

LA HISTORIA DEL ÁTOMO EN LOS LIBROS DE TEXTO. DIDÁCTICA DE UNA PROPUESTA DE INNOVACIÓN CONSTRUIDA DESDE UNA VISIÓN NATURALIZADA DE LA CIENCIA¹

**MARIO QUINTANILLA; LUIGI CUÉLLAR; JOHANNA
CAMACHO**

GRUPO DE REFLEXIÓN EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS E INVESTIGACIÓN APLICADA (GRECIA), DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA, FACULTAD DE EDUCACIÓN, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE.²

Palabras clave: *historia del átomo, libros de texto, ciencia naturalizada*

The history of the atom in text books. Didactics of an innovation proposal constructed from the point of view of a naturalized science

Summary: *The main idea that orients this work has been to produce a publishing book proposal of chemistry for the Chilean average education fit to the curricular Reformation, developing from an historical and comprehensive perspective, the different tie contents from the atomic theory. Our north is to orient to the teacher and the student in the analysis of learning activities from a position of development of the subject and the own scientific knowledge in history. One is to stimulate the work in equipment and the self-regulation of the learnings, from a pragmatic and realistic vision of the science or what one has occurred in calling of moderate or hy-*

-
1. Los autores de este trabajo agradecen sinceramente las oportunas sugerencias a este artículo, efectuadas por la Doctora Mercè Izquierdo i Aymerich del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas de la Universitat Autònoma de Barcelona.
 2. La versión final de este artículo se desarrolla dentro del marco del proyecto FONDECYT 1070795 financiado por CONICYT Chile por el período 2007-2009.

pothetical rationalism as opposed to incorporate the history of chemistry in education the challenges that a new educational culture imposes. In this article we gave some theoretical elements that give account of our innovation and soon exemplified such directives on the base of the history of the atom.

Key words: *history of the atom, text books, naturalized science*

Introducción

Existe un gran consenso entre los investigadores en el campo de las metaciencias de que la historia de la ciencia permite identificar, caracterizar y comprender la influencia de los contextos sociales, culturales, políticos y económicos en la construcción del conocimiento científico, dimensiones que en su conjunto configuran una determinada imagen de la actividad científica, vinculadas con aspectos metodológicos, éticos y valóricos de la propia ciencia. Por tanto, el abordaje de la historia de la química en los libros de texto puede constituirse en un dispositivo metateórico superpotente para comprender el desarrollo y evolución de las teorías científicas, lo que contribuiría a una resignificación de la actividad científica de los eruditos en la clase de ciencia (Izquierdo *et al.*, 2006).

En los últimos años diversos autores han insistido en dar a conocer la complejidad de los múltiples factores que contribuyen a darle sentido a la ciencia en un texto escrito (Izquierdo & Rivera, 1997). Desde esta perspectiva, la historia de la ciencia alerta a los profesores sobre la necesidad de una aproximación fenomenológica de las representaciones, concepciones y creencias que pueden ser útiles en los libros de química para que las teorías científicas que se enseñan adquieran sentido y valor en quienes las aprenden (Quintanilla & García, 2005).

Los estudiantes necesitan saber *con qué y cómo* se relacionan dichos modelos teórico-conceptuales con la historia de la propia humanidad, y poderlos así confrontar con situaciones de su vida cotidiana o, mejor aún, con situaciones de la vida real en otros momentos de la evolución de la actividad científica. Haciendo uso de una analogía planteamos que la historia de la ciencia se convierte en un vehículo para formar a los profesores, ya que no sólo están interpretando el devenir constante de su disciplina, sino que se están cuestionando la manera cómo se genera el conocimiento erudito promoviendo cambios futuros que se espera queden reflejados en la manera en que los libros de texto abordan, comunican y divulgan las teorías científicas al estudiantado, desde una visión naturalizada o realista pragmática de la ciencia, contribuyendo a una visión ciudadana de la cultura científica (Quintanilla, 2006a, 2006b).

