

# Artículos





# Historia de la ciencia, ciudadanía y valores: claves de una orientación realista pragmática de la enseñanza de las ciencias

Mario Quintanilla Gatica



Alexander Calder, *Flor*, óleo sobre lienzo, 1947.

## Resumen

### **Historia de la ciencia, ciudadanía y valores: claves de una orientación realista pragmática de la enseñanza de las ciencias**

*En este artículo se presentan y discuten algunos aspectos teórico-conceptuales acerca del sentido que tiene incorporar la historia de la ciencia en la educación científica en particular y en la formación docente en general, con el fin de promover algunas directrices orientadoras para considerar el análisis de la génesis y evolución del conocimiento científico, así como su divulgación y enseñanza, desde una aproximación realista pragmática, frente a los desafíos que nos impone una nueva cultura docente y ciudadana.*

## Résumé

### **Histoire des sciences, citoyenneté et valeurs: clés d'une orientation réaliste pragmatique de l'enseignement des sciences**

*Dans cet article nous présentons et examinons quelques aspects théoriques et conceptuels concernant le fait d'incorporer l'histoire des sciences dans l'éducation scientifique en particulier et dans la formation enseignante en général, à fin de promouvoir quelques directives d'orientation pour considérer l'analyse de la genèse et l'évolution de la connaissance scientifique, ainsi que sa divulgation et enseignement, basé sur une approche réaliste pragmatique, face aux défis que nous impose une nouvelle culture enseignante et des citoyens. Il intéresse spécialement, que le professeur de sciences naturelles dispose de nouveaux éléments théoriques et pragmatiques pour fonder une position épistémologique face au développement historique de la connaissance scientifique, sur la manière dont on peut la re-signifier pour l'enseigner conceptuellement et pragmatiquement, la divulguer et l'évaluer à l'école ou ailleurs, à partir d'une approche rationaliste modérée ou hypothétique.*

## Abstract

### **History of Science, Citizenship and Values: realistic pragmatic orientation keys of science teaching**

*This article presents and discusses some conceptual-technical aspects regarding the meaning of incorporating the history of science in scientific education and in teachers formation. This aims at promoting some directresses pointing towards considering the analysis of the genesis and evolution of scientific knowledge. Also its divulgation and teaching from a realistic pragmatic approximation facing the challenges imposed by a teaching and citizenship culture, are presented and discussed.*

## Palabras clave

*Enseñanza de las ciencias, historia de la ciencia, la ciencia y su público, cultura ciudadana.*

*Teaching of sciences, history of sciences, science and its public, citizenship culture.*

# Historia de la ciencia, ciudadanía y valores: claves de una orientación realista pragmática de la enseñanza de las ciencias\*

Mario Quintanilla Gatica\*\*



## Introducción

**E**l impacto científico y tecnológico en nuestras vidas ha sido de tal magnitud que, de alguna manera, nos ha encontrado sumidos en un asombro casi acrítico o, diríamos, *ahistórico*. Sin embargo, la mayoría de los beneficios de la ciencia y de la tecnología están desigualmente distribuidos; esto se traduce en inequidad e injusticia entre países y, dentro de ellos, se conoce la existencia y permanencia de grupos excluidos del conocimiento científico y del uso de sus beneficios, exclusión por pertenencia a etnias, género, grupos sociales o geográficos (Quintanilla *et al.*, 2006). En este sentido, me parece que la ciencia y la tecnología deben responder hoy día no sólo a las necesidades de la sociedad, para posibilitar mejorar las condiciones de vida de la mayoría de la población que vive en situa-

ciones de pobreza extrema, sino que, además, los avances científicos deben ser bien utilizados por los ciudadanos y ciudadanas, y para que esto sea posible deben conocerlos, comprenderlos y valorarlos adecuadamente. Es decir, la educación científica ocupa un lugar clave para promover la calidad de vida y la participación ciudadana en los procesos de crecimiento y desarrollo (Quintanilla, Macedo y Katzkowicz, 2005).

En esta perspectiva, los esfuerzos por abordar los problemas específicos de la comunicación y educación de la "nueva enseñanza de las ciencias naturales", han sido significativos y crecientes en las últimas décadas. Estos esfuerzos han estado motivados predominantemente por innovaciones prácticas o ins-

\* Producto científico del Proyecto Interno núm. 01-2005/2006: *Imagen de ciencia de profesores en servicio*, financiado por la Facultad de Educación de la Pontificia Universidad Católica (PUC) de Chile y en el que participan Alberto Labarrere, Janet Cadiz, Gerardo Saffer, Luigi Cuellar y Johanna Camacho. Agradezco muy sinceramente a Mercé Izquierdo, de la Universidad Autónoma de Barcelona, sus reflexiones y conversaciones en torno a este artículo.

\*\* Doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad Autónoma de Barcelona, España. Director del Grupo de Reflexión en Enseñanza de las Ciencias e Investigación Aplicada (GRECIA) de la PUC. Profesor del Departamento de Didáctica de la PUC.  
E-mail: mquintag@puc.cl

frumentales que circulan alrededor del uso de los medios y las nuevas tecnologías en el trabajo escolar, así como su incidencia en la constitución de una nueva cultura docente de la ciencia, su enseñanza y aprendizaje. Sin embargo, estos esfuerzos no han renovado la mirada epistemológica acerca de la naturaleza de la ciencia, sus métodos y lenguajes, para abordarla y comunicarla apropiadamente, mejorando así su comprensión. Pensar, entonces, "una nueva comunicación y educación" de las ciencias naturales, es incursionar en un espacio de redes y nociones conceptuales, así como metodológicas y culturales acerca de prácticas pedagógicas diversas que se constituyen *racional y razonablemente* al interior de una determinada comunidad y cultura escolar.

