

FUNDAMENTOS Y OBJETIVOS DE LA FORMACIÓN DE DIDACTAS DE LAS CIENCIAS EN EL CONTEXTO SURAMERICANO

OBJECTIVES AND FOUNDATIONS OF SCIENCES TEACHERS' EDUCATION IN SOUTH AMERICA

Rómulo Gallego Badillo¹ y Adriana Patricia Gallego Torres²

¹ Grupo de Investigación Representaciones y Conceptos Científicos – Grupo IREC –
Profesor de la Universidad Pedagógica Nacional, de Bogotá, Colombia
(rgallego@uni.pedagogica.edu.co)

² Doctora en Ciencias Físicas de la Universidad de Valencia, España (Adriana.P.Gallego.@uv.es)
Grupo de Investigación Representaciones y Conceptos Científicos – Grupo IREC –

RESUMEN

En este artículo se examinan los fundamentos y los objetivos que podrían orientar la formación de didactas de las ciencias en el marco de las particularidades culturales sociales, económicas y políticas de los países del subcontinente suramericano, caracterizado por la multiculturalidad y la diversidad étnica. Se establece como condición necesaria la creación de una red de investigadores y de formadores de formadores, fortaleciendo nuestras revistas especializadas y mejorando la comunicación y el intercambio de experiencias.

Palabras Claves: Formación de profesores, didáctica de las ciencias, comunicación, intercambio.

ABSTRACT

This article examines the objectives and foundations that lead the sciences' didactics in the cultural, economical, political and social frameworks of the South American continent, characterized by a multicultural and ethnic diversity. The creation of researchers net is considered as a necessary condition to design and publish specialized magazines that help teachers improve and facilitate the communication and educational experiences interchange.

Keywords: Teachers' education, sciences' didactics, communication, interchange.

INTRODUCCIÓN

Con la constitución de la nueva didáctica de las ciencias de la naturaleza a partir de la segunda mitad del siglo XX, y su fortalecimiento en los últimos 25 años de ese siglo pasado, los especialistas comienzan a reconocerse como pertenecientes a una comunidad científica, esto es, a la de los didactas de esas ciencias. En el ámbito hispano se reconoce un primer intento de estructuración de la nueva didáctica, desde la epistemología evolucionista de S. Toulmin (1977), en términos de una empresa racional (Aliberas, Gutiérrez e

Izquierdo, 1989). Por otro lado, hoy se suele resaltar la propuesta de que se cuenta en la actualidad con un cuerpo de conocimiento en el que se integran los distintos resultados obtenidos en las investigaciones sobre la enseñanza de las ciencias (Hodson 1992).

De acuerdo con lo anterior, el desarrollo de la comunidad de especialistas ha desembocado en la formulación de unos campos de saber y de investigación (Gil Pérez, Carrascosa Alís y Martínez-Terrades, 1999), cuyos resultados se publican en revistas de circulación nacional, regional e internacional, debidamente indexadas. En cuanto al ámbito suramericano, cabe mencionar *Ciência & Educação*, de UNESP – Campo de Bauru (Brasil), *Tecné, Episteme y Didaxis*, de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), de Bogotá y la *Revista de Enseñanza de la Física*, de la Asociación Argentina de Profesores de Física, entre las más conocidas.

Está aumentando la participación de los miembros de la comunidad suramericana de especialistas en congresos internacionales, como puede deducirse del alto número de comunicaciones presentadas en el VI y en el VII Congresos Internacionales de Investigación en Didáctica de las Ciencias, el anterior en Barcelona y el último en Granada, España, para solo mencionar los más recientes. En lo tocante a nuestra subregión, se está asistiendo al V ENPEC, de ABRAPEC, en la ciudad de Bauru y se ha convocado al Tercer Congreso sobre Formación de Profesores de Ciencias en Colombia, convocado por Tecné, Episteme y Didaxis, patrocinado por la UPN. El propósito que se destaca es el de que estos congresos avancen para constituir los espacios en que se encuentren los investigadores suramericanos para compartir ideas y resultados de los trabajos que cada uno de ellos adelanta en sus respectivos países y universidades. Esto, sin desconocer que a la par y periódicamente se llevan a cabo citas de carácter estrictamente nacional y regional.

