítulo se analiza el capítulo completo. Si éstos términos aparecen sólo en el título de una sección se analiza ésta específicamente, pero si la sección está enlazada explícitamente con otras anteriores o posteriores éstas también se vinculan al análisis. Las secciones que se analizan se detallan en la parte 1 del formato de recolección de datos.

---

<sup>15</sup> Se analizaron solamente estos tres temas y no la totalidad de los textos por tres razones. Primero, porque, como se mencionó anteriormente, dada la manera como tradicionalmente se presentan, constituían un caso conveniente para encontrar elementos de historia de la ciencia; segundo, porque también, como se mencionó en el marco teórico, es uno de los temas más populares en el análisis histórico de libros de texto en España (Solbes y Traver 1996 y 2003); y finalmente porque, en términos del análisis de texto, un solo capítulo representa el lenguaje total, el estilo, la organización y la orientación del libro de texto (Wang 1998a).

3. Primera lectura general de los contenidos a analizar con el fin de familiarizarse con el estilo de escritura del autor e identificar preliminarmente cuál es el eje del relato: el qué, el cómo, el quién o el para qué, con lo que es posible empezar a evidenciar si los protagonistas serán los vínculos, los experimentos y la práctica, los científicos o las relaciones del conocimiento con la sociedad.
4. Lectura específica de los contenidos e identificación de los nodos que son consignados en la parte 2 del formato de recolección de datos.
5. Relectura de los contenidos e identificación y transcripción de las citas que hablan acerca de la ciencia y la práctica científica (parte 3 del formato de recolección de datos). Esta relectura sirve a la vez para verificar si todos los nodos fueron correctamente identificados en el paso anterior.
6. Relectura de los contenidos e identificación de los eventos que hacen referencia a la dimensión temporal (parte 4 del formato de recolección de datos). Esta tercera lectura permite verificar nuevamente si todos los nodos fueron correctamente identificados.
7. Realización de la matriz de nodos y vínculos. En nuestro caso se usa una matriz de adyacencia, que se consigna en una hoja de cálculo en la que se genera una matriz de  $n \times n$  nodos en los que cada casilla  $(n_i, n_j)$  se completa con un uno (1) o un cero (0) dependiendo de si hay un vínculo entre los nodos involucrados (matriz binaria).
8. Dibujo de la red usando Gephi 0.8 beta, software libre de Gephi Consortium, para la visualización y análisis de redes. Se seleccionó un tipo de grafo no dirigido. Para el trazado de la red se escogieron como algoritmos "Force Atlas" que es el más usado en el análisis de redes y se aplicó adicionalmente "Label adjust" para mejorar la presentación de la red cuando se incluyen las etiquetas de los nodos.
9. Lectura de los contenidos del texto sobre el dibujo de la red a fin de revisar la coincidencia de las conexiones y nodos.
10. Asignación de los atributos dentro de la tabla de datos de Gephi para cada nodo de acuerdo a los siete criterios básicos.
11. Análisis estadístico de la red y manipulación gráfica de la misma. Un ejemplo detallado de la metodología de análisis se presenta en el anexo 3 para el caso del libro 43.
12. Selección y análisis de las imágenes.

Así, los datos de que se dispone en esta investigación son sesenta y una redes que muestran, de manera cualitativa y cuantitativa en los niveles macro y micro, cómo se entiende la ciencia en los libros de texto escolares de ciencias a través de redes; un conjunto de información adicional acerca de las posturas epistemológicas y de naturaleza de la ciencias explicitadas por los autores; información adicional sobre algunos nodos particulares –científicos, experimentos, instrumentos, modelos, leyes, teoría e hipótesis–, un conjunto de eventos de tiempo que permiten ver la importancia que el autor confiere al pasado histórico, y un conjunto de imágenes que nos permitirán analizar cómo se da cuenta de la práctica científica desde lo visual.

## **6.4. LA MUESTRA**

### **6.4.1. Sobre los criterios de selección de los libros analizados**

Para seleccionar la muestra se estableció como criterio inicial que ésta incluyera libros de texto de los períodos “macro” en los que se puede dividir la historia del sistema educativo español a partir de las cuatro leyes generales de educación:

1. La ley de instrucción pública del 9 de septiembre de 1857, conocida también como la ley Moyano.
2. La ley 14/1970 o Ley General de Educación LGE de 1970, también conocida como Ley de Villar Palasí.
3. La ley Orgánica del 3 de octubre de 1990 de Ordenación General del Sistema Educativo, LOGSE.
4. La ley Orgánica de Educación del 3 de mayo de 2006, LOE.