*Hacer decir a las prácticas científicas escolares* es proponer una apuesta intencionada de las relaciones teóricas que en ellas se tejen sistemáticamente, con un sentido humano que no comienza ni termina en la sala de clases. En cualquier caso, no se está hablando de procesos educativos ingenuos, dado que partimos de la base de que en ellos se construye la vida de las personas y de los grupos sociales con alguna ideología determinada (Quintanilla *et al.*, 2006). En las últimas décadas, diversos investigadores han insistido en señalar que la perspectiva del análisis histórico, *acerca de la ciencia y sobre la ciencia*, se halla ausente de la educación científica en particular, y de la formación docente en general, en diferentes contextos culturales y académicos. Un ejemplo es, al menos en Chile, desde la orientación de los modelos tradicionales de formación de científicos y de profesores de ciencias naturales, la falta de reflexión epistemológica e histórica en los proyectos curriculares que sustentan la construcción de conocimiento profesional (Labarrere y Quintanilla, 2006). Partimos del hecho de que el aprendizaje de las ciencias naturales tiene que ver con la evolución y di-

ferenciación de las ideas en la propia historia de la ciencia y de los diferentes puntos de vista de los estudiantes frente al conocimiento; pero, además, en la propia historia del sujeto que aprende a comprender la ciencia bajo ciertos supuestos epistemológicos que están implícitos (o explícitos) en el discurso del profesor. Estas investigaciones del campo *didactológico*<sup>1</sup> concluyen que la transmisión y divulgación de la ciencia en las instituciones formales (escuelas, universidades) y no formales o informales (medios de comunicación masiva) ignoran, diríamos, de manera espontánea, el devenir histórico del conocimiento científico o simplemente "enfatan algunos hitos relevantes" que, debido a la tradición o a la relevancia de determinados contenidos o "formas de entender la historia de la ciencia", así lo permiten (Izquierdo *et al.*, 2006; Gribbin, 2005). De esta manera, queda en evidencia que el profesorado de ciencias naturales y también un número no despreciable de *divulgadores de la ciencia* en los medios de comunicación masiva, transmiten sistemáticamente una imagen de ciencia normativa y determinista, bastante alejada de los contextos culturales, sociales o políticos (e inclusive ideológico-filosóficos) en que los científicos y las científicas han contribuido al desarrollo sistemático, permanente y continuo del conocimiento en distintas épocas, distorsionando así los modelos teóricos de la ciencia y su enseñanza (Solsona y Quintanilla, 2005).

### **El escenario educativo mundial y cultural de la educación científica hoy**

Hay que insistir, sin embargo, que las recientes crisis políticas, sociales y ambientales de los países industrializados como Japón, Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea, demuestran que la productividad económica y los avances del conocimiento humano requieren que los programas de formación inicial y

1 Nos referimos en particular a la investigación en didáctica de las ciencias naturales.

continua de los profesores de ciencias naturales, basen su actividad educativa —derivada de una consistente fundamentación epistemológica— en un contexto civilizador, cuyo fin ha de ser el bienestar social y el respeto por la vida, la educación para la paz, la atención a la diversidad, la educación étnica, la educación ambiental, la comunicación social, entre otros. Esta lección de opción paradigmático-teórica no sólo es relevante y necesaria, sino que imprescindible, puesto que nos conduce al tema de "equidad y calidad" que, desde la óptica de la innovación científico-tecnológica, debería traducirse en ciencia y tecnología para todos y para todas. Señala que el desarrollo, como avance económico, social, político y cultural, debe significar y promover un legado humano de información permanente y continua, al servicio de estilos de vida inteligentes y garantes del talento y la creatividad para futuras generaciones de ciudadanos(as) comprometidos(as) con la consolidación de los valores democráticos, la justicia social y el desarrollo armónico de nuestros pueblos (Quintanilla, 2006b). Me parece que la consolidación ciudadana de los valores democráticos en los diferentes niveles o interfases de los sistemas educativos va ligada irreduciblemente con la producción, transferencia, impacto, divulgación y enseñanza del conocimiento científico con todas sus debilidades y fortalezas. Quien no entienda y promueva convincentemente esta idea, se transforma en ciudadano(a) de segunda clase o esclavo(a) de la dependencia científico-tecnológica de manera ahistórica y alienante. En definitiva, a partir de la denominada *revolución científico-tecnológica*, los desafíos se han incrementado paulatinamente, diversificándose los factores que están interviniendo en la equidad y calidad de la educación científico-tecnológica en América Latina. Más allá de los "fascinados o integrados" —en términos de Umberto Eco— por las nuevas tecnologías, interesa rescatar la importancia que éstas tienen en los procesos de construcción social de la realidad, en los procesos de producción y circulación del conocimiento científico, y en

los procesos cognitivos tanto en el aprendizaje de los estudiantes como en la propia formación docente. En ambos casos, se está reconociendo que éste no es un dato menor, ni despojado de relaciones de poder en la construcción de una nueva cultura docente y ciudadana, porque así como la ciencia no educa ni comunica por sí sola, tampoco se "homeiniza" y mucho menos se "democratiza" por el solo efecto casi mágico de la globalización, como bien lo señala Aníbal Ford:

[...] aunque cada pueblito tenga su antena parabólica, crece la diferencia entre inforricos e infopobres [...] Por el contrario, el control informático parece avanzar con más fuerza sobre los que vagan por el mundo. Y esto provoca una de las discusiones más fuertes de la cultura (1996: 15).

Lo cultural *acerca de y sobre la ciencia y la tecnología* emerge así como otro lugar de conflictos, pero también de constantes y necesarias búsquedas de identidad y, por tanto, como un espacio en el que los educadores de la ciencia, en tanto comunicadores dinámicos del conocimiento, tienen un aporte relevante que promover en la comunidad. O sea, nos referimos a un espacio al que estudiantes, profesores, científicos y profanos están convocados a aportar y al que no pueden renunciar si pretenden consolidar la relevancia irreducible de la ciencia en el tejido social y político (Quintanilla, 2006a).