Así, consideramos que la historia de la ciencia, en tanto que disciplina metacientífica, tiene un importante poder estructurador del pensamiento, el discurso y la práctica profesionales del profesorado. Nos interesa generar lineamientos metodológicos innovadores debidamente justificados, para introducir la llamada *naturaleza de la ciencia* en la enseñanza de la química en los distintos niveles educativos, a través de propuestas específicas dirigidas al profesorado, susceptibles de ser trabajadas en libros de texto intencionados teóricamente desde estas orien-

taciones. En esta propuesta editorial presentamos algunos constructos teóricos que han sido introducidos en un libro de química de secundaria, los que adoptados o asumidos oportunamente por los docentes pueden arrojar luz sobre cuestiones tales como para qué y cómo enseñar la historia de la teoría atómica consolidada a partir del siglo XVIII, sin que el profesor se convierta en un historiador de su saber erudito (Quintanilla & Adúriz-Bravo, 2007).

La teoría atómica en la historia de la química

Hacia 1791, A. Lavoisier ha leído ante la Academia de Ciencias de París una memoria sobre la naturaleza del agua y la imposibilidad de convertirla en tierra, ha rechazado la teoría del flogisto (1781-1783) y ha generalizado la ley de conservación de la masa (1789). Por su parte, los químicos ingleses han desarrollado la química neumática, impulsándose así la química cuantitativa a la que John Dalton se dedicará preferentemente. En Alemania, los químicos guiados por Wenzel (1740-1793) analizan la composición de varias sales cuyos datos finalmente son tabulados y organizados expresándose las cantidades de ácido, base y agua utilizada en la formación de cada una de ellas. Sin embargo, estos datos no resultaban de gran exactitud y del todo convincentes, debido fundamentalmente a la carencia de instrumentos de precisión en aquella época. Mientras, el químico Richter (1762-1807) proponía una interpretación matemática de la química a la luz de regularidades entre las proporciones de combinación de las diferentes sustancias, cuyos estudios serán la base de la estequiometría moderna.

En 1792, John Dalton continúa investigando sobre el comportamiento de los gases, desarrollando la idea de que la tendencia de los fluidos elásticos a mezclarse se debe básicamente a una supuesta repulsión entre sus partículas al existir una atmósfera de calórico diferente a su alrededor. El interés de John Dalton, según Pellón (2003), en la solubilidad de los gases no está en el *proceso químico*, sino en el mecanismo por el que los gases se disuelven, para lo cual su idea es calcular los pesos relativos de las *partículas últimas* de los diferentes gases. Después de múltiples ensayos y anotaciones que irá rectificando y completando en el desarrollo de sus ideas, en su cuaderno³ de notas de 1803 escribe, entre otras, las ideas siguientes:

1. La materia está formada por pequeñas partículas últimas o átomos.⁴
2. Los átomos son indivisibles y no pueden ser creados ni destruidos.
3. Los átomos de diferentes elementos tienen diferentes masas.
4. Todos los átomos de un elemento dado son idénticos y tienen la misma masa invariable.
5. La masa de la partícula de un compuesto es la suma de sus átomos constituyentes.
6. La partícula de un compuesto está formada por un número fijo de átomos.

3. Muchos de los cuadernos de notas e instrumentos de Dalton se perdieron durante el bombardeo a Manchester por las tropas nazis la noche del 23 al 24 de diciembre de 1940.

4. Palabra que utiliza por primera vez, puesto que en su ensayo y conferencia de 1802 habló de «partículas últimas».

Las afirmaciones anteriores son completadas por John Dalton en septiembre y octubre de 1803 y no se modificarán más en sus ensayos y conferencias posteriores. Vemos entonces que la teoría atómica propuesta inicialmente por John Dalton en 1803 y paulatinamente comunicada y resignificada a través de sus diferentes conferencias públicas y ensayos, puede considerarse un desarrollo natural de los estudios científicos sobre gases y del trabajo en análisis químicos cuantitativos realizados en el período de transición del siglo XVIII al XIX. Como plantea Aragón (2004), esta teoría era la única posible para explicar las relaciones entre las reacciones químicas con los instrumentos y técnicas experimentales disponibles, pero originó problemas de interpretación en la comunidad de científicos de la época en relación con la determinación de los pesos atómicos, debido a que las fórmulas eran, por lo general, muy indeterminadas, como se puede hacer notar en el caso del agua. Tales relaciones con la comparación de las densidades y ley de los volúmenes reaccionantes de Guy Lussac (1778-1850) pudieron ser muy útiles, pero con frecuencia eran mal interpretadas y, como consecuencia, rechazadas por las diferentes *audiencias*.