Así, nuestra idea, al seleccionar la muestra, es que estuvieran representados cada uno de estos cuatro períodos, atendiendo al criterio de que además los libros de texto escolares de ciencias pertenecieran al ciclo de segunda enseñanza o bachillerato, que es para el que se ha reglamentado en estas cuatro leyes la enseñanza de la química en el sistema educativo español, con lo que inicialmente los libros de texto se agruparon en cuatro grupos:

1. Libros publicados entre 1857-1970.
2. Libros publicados entre 1970-1990.



3. Libros publicados entre 1990-2006.
4. Libros publicados desde 2006 a la fecha.

Esta segmentación presentaba la complicación aparente de contar con un bloque que incluía más de cien años de duración, el de la vigencia de la ley Moyano, mientras que los otros tres no superaban en ninguno de los casos los veinte años de extensión. Este problema fue superado subdividiendo cada uno de estos bloques con los planes de estudios que reformaron parcialmente la enseñanza a nivel del bachillerato y que resultaron influyentes en los cambios de los libros de textos como se discutirá posteriormente:

1. El plan de estudios de segunda enseñanza del 22 de julio de 1900, que establece seis cursos para este ciclo, con un único curso de química en el quinto año.
2. El Plan Callejo (Real Decreto de 28 de agosto de 1926), que reglamenta el plan de estudios de enseñanza secundaria. Con tres años de bachillerato elemental que incluían una asignatura de nociones de física y química en el segundo curso y tres años de bachillerato universitario con un primer año común y luego dos en los que los alumnos optan por las secciones de ciencias o letras. En el segundo año de la sección de ciencias hay un curso de química.
3. El plan de estudios de Bachillerato de 1934 denominado también cuestionario de 1934 aprobado el 29 de agosto de 1934. Reglamentaba 3 cursos de ciencias fisiconaturales para los correspondientes tres primeros cursos del bachillerato, tres cursos elementales de enseñanza cíclica de la física y de la química, paralelos a los anteriormente señalados, y tres cursos de física y química, de mayor profundidad para los tres últimos años del bachillerato.
4. Los programas oficiales de enseñanza media de 1954, que siguieron a la promulgación de la ley 18 de Feb/1953 y al plan general de estudios de bachillerato del Decreto de 29 de agosto de 1954, denominados en algunos libros de texto como "Plan de 1953". En este plan se reglamentan dos cursos comunes de física y química, uno para el grado tercero de bachillerato y otro para el grado cuarto, y tres cursos separados, dos comunes, uno de física, para el quinto grado de bachillerato, y uno de química para el grado sexto y un curso de ampliación de física como opcional para el área de ciencias en el sexto grado de bachillerato.
5. El plan de 1967 denominado cuestionario de 1967 (Órdenes del Ministerio de Educación y Ciencia del 4 de junio y 4 de septiembre de 1967, aprobado según

Real Decreto 1106/1967), en el que se aprobaron los cuestionarios del bachillerato elemental, estableciendo dos cursos comunes de física y química para los grados tercero y cuarto de bachillerato respectivamente.

6. El plan de estudios de bachillerato fijado en el decreto 180/1975 del Ministerio de Educación y Ciencia, que siguió a la Ley General de Educación de 1970. Se estructuró en materias comunes, materias optativas y enseñanzas y actividades técnico profesionales. Las materias comunes se articulan en áreas del conocimiento, una de ellas, el área de ciencias matemáticas y de la naturaleza que en el primer curso ofrece el curso de ciencias naturales y para el segundo el curso de física y química (2o. BUP). En las asignaturas optativas, de las que el alumno debe elegir dos, hay un curso de ciencias naturales y uno de física y química (3o. BUP).
7. Los Reales Decretos 1007/1991 de 14 de junio y 1178/1992 de 2 de octubre, en los que se establecen las enseñanzas mínimas para la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y el bachillerato, respectivamente. En la ESO se reglamentan nueve áreas que serán cursadas por todos los alumnos a lo largo de los dos ciclos de la etapa. En el año cuarto (final del segundo ciclo) los alumnos escogerán optativas en dos de las áreas siguientes: ciencias de la naturaleza, educación plástica y visual, música o tecnología. Para el bachillerato las enseñanzas mínimas están organizadas en un grupo de asignaturas comunes y otro de optativas agrupadas en cuatro modalidades, una de las cuales es la de ciencias de la naturaleza y salud, que incluye las asignaturas de biología, biología y geología, ciencias de la tierra y del medio ambiente, dibujo técnico, física, física y química, matemáticas I y II y química.