América Latina es una zona del mundo con gran porcentaje de fracaso escolar, particularmente en la enseñanza de las ciencias naturales. A ello se puede agregar el deterioro de la calidad de la enseñanza, que se pone de manifiesto en constataciones tales como la deserción creciente de estudiantes en los niveles secundarios superiores, el desaliento de los docentes, la falta de articulación con la realidad de los procesos de formación del profesorado, la escasez de recursos y la inarticulación de las tecnologías adecuadas para acom-

pañar los procesos educativos desde una visión realista pragmática de la naturaleza de la ciencia y su inserción en la sociedad. Mirando la misma realidad desde otra perspectiva, se podría decir, además, que es cada día más grande la brecha que separa a esta zona del mundo de la producción de ciencia y tecnología, llamada *de punta*. Nada de esto es ajeno al modelo neoliberal asentado entre nosotros, el cual pretende instalar la marginalidad como inevitable y necesaria, lo que incide decididamente —de manera negativa— en las pretensiones de lograr y potenciar una educación científica sobre la base de la calidad con equidad, de manera *sostenida, racional y razonable* en el espacio ciudadano de toma de decisiones.

### La historia de la ciencia como estrategia educativa de promoción ciudadana

La historia de las ciencias como disciplina metacientífica, me parece, tiene sus orígenes en el siglo XVIII, en la Ilustración<sup>2</sup> y en las últimas décadas ha despertado interés creciente en la comunidad de historiadores, sociólogos y científicos, y en particular en los didactólogos de la ciencia, de tal manera que se han incrementado sistemática y progresivamente las publicaciones en este ámbito, junto a la celebración de prestigiosos congresos y seminarios internacionales,<sup>3</sup> donde se aborda el tema de la historia de la ciencia y sus aportes teóricos y metodológicos, tanto en la perspectiva de la formación profesional como en la educación científica formal y en la divulgación científica en general. Desde entonces, se fue haciendo cada vez más relevante la im-

portancia social de la ciencia y se generó paulatinamente una nueva filosofía de la ciencia que pretendía llegar a convertirse en una suerte de "conciencia crítica del saber científico" vigente (Baraona, 1994). Es indudable el carácter *histórico* de la ciencia, es decir, la idea de que el conocimiento está vivo, que la ciencia es dinámica y progresivamente mutable, que los conceptos, modelos y teorías científicas terminan siendo reemplazados por otros, y que los marcos ideológicos que fundamentan el conocimiento en cada época sufren igualmente un proceso de cambio conceptual o paradigmático natural, sistemático, continuo e irreversible, que puede ser comprendido a la luz de ciertos principios teóricos y caracterizado con criterios metodológicos específicos (Toulmin, 1977).

En lo que los sociólogos de la ciencia denominan la *posmodernidad*, la consolidación de las relaciones permanentes e irrefutables entre filosofía e historia es lo que da origen a las teorías actuales de la ciencia. Se construyen una serie de *modelos de ciencia* en los cuales ya no sólo interesa la justificación del conocimiento, sino que se habla también de *cómo* se descubre. Hasta hace algún tiempo atrás, la filosofía de la ciencia creía que el descubrimiento era algo psicológico, que no se podía estudiar desde el punto de vista de la filosofía y que, en definitiva, correspondía a la psicología preocuparse de este campo problemático. Pero, hoy en día, sabemos con demasiados argumentos a favor que no es así, puesto que los filósofos, con ayuda de la historia de la ciencia, comienzan a promover el desarrollo de modelos de descubrimiento científico que son dinámicos,

2 Corriente cultural y filosófica europea que se caracterizó por la revisión del mundo y del hombre en todos los aspectos desde el punto de vista de la razón y de la experiencia. Fue un movimiento intelectual y también artístico que partió de las transformaciones ideológicas del Renacimiento, que se vio potenciado por las revoluciones políticas y económicas acaecidas en Inglaterra durante los siglos XVII y XVIII, respectivamente. Se considera que se "originó" en Gran Bretaña, desde donde pasó a Francia y se extendió luego al resto de Europa. En América contribuyó a promover los movimientos emancipadores de las monarquías del viejo continente. Algunos personajes relevantes de esa época fueron Montesquieu, Voltaire y Rousseau, entre otros.

3 El más importante quizá es el International History, Philosophy, Sociology Conference (IHPST) que se celebra cada tres años. El 2005, la sede del 8.º IHPST fue la Universidad de Leeds, Inglaterra.

complejos y comprensivos (Baraona, 1994; Chalmers, 1993).

En razón de lo anterior, la idea de *historicidad* de la ciencia, a propósito de su validación, valoración y legitimidad, admite siempre interpretaciones encontradas en la comunidad científica: unas intentan explicar la evolución del conocimiento científico desde una mirada reduccionista u objetivable al dato histórico mismo (la *visión anacrónica*); otras quieren generar modelos interpretativos que surgen de la valoración de la época y el contexto en que dicho conocimiento se "socializó" en una comunidad científica determinada (la *visión diacrónica*). Esta última forma de entender la historia de la ciencia, valiosa a nuestro juicio para los profesores de ciencias naturales, genera planteamientos que distinguen de manera sustancial entre los llamados *hechos del pasado* y los *hechos históricos* (Kragh, 1989; Baraona, 1994). Recoger el dato objetivable e interpretarlo sin valorar el sentido que tiene en la época, las expectativas socioculturales y los conflictos político-religiosos que condicionaron los descubrimientos e invenciones científicas, elementos todos que también forman parte del llamado *dato histórico*, contribuye a una interpretación restrictiva del desarrollo del conocimiento y la actividad científicas que, para muchos autores, no sería la más adecuada para comprender el mundo a través de la educación científica (Matthews, 1994). En muchos casos, científicos y profesores de ciencias naturales consideramos la ciencia como un conjunto de acontecimientos desconectados que refuerzan esta idea *ahistórica y dogmática*, es decir, transmitimos una ciencia reducida a los formalismos categóricos propios de la mirada neopositivista, "neutral" y determinista. Sin embargo, investigaciones rigurosas en la materia señalan que la ciencia es un proceso continuo de constitución de saberes eruditos con dimensiones no sólo históricas, sino también sociales, políticas, económicas y culturales, es decir, es el producto de una *actividad social* que excede con mucho los actos individuales de descubrimiento o de creación de nuevas