Por la misma época, el científico italiano Amadeo Avogadro (1776-1856) y André-Marie Ampère (1775-1836) mostraban cómo las relaciones de los volúmenes gaseosos podían ser interpretadas de forma correcta, pero fracasaron al intentar convencer a líderes de la naciente química moderna tales como Berzelius (1779-1848), Dalton y Davy (1778-1829). Berzelius, al igual que Davy inspirado en la obra de Volta (1745-1827), reconoció la importancia de la teoría atómica de Dalton más que cualquier otro químico del siglo XIX. Sus estudios analíticos y de gran «rigor científico para la época» sobre los pesos de los elementos químicos que se combinan para formar compuestos eran muy sólidos, y a partir de ellos obtenía los pesos atómicos de las sustancias con aceptable éxito. Su sistema de sistematización de los símbolos de los elementos era potente y constituye la base de los símbolos modernos de la química.⁵ Aunque llegó a ser una gran autoridad en la química de su tiempo, con frecuencia era ambiguo y confundía a sus «diferentes públicos».

Durante varias décadas, la teoría atómica de John Dalton no fue suficientemente clarificada como para llegar a un concepto unificador de la química. Por aquella época, otro insigne científico británico, William Prout (1785-1850), basándose en la obra de Dalton, sugirió que los pesos atómicos de todos los elementos eran múltiplos exactos del peso atómico del hidrógeno, con lo cual implicaba que los elementos más pesados que el hidrógeno podían estar formados por este mismo elemento. Pero éste es tema de otro análisis histórico.

A pesar de la aparente modernidad y de la trascendencia del modelo atómico de Dalton, éste no consiguió conquistar a la comunidad de químicos a finales de la primera década del siglo XIX. A muchos científicos les resultaba difícil, de acuerdo con sus concepciones teóricas, aceptar la idea de los átomos. Más aún, muchos de ellos utilizaron *el modelo* como una

5. Berzelius llevó a cabo una serie de experimentos para medir las proporciones en que se combinaban los distintos elementos entre sí y, en 1816, había llegado a estudiar 2.000 compuestos diferentes (Gribbin, 2005: 306).

técnica heurística que podía usarse para averiguar el modo en que se comportaban los elementos químicos. Hubo que esperar casi cincuenta años para que el átomo de John Dalton fuera aceptado por la comunidad científica como un concepto característico que daba identidad y pertenencia a los químicos. En efecto, sólo en los inicios del siglo xx (casi cien años después de la propuesta de Dalton) se pudo demostrar definitivamente su existencia con los trabajos de Boltzman-Maxwell, Croques, Rontgen, Thompson, Millikan, Beckerel, Curie, Bohr, Rutherford, Broglie y Heisenberg.⁶

Los libros de texto y la enseñanza del concepto de átomo

Un elemento relevante que puede formularse en este sentido desde la nueva didáctica de las ciencias experimentales (NDCE) es el referente a la confiabilidad de los libros textos. Este componente, la confiabilidad de los textos, emerge del análisis que puede establecerse entre el conocimiento científico erudito, presentado en los artículos originales, propuestos por sus autores en sus ámbitos de creación, y el conocimiento escolar recogido en los libros de texto con finalidades de enseñanza-aprendizaje (Cuéllar *et al.*, 2005). Desde este punto de vista, el lenguaje de la ciencia se ha de caracterizar bajo un dominio teórico epistemológico como un instrumento-estrategia para la construcción del conocimiento escolar, que requiere de un producto trabajado social y culturalmente por el profesor o didacta. Así, surgen algunos interrogantes como los siguientes: ¿Cuáles serían los *hechos del mundo real* más apropiados para que el alumno que aprende química elabore un *modelo teórico* a través de las diferentes actividades de aprendizaje, instrumentos de evaluación, imágenes y símbolos formales que presenta la «química escrita», por ejemplo, en un libro de texto? ¿Cómo promover un inicio adecuado al pensamiento teórico de los alumnos y saber cuáles son las proposiciones más apropiadas para relacionar los fenómenos del mundo con dichos modelos teóricos en la clase de química haciéndolos evolucionar apropiadamente en la mente de los niños y jóvenes? Estas y otras preguntas remiten, en principio, a las intencionalidades curriculares y a los contenidos de los libros de texto, desde los cuales los profesores en ejercicio socializan el saber erudito de las ciencias dentro del sistema educativo (Izquierdo, 2000).