Un listado incompleto de los campos de saber y de investigación en los que trabajan los didactas, con las afortunadas críticas que al respecto se presentan, serían: El de la formación inicial y continua de profesores (Mellado y González, 2000; Mellado, 1999; Gallego Badillo, Pérez Miranda y Torres de Gallego, 2004; Gallego Badillo, Pérez Miranda, Torres de Gallego y Amador Rodríguez, 2004; González, Arena, Buddge, De Longhi, Ferreira y Re, 1996); el de las controvertidas concepciones alternativas de los estudiantes (Furió, 1996; Pozo, 1996); las concepciones de los profesores de ciencias (Porlán, 1989; Gallego Badillo y Pérez Miranda, 2002); las relaciones ciencia, tecnología y sociedad (Solomon, 1995; Membiela, 1995; Esteban, 2003).

Hay que agregar a los anteriores campos, el de la alfabetización científica y tecnológica básica para todos los ciudadanos (Fouréz, 1994); el de la confiabilidad de los textos de enseñanza, derivado de la lectura del concepto de transposición didáctica propuesto por especialistas en educación matemática (Chevallard, 1985) o de recontextualización didáctica, con base en la necesaria distinción histórico-epistemológica de la construcción de las matemáticas con respecto a las ciencias de la naturaleza (Niaz, 1998; De la Gándara, Gil y Sanmartí, 2002; Perales y Jiménez, 2002); el problema de la enseñabilidad de las ciencias de la naturaleza y de su enseñanza, que en el Grupo IREC, se discute postulando que el primero, se resuelve desde el concepto de transposición o recontextualización y, el segundo desde las hipótesis didácticas que se derivan de la transposición y que exigen su contrastación sistemática en el aula (Gallego Badillo, Pérez Miranda, Torres de Gallego,

Amador Rodríguez, 2004). Es en el interior de esta tradición, que adquiere sentido el hecho de que el V ENPEC, de ABRAPEC, llama a la presentación de trabajos en los campos que su convocatoria señala.

Este convencimiento de que en la actualidad se cuenta con una ciencia de enseñar ciencia, ha generado las necesarias discusiones acerca de su estatuto científico, lo que es positivo dentro de la comunidad de especialistas. Al respecto es indispensable poner de presente el análisis crítico ya destacado entre los fundamentos conceptuales y los metodológicos, concretados en la clase de instrumentos empleados para contrastar las hipótesis de las investigaciones didácticas (Moreira, 1994), particularmente en lo referido a las concepciones de los estudiantes (Solano, Jiménez-Gómez y Marín, 2000). Son problemas histórico-epistemológicos que la comunidad de especialistas ha de seguir discutiendo, como es propio de una ciencia en construcción permanente. Caben destacar también los análisis epistemológicos que al respecto se están haciendo (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2001; Adúriz-Bravo e Izquierdo Aymerich, 2002; Gallego Badillo, 2004).

CUESTIONES EPISTEMOLÓGICAS

Es conocido que como consecuencia de la revolución científica ocurrida en la física, a finales del siglo XIX y comienzos del XX, surgió de nuevo la pregunta por el carácter intrínseco de la ciencias, que fue respondida, desde la lógica deductiva, por K. Popper (1962), T. S. Kuhn (1972) e I. Lakatos (1983), entre los más destacados. Estas versiones impusieron una aproximación epistemológica específica propia de la física (Torres Assis, 1998), cuyas teorías no se corresponden con las de otras ciencias, como la química y la biología, que se deriva, además, de una revisión histórica de la construcción de estas últimas (Greca y Dos Santos, 2005). Esta distinción ha de ser objeto de discusión en los programas de formación de los futuros profesores de ciencias, con miras a pasar de una mención singular, la ciencia, a una plural, las ciencias de la naturaleza. Tal discusión ha de conducir a superar la idea empiropositivista de la existencia de un método científico (Zahar, 1982). Cambiar la concepción de un método único, puede posibilitar la aproximación a una visión eminentemente creativa de cada una de las ciencias.