teorías más precisas y específicas (Crombie, 2000; Baraona, 1994). En la línea de las ideas anteriores, Izquierdo (2000) plantea la necesidad de generar un trabajo científico escolar que profundice en la historia de la ciencia, puesto que esta disciplina permitiría relacionar el entramado conceptual que se está aprendiendo y el problema que se intenta solucionar con diversas miradas, estrategias y racionalidades en la clase de ciencias. Con esta finalidad en mente, revisar la historia de "los científicos y las científicas" y de sus respectivas épocas no resulta para nada fácil, si se quiere encontrar *sentido educativo* a la comprensión y valoración de la evolución del conocimiento y su auténtico protagonismo en la historia humana (Saffer y Quintanilla, 2004).

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: los estudiantes necesitan saber *con qué y cómo* se relacionan dichos modelos teórico-conceptuales 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 ciencia misma (García 2003; Solar y Quintanilla, 2005). Haciendo uso de una analogía, planteamos que la historia de la ciencia se convierte en un vehículo para formar a los profesores en ejercicio, ya que no sólo están estudiando su disciplina, sino que se están cuestionando la manera como se genera el conocimiento en ella (epistemología), promoviendo cambios futuros que se espera queden reflejados en la manera en que abordan los conceptos y / o modelos científicos con sus estudiantes, desde una visión naturalizada o realista pragmática de la ciencia (Quintanilla y García, 2005; Merino y Quintanilla, 2005).

Como lo hemos planteado en otros trabajos (Quintanilla, Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2005), en la actualidad, muchas escuelas de pensamiento, corrientes teóricas, investigadores y auto-

res situados en las disciplinas de carácter metacientífico —como la epistemología, la historia de la ciencia y la didactología de las ciencias naturales— ven a la ciencia como una *actividad humana* de producción, evaluación, aplicación y difusión de *saberes eruditos*, inmersa en un contexto histórico, social, político y cultural que le da sentido a la llamada *actividad científica*, al precisar las finalidades de intervención que se persiguen y los valores que se sostienen o están en juego en las comunidades e instituciones científicas. En este sentido de análisis, me parece que consolidan su valor educativo la *perspectiva sociológica* (Bourdieu, 2003; Hilgartner, 1990; Shapin y Barnes, 1977), la *perspectiva filosófica* (Bensaude-Vincent, 2000; Estany, 1993), la *perspectiva axiológica* (Echeverría, 2002) y la *perspectiva didáctico-epistemológica* (Izquierdo, 2000; Quintanilla, Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2005) de la historia de la ciencia, su divulgación y enseñanza.

### **La ciencia y su público. El dilema de los expertos y los profanos**

Para nadie resulta desconocido que nuestra cultura tecnocientífica ha cambiado de manera espectacular en las últimas décadas del siglo XX. Hoy forma parte cada vez más importante de los proyectos educativos, de divulgación, institucionales y culturales, constituyéndose en un elemento relevante de las agendas políticas de los diferentes organismos responsables de la producción, gestión y divulgación del conocimiento. Debido a ello, los estudiosos de las ciencias naturales (historiadores, didactólogos, filósofos, sociólogos, etc.) han desdibujado progresivamente las fronteras entre la llamada *ciencia de los expertos* propiamente tal y la sociedad receptora de la misma, de manera que, para muchos, las estrategias de los científicos para ganarse audiencias nuevas y legitimar así su prestigio y su poder son factores inequívocos de la propia práctica científica cotidiana (Bourdieu, 2003). Así, las llamadas *nuevas teorías, los experimentos inno-*

*vadores o las máquinas avanzadas* se validan mediante complejas redes sociales, constituidas por los grandes expertos de la investigación básica, del mismo modo que por aquellos "visitantes anónimos" de un museo de ciencia en una ciudad periférica de alguno de nuestros países. En esta lógica distintiva, asumir la incorporación de la historia de la ciencia en la enseñanza y en la formación docente, permite delimitar un amplio espacio de libertad para el profesor (y también para el divulgador) que diseña, aplica y evalúa el currículo, las diversas actividades de aprendizaje, las estrategias de evaluación y los medios de transmisión y comprensión del saber científico, puesto que le permite explorar, de manera naturalista y no normativa, la validez (y legitimación) de las complejas relaciones que se establecen entre los modelos teóricos que enseña y los fenómenos, y entre ambos y el lenguaje que utiliza para comunicar este conocimiento a ciudadanos y ciudadanas cada vez más alfabetizados científicamente (Izquierdo, 2000).

Según la mayoría de investigaciones en este campo de la *didactología* (Álvarez, Nuño y Solsona, 2004), diversas han sido las causas que explicarían, en gran medida, el desconocimiento de la historia de la ciencia (HC) en la enseñanza y en la formación docente (FD). Entre ellas se destacan sistemáticamente:

- La ausencia de la historia HC en los contenidos de enseñanza de la formación inicial y permanente de científicos y profesores.
- La casi total inexistencia de la HC en los planes de enseñanza secundaria y en la mayor parte de los planes de formación universitarios de la mayoría (sino de todas) las carreras científicas.
- La persistencia de una concepción dogmática, neopositivista, utilitarista e instrumental de la ciencia, paradigma dominante en los centros docentes y en la investigación en ciencias básicas y aplicadas.