En nuestro libro de química hacemos una opción por un concepto de ciencia en el que se puede relacionar el entramado conceptual que se ha formado sistemáticamente en la reconstrucción de una teoría científica (teoría atómica) y el «problema científico» que se intenta solucionar en determinada época con los instrumentos y el conocimiento disponibles (¿cómo está estructurada la materia?, ¿cómo podemos conocerla?). Esta forma de trabajo permite comprender las teorías o modelos científicos (TMC) diversos para interpre-

6. Un análisis más acabado de esta temática puede ser recogido por el lector en M. Quintanilla (2007), «La enseñanza del modelo atómico de John Dalton desde una visión naturalizada de la historia de la química», en *Historia de la ciencia: Propuestas para su divulgación y enseñanza*, vol. 2, cap. 3, Santiago de Chile, Arrayan Editores (en prensa).

tar fenómenos científicos que hoy comprendemos bien y que se explican mediante teorías actuales. Nos permite, también, conocer la relación entre el desarrollo del conocimiento científico en épocas determinadas e inclusive analizar la influencia de los conflictos de género en la divulgación del conocimiento científico y en el desarrollo de una sociedad.⁷ Utilizamos, para ello, una notación explicativa, que es el sustento teórico-metodológico de la *didáctica de nuestra propuesta de innovación* y que queda graficada en la figura 1 y en la tabla 1:

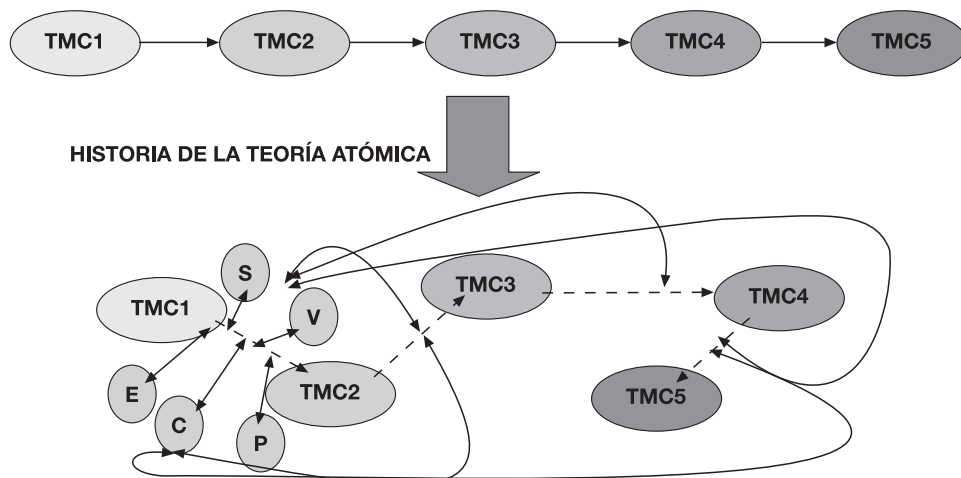


Figura 1. Representación arbitraria de los entramados problemáticos en la historia de la química que son abordados en nuestro libro de texto. Notación: **S** (sucesos), **C** (conocimiento científico disponible), **P** (procedimientos, técnicas, métodos), **V** (valores), **E** (experimentos).

Metodología para el uso del libro de texto

Las polémicas y las controversias entre las diferentes teorías y modelos científicos entre sí pueden constituir «refinación» de nuevos planteamientos teóricos por parte del alumnado. Esta lógica condicionada y determinada por el conocimiento, los instrumentos y métodos disponibles en una época específica dan cuenta del avance y retroceso de la actividad científica, susceptible de ser analizada por el estudiantado. Nuestra pretensión es que los alumnos comprendan el *qué* y *porqué* de estas controversias asumiendo la naturaleza de la ciencia como una actividad profundamente humana donde la construcción de nuevo conocimiento requiere la producción de textos escolares trabajados socialmente en el aula.