Los decretos de 1991 y 1992 fueron derogados por los Reales Decretos 3473/2000 y 3474/2000 de 29 de diciembre, incluyéndose nuevas asignaturas en las optativas del bachillerato y permitiendo que los cursos de biología y geología se pudieran cursar a la par con los de física y química entre otros cambios.

8. Los Reales Decretos 1631/2006 de 29 de diciembre y 1467/2007 de 2 de noviembre, en los que se establecen las enseñanzas mínimas para la Educación Secundaria Obligatoria y el bachillerato, respectivamente. En cada uno de los tres primeros cursos de la ESO todos los estudiantes cursarán las siguientes materias: ciencias de la naturaleza, ciencias sociales, geografía e historia, educación física, lengua castellana y literatura, lengua extranjera y matemáticas. En el tercer curso la materia de ciencias de la naturaleza se desdobra en biología y geología por un lado, y física y química por el otro. Estos dos bloques aparecen además entre los posi-

bles como optativos para el cuarto año, de los que los estudiantes deben cursar tres materias. Para el bachillerato las materias se organizan en comunes, optativas y de modalidad, se establecen tres modalidades: artes, ciencia y tecnología y humanidades y ciencias sociales. Las asignaturas de la modalidad de ciencia y tecnología son: biología, biología y geología, ciencias de la tierra y medio ambientales, dibujo técnico I y II, electrotecnia, química, física, física y química, matemáticas I y II y tecnología industrial I y II.

Con esto, el criterio de muestreo buscó tener por lo menos un ejemplar para cada uno de los siguientes diez bloques:

Bloque	Ley	Plan De Estudios	Libros analizados
1	LEY MOYANO (1857-1970)	Libros anteriores a 1900	4
2		Plan de estudios de 1900 (1900-1926)	4
3		Plan Callejo (1926-1934)	2
4		Cuestionarios de 1934 (1934-1954)	9
5		Cuestionarios de 1953 (1954-1967)	9
6		Cuestionarios de 1967 (1967-1975)	5
7	LGE (1970-1990)	Plan de estudios de 1975 (1975-1991)	16
8	LOGSE (1990-2006)	Enseñanzas mínimas para la ESO y el bachillerato (1991-2000)	7
9		Enseñanzas mínimas para la ESO y el bachillerato (2000-2006)	2
10	LOE (2006-hoy)	Enseñanzas mínimas para la ESO y el bachillerato (2006-Hoy)	3

**Tabla 1.** Asignación de los bloques de muestreo para la selección de los libros de texto.

#### 6.4.2. Centros de muestreo

Los libros de texto se consultaron en dos fondos históricos documentales de libros de texto en la ciudad de Barcelona: la biblioteca Artur Martorell, del Instituto de Educación del Ayuntamiento de Barcelona y la biblioteca del campus de Mundet, de la Universidad de Barcelona; y en el Centro Internacional de la Cultura Escolar, en la ciudad de Berlanga de Duero (Soria).

- Biblioteca Artur Martorell, del Instituto de Educación del Ayuntamiento de Barcelona.

Inaugurada en 1991 como centro de documentación, aunque sus orígenes se remontan al centro de documentación histórico-pedagógico creado a raíz de la exposición

que el ayuntamiento de la ciudad organizó para conmemorar el 50 aniversario de la inauguración de once grupos escolares del Patronato Escolar de Barcelona. La biblioteca se coordina con otros centros de la ciudad con los cuales comparte objetivos y participa activamente en la promoción y el fomento de las bibliotecas escolares, la lectura, los libros para niños y jóvenes y la recuperación de la memoria histórica. El programa de recuperación de la memoria histórica tiene como meta dar soporte a las escuelas de la ciudad para recoger, preservar y difundir los materiales y fondos documentales en los diferentes centros educativos.

- Biblioteca del campus de Mundet de la Universidad de Barcelona.