- El desinterés de profesores y científicos de asumir "el análisis y la reflexión" de los acontecimientos históricos como parte de la clase de ciencia y de la formación profesional, favoreciendo la formalización y el tratamiento algorítmico de la inmensa mayoría de los contenidos científicos, aun en el caso que sea imprescindible hacerlo.
- Escasas publicaciones en el área de historia de la ciencia y la enseñanza, lo que dificulta el acceso a documentos y sistematizaciones de calidad en tópicos particulares en ámbitos específicos.
- Desprecio "espontáneo", por la comunidad científica y educativa, de la historia de la ciencia, que la percibe como "un conjunto de acontecimientos puntuales" desconectados de los contenidos "relevantes" que se "tienen que enseñar obligatoriamente".

### **¿Qué historia de la ciencia divulgar y enseñar para promover una cultura ciudadana?**

Me parece importante insistir en el hecho de que la ciencia es un proceso de constitución del saber erudito con dimensiones no sólo históricas, sino también sociales, políticas y culturales, que derivan en posicionamientos o paradigmas específicos (modelos) de su epistemología y enseñanza, con una finalidad específica. En consecuencia, para potenciar estas ideas, resulta relevante valorar la incorporación de la historia de la ciencia en los procesos de formación inicial y continua de profesores y divulgadores (periodistas científicos, monitores de museos de ciencia, investigadores), puesto que permite relacionar el tejido teórico-conceptual que se constituye en un "momento particular de la historia" y el "problema científico" que se intenta solucionar con las teorías y los instrumentos disponibles en ese momento (Camacho, 2005; Solar y Quintanilla, 2005). Esta idea de formación y enseñanza de las ciencias naturales desde una orientación de ciudadanía y valores, permite *releer* y com-

prender marcos teóricos diversos para interpretar fenómenos científicos que *hoy comprendemos bien* y que se explican mediante teorías vigentes, las que continúan evolucionando vertiginosamente; pero, además, permite conocer la relación entre la ciencia y la cultura de una época específica, analizando así la influencia de éstas en el desarrollo y consolidación de una sociedad determinada que comparte unos valores que se resignifican sistemáticamente (Baraona, 1994; Quintanilla, 2005; Solsona, 1997). Para dar una respuesta racional y razonable, además de consistente en este sentido, la hipótesis que sustento es que es posible utilizar aspectos concretos de la historia de la ciencia de manera que se plantee el origen histórico de las principales líneas de investigación, se muestre el proceso de creación y desarrollo de los principales conceptos, sus teorías y metodologías, como fruto de un trabajo colectivo y de una construcción humana, en la que hay polémicas, tensiones y distensiones, y se analice así la complejidad de las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-comunicación (CTSC) a lo largo de la historia, con las implicaciones de transformación de los procesos sociales y de convivencia que ello ha generado para la humanidad en general y para la comunidad científica en particular (Izquierdo *et al.*, 2006).

En un sentido aún más complejo, me parece que el camino de la formación científica requiere necesariamente una argumentación epistemológica de la ciencia y de la didáctica de las ciencias conectada al análisis de los diversos factores que han condicionado, sino determinado, las maneras en que se aprende a enseñar y a divulgar el conocimiento científico, en distintas épocas y culturas. Por tanto, si asumimos el carácter "dinámico y cambiante" del conocimiento, es evidente que la reflexión y análisis de estos cambios debieran estar integrados en la formación inicial y permanente del profesorado de ciencias naturales, puesto que favorecen la comprensión de una *racionalidad moderada* acerca de la naturaleza de la ciencia, su método y objeto de estudio.

En esta perspectiva epistemológico-didáctica, la ciencia sería, entonces, *una actividad humana no neutral*, que contribuye a la génesis, desarrollo y divulgación del conocimiento, basado en el fenómeno cognitivo humano. Por tanto, la interpretación, modelización y explicación de la ciencia escolar ha de contribuir a la convergencia de los conceptos que históricamente han estado en "tensión": *el descubrimiento y la justificación del hecho científico*, que ya hemos venido analizando en otras publicaciones (Quintanilla, 1999). Los teóricos cognoscitivos de la ciencia cuestionan la llamada *filosofía clásica*, por configurar ideales de ciencia con los cuales los científicos no trabajan y, en consecuencia, con los que no se sienten identificados. Toman, así, distancia de la filosofía y de la sociología, intentando establecer una disciplina, sin otra finalidad que no sea la de explicar la ciencia como construcción humana en permanente cambio (Giere, 1992).

Para las concepciones *realistas pragmáticas* o *naturalistas* de la ciencia, las teorías científicas describen e interpretan cómo es realmente el mundo. Esto significa que, en él, hay cosas o entidades que se pueden caracterizar generalmente por sus propiedades específicas, estructura y función: sustancias, animales, vegetales, tipos de energía, etc.; es decir, según este principio, las teorías científicas son descripciones verdaderas de lo que pasa en el mundo real. Como insistiré en más de una ocasión, es una postura mucho más estimulante en el análisis e interpretación de los hechos y de las teorías científicas. Su principal dificultad es que dos teorías pueden dar explicaciones o interpretaciones equivalentes de un mismo fenómeno, provocando la duda de cuál de las dos interpretaciones realizadas es "más real". En este sentido, Chalmers (1993) plantea lo que llama el *realismo no representativo*, asumiendo que las teorías científicas tienen determinadas finalidades y representan

ciertos aspectos particulares del mundo, y no otros. En consecuencia, al incorporar la historia de la ciencia en la enseñanza y la divulgación, debiéramos entender que en el desarrollo del conocimiento no siempre se valoró a la ciencia de la misma manera como la valoramos ahora, y con las mismas intenciones y finalidades (Quintanilla, 2006).