7. Al respecto, nos parece de interés el oportuno análisis del sociólogo Pierre Bordieu (2000) en su libro *La dominación masculina*, Barcelona, Anagrama, y el libro de Núria Solsona (1997) *Mujeres científicas de todos los tiempos*, Barcelona, Talasa.

Para ello se incluyen actividades de aprendizaje de distinta índole como simulaciones y dramatizaciones históricas; análisis de prácticas experimentales relevantes; estudio de instrumentos «antiguos», interpretación de textos eruditos originales; investigaciones sobre el contexto europeo en el siglo XVIII y XIX, análisis de controversias científicas y entramados histórico-políticos que implicaron a los científicos y científicas, entre otras actividades. Desde luego, asumiendo que la clase de química es un foro de discusión, donde el libro adquiere dimensiones problematizadoras, *racionales* (pensar desde las teorías) y *razonables* (con una finalidad humana, para entender el mundo). Además, secuenciando el relato científico de manera fluida, se incluye el devenir de la historia de Chile (a pie de página) con lo que los estudiantes vinculan las épocas, los sucesos y los hechos científicos desde una perspectiva integrada y el avance de su propia cultura. Se le sugiere al docente, entre otros planteamientos, contextualizar los aspectos propios de la *justificación* y el *descubrimiento* científicos, cautelando la retórica de la narración y el paulatino proceso de modelización de la teoría atómica. En la figura 1, quisiéramos recrear estas ideas para insistir en la no linealidad acerca del estudio de la teoría atómica que tradicionalmente se transmite en el aula.

En nuestro libro se propicia un *relato científico* acerca de la evolución conceptual de la teoría atómica cuya narración da cuenta de las controversias que se acentúan a partir del siglo XVIII y que se consolidan sucesivamente hasta las postrimerías del siglo XIX. De este modo, asumimos el *problema científico* de los químicos como una situación compleja que requiere evaluaciones multidimensionales, tal y como lo sugiere la visión epistemológica que orienta Toulmin (1977). El análisis, discusión y evaluación de estas ideas pueden trabajarse en el libro de texto haciendo que el estudiantado se enfrente y argumente debidamente estas controversias durante el proceso de aprendizaje. Al respecto, recreamos estas ideas en la tabla 1.

Algunas reflexiones finales sobre la enseñanza de la teoría atómica y los libros de texto

Una buena explicación científica escolar acerca de la teoría atómica, potenciada a través de un libro de química teóricamente fundamentado, es aquella que responde a una pregunta en un contexto científico escolar y cultural determinado, que está escrita correctamente a la luz de unos criterios educativos establecidos en el interior de la actividad escolar, que utiliza un modelo teórico de ciencia y de enseñanza de la ciencia lo más robusto posible y que proporciona autonomía al alumno para comprender el mundo (Izquierdo & Rivera, 1997). Por eso el libro favorece: la pregunta y reflexión del estudiante en torno a los modelos atómicos, la atención a la diversidad y heterogeneidad de los sujetos que aprenden y la respuesta argumentada bien escrita basada en las orientaciones del modelo cognitivo de ciencia desde una visión naturalizada y realista pragmática de la historia de la química (Quintanilla, 2006c).

Tabla 1. Notación explicativa de las controversias históricas (documentadas) acerca de la teoría atómica que incorporamos en nuestro libro de química, susceptibles de ser utilizadas por el docente

Modelo científico	Notación	Ejemplos de controversias que pueden ser abordadas por el docente de química utilizando el libro de texto	Nuevo modelo o polémica científica
Dalton	TMC1	TMC1 <->TMC2	TMC3
Gay-Lussac	TMC2	TMC3 <->TMC1	TMC4
Boltzman-Maxwell	TMC3	TMC4 <->TMC3	TMC5
Crookes	TMC4	TMC4 <->TMC5	TMC6
Rontgen	TMC5	TMC5 <->TMC6	TMC7
Thompson	TMC6	TMC6 <->TMC7	TMC8
Millikan	TMC7	TMC7 <->TMC8	TMC9
Becquerel	TMC8	TMC9 <->TMC8	TMC10
Curie	TMC9	TMC10 <->TMC9	TMC11
Bohr	TMC10	TMC10 <->TMC11	TMC12
Rutherford	TMC11	TMC11 <->TMC12	TMC13
Broglie	TMC12	TMC12<->TMC13	TMC14
Heisenberg	TMC13	TMC13 <->TMC14	TMC15