Algo análogo podría suceder si se analiza la idea de que esas ciencias han sido construidas por colectivos de especialistas (Hodson, 1985), lo que llevaría a simular en el aula de clase esa particularidad del desarrollo histórico de dichas ciencias de la naturaleza, es decir, se trata de superar la imagen de ciencia y de científico (Gallego Torres, 2002) que se ha transmitido a lo largo de la historia de la educación en ciencias en América del Sur, es decir, unas ciencias elaboradas por individuos aislados y geniales, especialmente programados genéticamente para comprender ese mundo particular. Tal como se suele mencionar en aquellos textos de enseñanza, se desconocen que esos genios provinieron de un sistema educativo, cuyos profesores los introdujeron en las ciencias y contribuyeron a que desarrollaran actitudes positivas hacia una de ellas. Por eso es indispensable plantear la enseñabilidad y la enseñanza de las teorías o modelos científicos, desde una perspectiva histórica de carácter no lineal y basada en las razones de los cambios, transformación o sustitución de esas teorías o modelos.

Recientes estudios sobre filosofía e historia de las ciencias, han puesto de relieve el papel de los modelos científicos y de la modelación en la actividad de las comunidades científicas (Giere, 1990), autor este que se ocupa específicamente de la mecánica clásica, para fundamentar su propuesta. Esta categoría epistemológica de modelo es empleada, igualmente, para comprender la construcción histórica de la química como ciencia (Tomasi, 1999; Del Re, 2000; Caldin, 2002; Kretzenbacher, 2003). De esta manera, se resuelve la discusión que pregunta por la existencia de teorías propiamente químicas.

Entre los estudiosos hay, hasta cierto punto, concepciones diversas sobre lo que entienden por modelo, aun cuando coinciden en aspectos tales como: 1) La construcción de modelos, modelización o modelado como una actividad que ha estado presente a lo largo de la historia de las ciencias de la naturaleza. 2) Todo modelo es una representación abstracta del conjunto de interacciones que los científicos delimitan como objeto de conocimiento. 3) La estructura de un modelo científico ha de ser diferente de las descripciones de los hechos o fenómenos que el modelo enlaza inferencialmente, esto es, los modelos no representan objetos físicos. 4) Los modelos son clasificados como matemáticos, físicos, icónicos, simbólicos o analógicos. 5) No son verdades absolutas, ya que los científicos, de acuerdo con los resultados de su actividad los reformulan o cambian. 6) Algunos modelos poseen una estructura hipotético-deductiva. 7) Los científicos elaboran modelos diferentes para explicar un mismo conjunto de fenómenos. 8) Muchos modelos lo son de modelos, por lo que es factible establecer jerarquías.

Las investigaciones en didáctica de las ciencias de la naturaleza se están enfocando últimamente en esta dirección, en cuanto a las concepciones que sobre modelo científico y modelación han elaborado los profesores de ciencias (Grosslight, Unger, Jay and Smith, 1991; Van Driel and Verloop, 1999; Justi and Gilbert, 2002; Justi, 2002; Crawford and Cullin, 2004). Hay que señalar igualmente los trabajos realizados por L. Galagovsky y A. Adúriz-Bravo (2001), J. M. Oliva, M. M. Aragón, M. Bonat y J. Mateo (2003) y S. M. Islas y M. A. Pesa (2003; 2004), la mayoría de estos últimos se encaminan a identificar la concepción de modelo y de modelado o modelación en ciencias, en profesores o estudiantes que se forman para ser profesores. En general, concluyen que las ideas de estos grupos sobre modelo científico se alejan de lo que han conceptualizado y acordado los especialistas. Caben aquí las críticas que respecto al uso generalizado que sobre la categoría de modelo en didáctica de las ciencias, hacen I. M. Greca y F. M. T. dos Santos (2005). Ellos son del parecer de que se está empleando la categoría de manera indistinta, sin considerar las peculiaridades de cada una de las ciencias.