### **¿Cómo divulgar y enseñar historia de la ciencia para aprender a ser ciudadanos responsables?**

Según Crombie (2000), los historiadores racionalistas del siglo XVIII, guiados por el genio de Voltaire, negaban la posibilidad de una necesaria conexión entre la filosofía medieval y el llamado "triunfo de la razón científica",<sup>4</sup> que situaban culturalmente en la época de Galileo, Harvey, Descartes y Newton. Sin embargo, un siglo más tarde, Comte propondrá a sus seguidores la peligrosa fórmula de reclamar como precedentes de la ilustración positivista, no lo que Galileo o Newton podían haber *afirmado* acerca de cuáles eran sus propósitos y métodos con respecto a la elaboración de sus teorías, sino lo que éstos debían haber sido *realmente*, aunque ellos quizá lo ignoraran en su época (Crombie, 2000). Este enfoque nos parece el más acertado y también el más difícil de trabajar en la enseñanza, la formación docente y la divulgación científica, y que hemos investigado en alguna oportunidad, utilizando, para este propósito, fuentes escritas e iconográficas de distinta naturaleza (Cuellar, Pérez y Quintanilla, 2005; Uribe y Quintanilla, 2005).

Ronald Giere (1992) afirma que la *selección científica* de las teorías se realiza mediante un proceso complejo, que incluye la interacción social, cultural y el juicio personal de los científicos. Se plantea así la racionalidad como instrumental, en tanto se puede manifestar en

4 El destacado es nuestro.

diversos grados, dependiendo del contexto y las variables que se estudien con dispositivos teóricos específicos. Las leyes de la ciencia no serían, entonces, generalizaciones empíricas bien confirmadas, sino que dependerían del juicio del científico y del contexto en el que se analiza la ley. Este autor se opone así a la concepción clásica de la racionalidad categórica, que no admite la valoración del juicio científico en la toma de decisiones ni en la gestión del conocimiento. En una concepción naturalista de la ciencia existe una constante aproximación a la verdad, que es parte de la esencia misma de la actividad científica humana, lo que se conoce como *racionalidad moderada*. El *modelo cognitivo de ciencia* se ajusta muy bien al modelo de ciencia que enseñamos o *ciencia escolar*. Giere (1994) utiliza este modelo para la ciencia que construyen los científicos, proponiendo que para saber *cómo es* una teoría científica determinada, es necesario saber *cómo* las utilizan, de hecho, los científicos en su cotidianeidad. De esta manera, analiza cómo aparecen las teorías en los libros de texto especializados y cómo usan de ellas los científicos en sus diferentes discusiones y contextos (Izquierdo, 1994; 1995). Califica, así, su postura como *realismo naturalista* o *realismo pragmático*. Es realista al considerar que la ciencia intenta representar e interpretar el mundo con determinadas ideas. Es naturalista, porque pretende explicar los juicios y decisiones científicas a partir de los criterios propios de los científicos y no de principios racionales de carácter general, tal y como lo plantean los positivistas más dogmáticos en la propia historia de la ciencia. Esta sería, por así decirlo, la novedad epistemológica de este modelo, ya que los didactólogos apropiamos estas orientaciones para una propuesta de la enseñanza de las ciencias naturales, basada en el "fenómeno cognitivo humano". Los planteamientos de este modelo, citados a continuación, permiten, así, más o menos "modelizar" la *ciencia del aula* o *ciencia escolar*, con algunos principios esenciales e irreducibles:

- El mundo se interpreta con teorías.
- El método de interpretación es evolutivo y natural, y por tanto, muy diverso.
- El modelo y su interpretación han de tener un "sentido humano".

Hasta ahora he planteado la idea central de enseñar y divulgar una historia de la ciencia cuya naturaleza epistemológica define muy bien el realismo pragmático o naturalismo, al que hacía alusión en el párrafo anterior, y que tiene ciertos atributos que la hacen distintiva de otras visiones epistemológicas, diríamos tradicionales o más dogmáticas (Quintanilla, 1999). Del mismo modo, y debido a la gran complejidad y rigor científico que plantea cualquier análisis o postura de esta naturaleza, los historiadores han desarrollado su labor de acuerdo con una doble perspectiva de los sucesos, las épocas y las formas de abordarlos, es decir, desde la llamada *historiografía vertical* o desde una *historiografía horizontal*. La historiografía vertical o *sincrónica* es la que se caracteriza fundamentalmente por la delimitación de un tema problemático o contenido del problema científico, y el seguimiento de su evolución y transformación a lo largo de la historia de la ciencia. Por otro lado, la historia horizontal o *diacrónica* se interesa por la ciencia del pasado en sí misma, por sus conceptos, su organización y toda la compleja trama de influencias intelectuales que se tejen en ella en cada situación histórica, coincidiendo con marcos valóricos que se comparten en las comunidades científicas de una determinada época (Baraona, 1994). En este sentido, me parece interesante la idea de Crombie, que vincula las preguntas, las respuestas y los contextos a toda meta de un historiador científico. Al respecto nos orienta:

La meta del historiador de la ciencia [...] es encontrar qué problemas preocupaban a los científicos antes de que fueran resueltos, cuáles eran sus hipótesis y expectativas, y qué es lo que ellos consideraban como respuesta y explicación [...] (Crombie, 2000: 19).

En definitiva, la educación científica y tecnológica actual, ya no puede tener como referente curricular la imagen de ciencia y de enseñanza de las ciencias restrictivo-determinista que se fue configurando desde la sociedad industrial europea a fines del siglo XVIII, vinculada al control social de las clases dominantes, tal como lo plantean algunos historiadores de la ciencia a propósito de la enseñanza tecnocientífica en la Inglaterra victoriana del siglo XIX (Shapin y Barnes, 1977).