Pensamos que estas «reflexiones» sobre la ciencia construida pueden contribuir a estimular en el estudiantado el desarrollo y promoción de competencias de pensamiento científico de manera no ingenua,⁸ haciendo ver cuáles eran las ideas científicas en el tiempo que se postularon, las estrategias de divulgación que se utilizaron, las posibilidades de interpretación que se tenían con los instrumentos disponibles y la utilidad de las mismas para el avance teórico, superando las limitaciones de un análisis centrado en si las teorías científicas «eran verdad o no lo eran» en determinadas épocas. Del mismo modo, contribuye a que el estudiantado tome conciencia que los libros de ciencia siempre se escriben pensando en quién los ha de leer y que reflejan los valores y cultura de una época, puesto que de esta forma se «recrean» los aspectos humanos de la actividad científica y el conjunto de valores individuales y sociales en los cuales se desarrolla y que normalmente no aparecen o atenúan los libros de texto y las revistas de divulgación. Así se consolida la idea de que la construc-

8. En esta idea nos encontramos trabajando actualmente a través del proyecto FONDECYT Regular 1070795, financiado por CONICYT, Chile, y cuyo director es el doctor Mario Quintanilla.

ción del conocimiento no es un dogma ni una historia de buenos y malos científicos, como habitualmente comunican tales materiales. En la tabla 2 compartimos con el lector algunas de estas ideas incorporadas en el libro.

Tabla 2. Actividades de evaluación científica incorporadas en el libro de texto con la idea de transformar el aula en un foro de discusión utilizando los contenidos científicos que se indican

Ejemplo	Teoría/idea científica	Reflexión	Controversia
1	Modelo atómico de John Dalton	¿Cómo se divulgaron las ideas de John Dalton mientras vivió y posterior a su deceso?, ¿qué acontecimientos históricos, políticos y sociales influyeron para que buena parte de sus escritos se perdieran?, ¿qué consecuencias tuvo ello para la historia y divulgación de la química?	Política, social, metodológica.
2	Modelo atómico de N. Bohr y E. Rutherford	¿N. Bohr y E. Rutherford siempre tuvieron recursos para investigar? Si no fue así, ¿cómo se las ingeniaron para polemizar acerca de sus teorías?, ¿qué problemas personales conspiraron para que sus estudios fueran enseñados o divulgados en sus comunidades científicas?	Personal, valórica, metodológica.
3	Postulados de Gay Lussac —Ley de los gases ideales	¿Cómo influyeron los planteamientos de Gay Lussac acerca del atomismo en la aceptación de la teoría de John Dalton?, ¿de qué forma?, ¿qué consecuencias tuvo ello para la reformulación de los modelos científicos predominantes? Un grupo de la clase será partidario de las ideas de Dalton, en tanto que otro grupo defenderá, con los debidos argumentos, las ideas de Gay-Lussac.	Conceptual, social, metodológica.

Nuestra principal argumentación teórica que ha favorecido la edición preliminar de este libro⁹ de química para estudiantes de secundaria en Chile (14 a 17 años) tiene que ver, entre otros aspectos, con la relevancia y complejidad de los procesos de comunicación y del uso del lenguaje, como principal *instrumento-estrategia* para la enseñanza de la teoría atómica, utilizando un libro de texto teóricamente fundamentado desde la ciencia escolar y el

9. Esta propuesta ha sido financiada por la VRC de la Pontificia Universidad Católica de Chile, con la finalidad de presentarla a una licitación ministerial del Gobierno de Chile. En consecuencia, no se encuentra aún en el mercado editorial.

modelo cognitivo de ciencia. Se trata de insistir en que el lenguaje científico aparezca en la *narración científica escrita* de una manera tal que enseñe al estudiantado a desarrollar paulatinamente habilidades cognitivo-lingüísticas, para comprender la complejidad de los conocimientos que aprende en el aula y desarrollarles la creatividad en el proceso de modelización de la ciencia escolar, haciendo evolucionar sus ideas iniciales, poco elaboradas, hacia otras más coherentes y consistentes desde el punto de vista de los científicos, cuestión que no comienza ni termina con el uso del libro de química.