La biblioteca fue inaugurada en el año de 1995 junto con el nuevo campus del Vall d'Hebron. Es la mayor biblioteca universitaria de Cataluña. Alberga el Fondo de reserva de la Escuela Normal de la Generalitat (1931-1939), fondos de reserva de libro de texto antiguo (desde 1789 hasta 1970) y los fondos de investigación y las especialidades de las enseñanzas que son impartidas en el campus: comunicación audiovisual, educación social, formación del profesorado, formación de las organizaciones, pedagogía, psicología, psicopedagogía y trabajo social.

- Centro Internacional de la Cultura Escolar (CEINCE).

Ubicado en Berlanga de Duero (Soria) se define como un centro integral de documentación, investigación e interpretación acerca de todos los aspectos relativos a la cultura de la escuela, centrandose sus acciones en tres áreas temáticas: Memoria de la escuela y patrimonio de la educación, manualística, y cultura de la escuela y sociedad del conocimiento. El centro cuenta con un fondo de manuales escolares, una de las más amplias colecciones de este tipo en España, incorporada a la base virtual MANES del Centro de Investigaciones sobre Manuales Escolares de la UNED-Madrid.

### 6.4.3. Los libros seleccionados

La muestra analizada corresponde a un conjunto de cincuenta y nueve libros de texto escolares de química, uno de física<sup>16</sup> y el Digital text, todos correspondientes al nivel de educación secundaria publicados en España entre los años de 1845 y

---

<sup>16</sup> El libro 13B, es el único de la muestra que no corresponde al área de química. Es un tratado elemental de física y se decidió incluirlo en el análisis por la continua referencia que de éste se hace en el tratado elemental de química (libro 13A) del mismo autor, acerca de la presentación de los "nuevos hallazgos de la física" en materia de la estructura del átomo.

2010<sup>17</sup>, agrupados en los diez bloques como se presenta en la tabla 2<sup>18</sup>. Los detalles completos acerca de cada uno de los libros de la muestra se presentan en el anexo 2.

No se aplicó ningún tipo de diseño estadístico para el muestreo sino un criterio de tipo práctico en el que inicialmente lo importante fue la disponibilidad que se tuviera en los dos centros documentales mencionados en la ciudad de Barcelona y para los períodos con los que aún la información fuera insuficiente que se complementaría la búsqueda en el centro de documentación de Berlanga del Duero.

Además de los 61 libros<sup>19</sup> presentados en este trabajo, se revisaron 39 libros más que no fueron incluidos en el trabajo por cuanto en algunos períodos la variabilidad entre textos es muy baja entre ellos, con lo que se llegaba a la saturación en la calidad de la información fácilmente. Esto significa, que por ejemplo al revisar los textos entre 1934-1957 había muchos que eran prácticamente iguales, con lo se apostó siempre a hacer un chequeo inicial de los libros disponibles e ir incluyendo en la muestra definitiva sólo los que tenían elementos que se podrían considerar “interesantes” para el análisis o una muestra representativa de todos aquellos que dentro de un período no mostraban amplia variabilidad.

<sup>17</sup> Los libros 1 y 2 fueron publicados antes de la promulgación de la ley Moyano y no son libros de texto escolares, pero se ha decidido incluirlos en la muestra ya que son dos textos relevantes en el ámbito de la enseñanza de la química. El texto de Berzelius fue uno de los más influyentes de su época, al ser una de las obras más completas sobre esta materia por lo que fue referente de numerosas obras posteriores. El libro de Regnault fue uno de los más importantes a nivel educativo en Francia, destinado como su título original refleja al uso en facultades, establecimientos de enseñanza secundaria, escuelas normales y escuelas secundarias. En España fue traducido para su uso en la Academia de Ingenieros pero posteriormente se usó a nivel de la enseñanza escolar, como menciona su traductor en el prólogo del mismo.

El libro número 3 tampoco es un libro de texto escolar, pero se ha incluido en el análisis aprovechando la disponibilidad que tuvimos de acceder a él. Resulta de interés para nosotros por cuanto es un texto para formación de profesores.

<sup>18</sup> En los libros 13A, 13B y 14 no aparece el año de publicación exacta ni otra clase de datos dentro del libro que permita establecerlo, por lo que se han utilizado los consignados en las fichas bibliográficas de la biblioteca Artur Martorell.