## Conclusiones

Resulta imprescindible que los profesores de ciencias naturales comprendan y asuman las nuevas categorías teóricas y praxiológicas derivadas de una concepción de ciencia y de enseñanza de las ciencias generada y consolidada en la llamada *sociedad del conocimiento*. En este ámbito de una "nueva cultura docente de la educación científica" habría que decir que la transferencia de conocimiento en el aula debe superar las opciones reduccionistas y dogmáticas de los modelos de formación inicial y continua del profesorado, y del aprendizaje de las ciencias naturales, para promover el desarrollo de competencias y habilidades cognitivo-lingüísticas en los estudiantes, facilitando la integración cultural, el desarrollo del pensamiento creador y de unos ciudadanos comprometidos con el complejo tejido social y el dinámico engranaje del crecimiento económico, así como la promoción y consolidación de los valores democráticos en nuestros países.

En este artículo quise desarrollar dos ideas fundamentales. En primer lugar, orientar algunas reflexiones teóricas acerca de la ciencia construida y de la ciencia enseñada, es decir, el fenómeno histórico y epistemológico recogido por la *didactología* y su ámbito de conocimiento e investigación. La otra idea que pretendí compartir fue establecer las tendencias actuales en relación a los aportes que la historia de la ciencia puede hacer a la formación

del profesorado científico, el currículo, el conocimiento escolar y la formación ciudadana. El norte de mis reflexiones fue proporcionar algunos elementos de análisis que permitan comprender la situación actual de la historia de la ciencia *como una metaciencia* que refiere un campo de conocimiento y de investigación específica en la formación del profesorado, particularmente en la educación científica.

En la actualidad, estamos trabajando en el diseño de cursos completos de formación docente centrados en los aportes de las metaciencias a la enseñanza de las ciencias naturales, y en la elaboración de materiales prácticos para incorporar temas de epistemología e historia de la ciencia en la formación inicial y continuada del profesorado, desde una perspectiva de ciencia, ciudadanía y valores (Quintanilla, Macedo y Katzkowicz, 2005). Al mismo tiempo, continuamos trabajando en la formulación de modelos teóricos para fundamentar estas propuestas de innovación formadora. Muchos de nuestros materiales ya han sido publicados y se están utilizando en nuestros países, aunque a escala más bien restringida. En diferentes eventos científicos hemos ampliado, mediante ejemplos concretos, avances de la propuesta aquí presentada, retomando trabajos adelantados y puestos en ejecución en Chile, Argentina, Colombia y España (Quintanilla, Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2005; Quintanilla, 2005; García, 2003; Quintanilla y García, 2005, Solsona y Quintanilla, 2005, Álvarez *et al.*, 2005). Al respecto, hay un fértil camino que recién se comienza a recorrer. Pienso que una prioridad, en este sentido, es el desarrollo de un modelo teórico-metodológico para incorporar la historia de la ciencia en la formación docente, que enfatice los elementos anteriormente analizados con una *teoría didáctica de los contenidos científicos escolares* y una epistemología naturalizada, tal y cual lo he planteado en este artículo. En esta área de análisis me encuentro trabajando hoy en día y será el contenido de un próximo texto.

## Agradecimientos

Deseo expresar mi cariño y gratitud a la doctora Fanny Angulo Delgado, académica e investigadora de la Universidad de Antioquia, por invitarme a formalizar estas ideas, algunas de las cuales compartí con ella y su equipo docente en una videoconferencia desde Santiago de Chile, el día 20 de abril del 2006 como parte de las actividades del Primer Encuentro Iberoamericano de Investigación sobre Enseñanza de las Ciencias y las Matemáticas, celebrado en Medellín, Colombia.

## Referencias bibliográficas

- Álvarez, L. M.; Nuño, T. y Solsona, N., 2004, *Las científicas y su historia en el aula*, Madrid, Síntesis.
- Álvarez, L. M.; Quintanilla, M.; Pérez, U. y Solsona, N., 2005, *Educación en los derechos humanos a través de la historia de la ciencia: una experiencia de innovación en la enseñanza secundaria*, Actas del Congreso "Sin ciencia no hay cultura", A. Coruña, Galicia, España.
- Baraona, 1994, *Ciencia e historia*, España, SEC, Universidad de Valencia.
- Bensaude-Vincent, B., 2000, "L'opinion publique et la science. A chascan son ignorant", *Intitut d'édicion scenofi-synthélabo*, París, pp. 7-19.
- Bordieu, P., 2003, *El oficio del científico*, Barcelona, Anagrama.
- Camacho, J., 2005, "Ley periódica. Una reflexión didáctica desde la historia de la ciencia", Tesis de Maestría en Docencia de la Química (publicada), Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional.
- Chalmers, 1993, *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*, Madrid, Siglo XXI.
- Crombie, A., 2000, *Historia de la ciencia: de san Agustín a Galileo*, 1. Siglos V-XIII, Barcelona, Alianza.
- Cuellar, L.; Pérez, R. y Quintanilla, M., 2005, *La propuesta de Ernest Rutherford en los libros de texto en Colombia: un análisis desde la historia de las ciencias y la visión de transposición didáctica en ellos*, Actas del VII Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias, Granada, España.
- Etcheverría, J., 2002, *Ciencia y valores*, Barcelona, Destino.
- Estany, A., 1993, *Introducción a la filosofía de la ciencia*, Barcelona, Crítica.
- Ford, Aníbal, 1996, "Paradoja de la aldea global", *Diario Clarín*, Buenos Aires, 28 de jul.
- García, A., 2003, "Aportes del estudio histórico de instrumentos científicos a la formación del profesorado de ciencias", Tesis de maestría, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Giere, R., 1992, "What the Cognitive Study of Science is not?", en: *Cognitive Models of Science*, Minnesota, R.Giere, pp. 481-484.
- \_\_\_\_\_, 1994, "The Cognitive Structure of Scientific Theories", *Philosophy of Science*, núm. 61, pp. 276-296.
- Gribbin, J., 2005, *Historia de la ciencia*, Barcelona, Crítica.
- Hilgartner, S., 1990, "The Dominant view of Popularisation: Conceptual Problems, Political Issues", *Social Studies of Science*, núm. 20, pp. 519-539.
- Izquierdo, M., 1994, *Algunas reflexions sobre el llenguatge simbolic químic. "El somni de Lavoisier"*, XII Jornadas de Historia y Filosofía de la Ciencia, Vigo, Galicia.