Conclusiones

En definitiva, el aprendizaje de la teoría atómica tiene que ver con la evolución y diferenciación de las ideas en la propia historia de la química y de los diferentes puntos de vista del estudiantado frente a los «modelos científicos», pero además en la propia historia del sujeto que aprende. Estos desarrollos, de por sí complejos, sólo son posibles a través de la interacción social que se ha de intencionar teórica y experiencialmente, ya que es el lenguaje, hablado o escrito, el medio por el cual se expresa el pensamiento y es la comunicación con los demás la que promueve modificaciones paulatinas en las ideas que se expresan y evolucionan desde «modelos simples» y poco elaborados a «modelos o familias de modelos científicos más complejos y coherentes» desde la propia historia de la ciencia (Quintanilla, 2006b).

Pensamos que nuestro libro puede constituirse, además, en una propuesta de formación e investigación de las prácticas innovadoras de profesores de química desde una visión no dogmática del conocimiento científico y su enseñanza.

Agradecimientos

Los autores Cuéllar y Camacho en esta comunicación expresan sus agradecimientos a la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología, CONICYT, entidad chilena que patrocina sus estudios doctorales en la Pontificia Universidad Católica de Chile. Del mismo modo, a la profesora Nancy Abarca, que revisó el texto-resumen en inglés.

Bibliografía

ARAGÓN, F. (2004), *Historia de la química*, Madrid, Síntesis.

CUÉLLAR, L.; PÉREZ, R.; QUINTANILLA, M. (2005), «O Modelo atómico de E. Rutherford: do saber sábio ao saber educativo apresentado nos livros escolares», *Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educaçao em ciências*, Brasil, Bauru.

GRIBBIN, J. (2005), *Historia de la ciencia*, Barcelona, Crítica.

IZQUIERDO, M. (2000), «Fundamentos epistemológicos». En: PERALES, F. J.; CAÑAL, P. (ed.), *Didáctica de las ciencias experimentales: Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*, Alcoy, Madrid, Marfil, 35-64.

IZQUIERDO, M.; RIVERA, L. (1997), «La estructura y comprensión de los textos de ciencias», *Alambique*, **11**, 24-34.

IZQUIERDO, M.; VALLVERDÚ, J.; QUINTANILLA, M.; MERINO, C. (2006), «Relación entre la historia y la filosofía de las ciencias II», *Alambique*, **48**, 78-91.

PELLÓN, I. (2003), *Dalton, el hombre que pesó los átomos*, Madrid, Nivela.

QUINTANILLA, M. (2006a), «Historia de la ciencia, ciudadanía y valores: claves de una orientación

realista pragmática de la enseñanza de las ciencias», *Educación y Pedagogía*, **45**, 9-24.

— (2006b), «Los textos de enseñanza de las ciencias naturales frente a los desafíos de una nueva cultura docente», *Actas del Primer Seminario Internacional de Libros de Texto*, Santiago de Chile, Ministerio de Educación.

— (2006c), «La ciencia en la escuela, un saber fascinante para aprender a “leer el mundo”», *Revista Pensamiento Educativo* [Santiago de Chile, Facultad de Educación], **39** (2), 177-204.

QUINTANILLA, M.; ADÚRIZ-BRAVO, A. (2007), «Importancia de la epistemología y de la historia de la ciencia en la formación del profesorado de química: fundamentos y propuestas», *Actas del X Encuentro de Educación Química*, Chile, Instituto de Química y Recursos Naturales, Universidad de Talca.

QUINTANILLA, M.; GARCÍA, A. (2005), «Historia de la ciencia y formación docente. Algunos elementos para el debate didáctico», *Actas de las IV Jornadas Internacionales para la Enseñanza Preuniversitaria y Universitaria de la Química*, México, D. F., Universidad Autónoma de México.

TOULMIN, S. (1977), *La comprensión humana: El uso colectivo y la evolución de los conceptos*, Madrid, Alianza.