Los libros 19 y 20 no tienen año de publicación exacta sólo aparece 195-, no obstante, pueden ser asignados al bloque 5 por cuanto para el 19 se especifica que fue aprobado como Libro de Texto por el ministerio de Educación Nacional, según Orden de 16 de mayo de 1955 -Publicada en el B.O. del M. E. N. de 31 de mayo de 1955 y para el libro 20 que es un texto adaptado al cuestionario oficial de 1954.

Para el caso del bloque 3 sólo se presenta el análisis de dos libros ya que los otros de ese período que fueron revisados no tenían contenidos referentes a la teoría atómica, estructura atómica o modelos atómicos. Por ejemplo el libro de texto *Nociones de Física y Química* (1928) de Julio Monzón González está adaptado a los cuestionarios oficiales, pero en la parte de química, sólo tiene una sección de material químico de laboratorio una de química inorgánica descriptiva y otra de química orgánica.

<sup>19</sup> En las tablas aparecen enumerados hasta 60, ya que para el número 13 hay dos libros: 13A y 13B.

Adicionalmente se debe resaltar el hecho de que la cantidad de libros analizados en el bloque 7 prácticamente duplica al número de libros analizados en los demás bloques. Cuando se inició el muestreo fue interesante ver cómo los libros publicados hacia finales de la década de los setenta e inicios de los ochenta variaban ampliamente entre ellos, hecho que no sucedía en los períodos anteriores. Asimismo, destacaba la heterogeneidad entre ellos en la forma cómo se presentaban, o no, los modelos atómicos, por lo que se decidió explorar en este período con mayor profundidad y por esta razón la muestra entre 1975 y 1991 es considerablemente más amplia. Después de este período y especialmente después del año 2000 los libros vuelven a ser bastante homogéneos.

Bloque	No.	Año	Título	Autor
1	1	1845	Tratado de Química (Tomo primero)	Berzelius, J.J.
	2	1850	Curso elemental de química para el uso de las universidades, colegios y escuelas especiales (Tomo 1)	Regnault. V
	3	1883	Nociones elementales de física, química e historia natural	Sánchez Morate, J. F.
	4	1884	Elementos de Física y Química	Sánchez y Casado F.
2	5	1902	Prolegómenos al estudio elemental de la química	Terrades y Plá, R.
	6	1911	Lecciones elementales de química	Olbes y Zuloaga, L.
	7	1921	Curso de química	Estalella, J.
	8	1924	Compendio de química para libro de texto elemental	Mir Peña, J.
3	9	1927	Lecciones elementales de química	Olbes y Zuluaga, L.
	10	1934	Elementos de Química: Teorías, prácticas y problemas	Montequí Díaz de Plaza, R.
4	11	1935	Ciencias Físico-químicas	Mingarro, A
	12	1939	Física y química: Cuarto curso	Moreno Alcañiz, E.
	13A	194-	Tratado elemental de química	Ascarza, V. F.
	13B	194-	Tratado elemental de física	Ascarza, V. F.
	14	194-	Elementos de química con rudimentos de análisis químico	Edelvives
	15	1940	Complementos de Química	Fernández-Lomana, Román S.J.
	16	1942	Elementos de Ciencias Físico-Naturales Grado superior.	Pla Cargol, J.
	17	1943	Compendio de química elemental	De la Puente Larios, J.
18	1945	Física y química: Quinto curso	Lahiguera Cuenca, F.; Nagore Gómez, E.	