\_\_\_\_\_, 1995, *La función de las fórmulas en la formación y divulgación del conocimiento científico*, XIII Jornadas de Historia y Filosofía de la Ciencia, Vigo, Galicia.

\_\_\_\_\_, 2000, "Fundamentos epistemológicos", en: Perales, F. J. y Cañal, P., eds., *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*, Madrid, Marfil, Alcoy, pp. 35-64.

Izquierdo, M.; Valverdú, I.; Quintanilla, M. y Merino, C., 2006, "Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia", *Alambique*, núm. 48, pp. 78-91.

Kragh, H., 1989, *Introducción a la historia de la ciencia*, Barcelona, Crítica.

Labarrere, A. y Quintanilla, M., 2006, "La evaluación de los profesores de ciencia desde la profesionalidad emergente", en: *Enseñar ciencias en el nuevo milenio: retos y propuestas*, Santiago de Chile, PUC.

Matthews, M., 1994, *Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science*, Nueva York, Routledge.

Merino, C. y Quintanilla, M., 2005, *Propuesta de un instrumento de evaluación para establecer criterios sobre uso de la historia de la ciencia en la enseñanza*, Actas del VII Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias, Granada, España.

Quintanilla, M., 1999, "El dilema epistemológico y didáctico del curriculum de la enseñanza de las ciencias: ¿cómo abordarlo en un enfoque CTS?", *Pensamiento Educativo*, Santiago, Chile, núm. 25, pp. 299-334.

\_\_\_\_\_, 2005, "Historia de la ciencia y formación docente: una necesidad irreducible", *Revista TED*, Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá, número extra, pp. 34-43.

\_\_\_\_\_, 2006a, *Educación científica de calidad hoy, ciudadanía para el mañana*, Actas del IV Congreso Internacional de Didáctica de las Ciencias, La Habana, Cuba.

\_\_\_\_\_, 2006b, "Identificación, caracterización y evaluación de competencias científicas desde una imagen naturalizada de la ciencia", en: Quintanilla, M. y Adúriz-Bravo, A., eds., *Enseñar ciencias en el nuevo milenio: retos y propuestas*, Santiago de Chile, Universidad Católica de Chile, pp. 17-42,

Quintanilla, M. y 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 pre-universitaria y universitaria de la Química, México, Universidad Autónoma de México.

Quintanilla, M.; Izquierdo, M. y Adúriz-Bravo, A., 2005, *Characteristics and Methodological Discussion about a Theoretical Model that introduces the History of Science at an Early Stage of The Experimental Science Teachers' Professional Formation*, Proceedings of IHPST International Conference of History and Philosophy of Science and Science Teaching, England, University of Leeds.

Quintanilla, M.; Macedo, B. y Katzkowicz, R., 2005, *La educación de los derechos humanos desde la perspectiva de ciencia, ciudadanía y valores*, Actas del VII Congreso Internacional de Didáctica de las Ciencias, Granada, España.

Quintanilla, M.; Romero, M.; Salduondo, J. y Etchegaray, F., 2006, *Innovación científica y tecnológica en un mundo global: ciudadanía y valores para una nueva cultura docente*, Actas del XXXIII Congreso Mundial de Escuelas de Trabajo Social, Santiago de Chile.

Saffer, G. y Quintanilla, M., 2004, *Aportes para un debate sobre la historia de la física en la enseñanza: las leyes de Kepler*, Actas del VIII Congreso Iberoamericano de Enseñanza de las Ciencias Experimentales, Ciudad de Guatemala.

Shapin, S. y Barnes, B., 1977, "Science, Nature and Control: Interpreting Mechanics Institutes", *Social Studies of Science*, vol. 7, pp. 31-74.

Solar, H. y Quintanilla, M., 2005, *Algunas reflexiones para considerar la historia de la matemática en la formación inicial y continua del profesorado*, Actas de las II Jornadas sobre la Historia de Ciencia i l'Ensenyament, Societat Catalana d'Historia de la Ciencia, Barcelona.

Solsona, N., 1997, *Mujeres científicas de todos los tiempos*, Barcelona, Talasa.

Solsona, N. y Quintanilla, M., 2005, *Reflexions i propostes per al debat educatiu - diactic entorn*

*a la història de la ciència*, Actas de las II Jornada sobre la Historia de Ciencia i l'Ensenyament, Barcelona, Societat Catalana d'Historia de la Ciencia.

Toulmin, S. 1977, *La comprensión humana*, Madrid, Alianza.

Uribe, M. y Quintanilla, M., 2005, *Aplicación del modelo de Toulmin a la evolución del concepto de sangre en la historia de la ciencia. Perspectivas didácticas*, Actas del VII Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias, Granada, España.

## Referencia

Quintanilla Gatica, Mario, "Historia de la ciencia, ciudadanía y valores: claves de una orientación realista pragmática de la enseñanza de las ciencias", *Revista Educación y Pedagogía*, Medellín, Universidad de Antioquia, Facultad de Educación, vol. XVIII, núm. 45, (mayo-agosto), 2006, pp. 9-23.

Original recibido: abril 2006

Aceptado: junio 2006

Se autoriza la reproducción del artículo citando la fuente y los créditos de los autores.