5	19	195-	Física y química: Cuarto curso	Mendiola Ruiz, J.
	20	195-	Física y química: Cuarto curso de bachillerato	Martorell, M. M.
	21	1954	Física y química: Cuarto curso de bachillerato (Plan 1953)	Sin información.
	22	1954	Compendio de Física y química	Gassiot Llorens, J.
	23	1954	Protón: Elementos de física y química	Soriano Silvestre, J. R.
	24	1954	Nociones de Física y química: tercer curso de bachillerato	Burbano de Ercilla, S.; Martín Blesa, R.
	25	1956	Compendio de Física y química	Kleiber, J. ; Estalella, J.
	26	1965	Física y química: Cuarto curso	Marcos, C.; Martínez, J.
	27	1966	Ergio: Física y química	Soriano Silvestre, J. R.
6	28	1967	Química 5	Sanmiguel, S. Ch.
	29	1969	Física y química 3	Martorell, M. M.; Masjuan, M. D.; Dou, J. M.; Pfeiffer, N.
	30	1970	Flúor: Física y Química	Soriano Silvestre, J. R.
	31	1971	Física y química: curso tercero	Martín, J.; Oñorbe, A.; Ruiz, A.
	32	1972	Física y Química 3er curso de bachillerato	Gutiérrez-Díez, J. L.; González Fernández, J. C.; Sánchez Tejedó, O.
7	33	1976	Física y química 2	Beltrán, J.; Furió, C.; Gil, D.; Gil, G.; Grima, Ma. J.; Llopis, R.; Sánchez A.
	34	1976	Física y química 2	Aguilar Peris, J.; Garzón, J. L.
	35	1976	Física y química 2 Bachillerato	Vallés Belenguer, J.
	36	1976	Física y Química. 2o. Curso de bachillerato	Martín, J.; Olarte, Ma. A.; Oñorbe, A. Ma.; Ruiz, A.
	37	1976	Física y Química. Fusión. BUP 2o. curso	Paraira, M.; Román, R.
	38	1977	Física y química 3	Beltrán, J.; Furió, C.; Gil, D.; Gil, G.; Grima, Ma. J.; Llopis, R.; Sánchez A.
	39	1977	Física y química 3	Aguilar Garzón, J.; Garzón, J. L.
	40	1978	Física y Química. Positrón. BUP 2o. curso. 2 ed.	Lasheras, A. L.; Carretero, Ma. P.
	41	1984	Física y química. BUP 3	Dou, J. M.; Febrer, M. A.; Masjuan, M.D.; Pfeiffer, N.
	42	1984	Física y química B.U.P. 2	Dou, J. M.; Febrer, M. A.; Masjuan, M.D.; Pfeiffer, N.
	43	1987	Física y Química. Bachillerato 3	Candel, A.; Satoca, J.; Soler, J. B.; Tent, J. J.
	44	1990	Física y Química 2o. de BUP	Dou, J. M.; Masjuan, M. D.; Pfeiffer, N.
	45	1991	Física i Química. 2on. curs de BUP	Caamaño, A; Obach, D; Pérez-Rendón, E.
	46	1991	Láser 2: Física y Química	Ontañón Palomero, G.; Martínez Lorenzo, A.
	47	1991	Física y Química. Energía 2. BUP 2	Arriola, A.; del Barrio, J. I.; Cañas, A.; Fernández, R. D.; García Velarde, M.; Hernández, J.L.; Lowy, E.; Romo, N.
	48	1991	Quantum Física i Química 3er BUP	Blanch, J. M.; Vidal, A. M.

8	49	1994	Física y Química. Positrón. BUP 2o. curso	Lasheras, A. L.; Carretero, Ma. P.
	50	1994	Láser 3: Física y Química	Ontañón Palomero, G.; Martínez Lorenzo, A.
	51	1995	Ciencias de la naturaleza: Química ESO 3 2n ciclo	Equipo Edebé
	52	1995	Física y Química 3 ESO	Baeza, D.; Delgado, A. Ma.; Galindo, E.; García Á. J.; Labourdette, A. J.; Mesa, A.
	53	1996	Física i Química 6. Transformant la Matèria	Albaladejo, E.; Vilella, Ma.
	54	1998	Química 1	García Pozo, T.; García-Serna Colomina J. R.
	55	1998	Física i Química 3r. ESO	Hernández, J.; Paya, J.; Solbes, J.; Vilches, A.
9	56	2002	Física y Química 3. Helio	Fontanet Rodríguez, A.; Pastor Benavides, J. Ma.
	57	2002	Física y Química 3 ESO	Llorente, Ma. D.; Rodríguez, M.; Sanz, R.; Vaquero, F.J.
10	58	2008	Química 1	Dou, J. M.; Masjuan, M. D.
	59	2008	Física y Química 3 ESO	Grupo Edebé
	60	2010	Digital text DT-Aula 2.0 (Versión 1.0)	Eleven Educational Service SL Grupo Oceáno

**Tabla 2.** Libros analizados agrupados en los diferentes bloques de muestreo.



## **CUARTA PARTE**

### **RESULTADOS Y ASPECTOS QUE SE PUEDEN DISCUTIR DE ESTA INVESTIGACIÓN**

En esta parte del trabajo se concretan las ideas expresadas hasta ahora, alrededor de tres ejes, los resultados, la discusión general de los mismos y una propuesta didáctica que contempla algunas consideraciones acerca del discurso que en los libros de texto tendría en cuenta una mirada sociológica de la ciencia y de la actividad científica para la enseñanza.