La didáctica de la modelación o del modelado en el aula de clase, concebida como actividad, puede ser, en primer lugar, la solución definitiva al paradigma habitual de la transmisión verbal y el aprendizaje memorístico de contenidos curriculares. En segundo lugar, exige un cambio en la manera como en los programas de formación de profesores se trabajan las diferentes ciencias de la naturaleza, en particular, han de aproximarse a esas ciencias desde los originales en que fueron formulados, aceptados y transformados por las correspondientes comunidades de especialistas, los respectivos modelos científicos alrededor de los cuales se adelanta la formación de los profesores. Esta aproximación los introduce, a su vez, en el problema de la transposición o recontextualización didáctica de los modelos.

Esta didáctica de la modelación no sólo introduce a los nuevos profesores en la actividad de elaborar modelos científicos, sino que supera la habitual investigación centrada en los conceptos científicos, para centrarse en un ejercicio de mayor envergadura, sin desconocer, como es lo lógico, que los modelos científicos son estructuras de carácter conceptual y metodológico. Por otro lado, exige una revisión de los textos de enseñanza, en virtud de que han de ser producto de una transposición en la que los capítulos tienen que ser elaborados con dichos modelos, a la vez que relacionados histórico-epistemológica y didácticamente unos con otros.

ESTIPULACIÓN DE LO PEDAGÓGICO

Se esta de acuerdo con los especialistas en cuanto a que los pedagogos se ocupan profesionalmente de estudiar la educación en sus dos manifestaciones principales: La educación natural y la curricularizada, en principio. Al respecto han desarrollado y publicado resultados de sus investigaciones que no se compadecen con las referencias de los programas estudiados, sobre todo, porque la ciencia pedagógica a la que se refieren, parece no sustentarse conceptual y metodológicamente. Parecería como un espacio de reflexiones, tan necesarias como se quiera, de la sociología, de la antigua psicología de la educación, esto es, no cognoscitiva, que hablan en favor, críticamente, de la pedagogía como ciencia.

En este artículo, se interroga a quienes aún tienen como fundamento discursivo acudir a la pedagogía, es decir, si el discurso que al respecto exponen es sostenible; esto es, si obedece o no a un estudio sistemático basado en la consulta de revistas especializadas. Sin embargo, hay que decir que dentro del Grupo IREC se discute la existencia de tres problemas: De la educación en ciencias, de lo educativo de las ciencias y de la educabilidad que se propicia con hacer de las ciencias contenidos curriculares. Detrás de dichos problemas se halla el de la pertenencia, esto es, el de la vinculación de las nuevas generaciones a una sociedad afectada por los productos de la investigación científica y tecnológica, convertidos en mercancía. Con G. Fouréz (1994), se estaría en la alfabetización científica y tecnológica básica, como un derecho de los ciudadanos y ciudadanas que viven y vivirán en ese mundo.

Con educación en ciencias, que no es una traducción de la expresión anglosajona *Science education*, se hace referencia al examen de las intencionalidades curriculares, es decir, de las razones culturales, sociales, políticas y económicas por las cuales un país hace de las ciencias de la naturaleza objeto de trabajo en las aulas. Esta problemática se ligaría a la de la didáctica, ya que, de nuevo, hay que preguntar qué versión de ciencia se quiere imponer a la ciudadanía y de qué manera se establece que ha de imponerse en las aulas. Para reiterarlo, tiene que ver igualmente con los programas de formación inicial y continua de profesores de ciencias y el papel que en estos juegan las prácticas docentes. Los interrogantes centrales son ¿Por qué se quiere educar a las nuevas generaciones de un país en las ciencias de la naturaleza? ¿Qué delimitantes ideológicos fundamentan esta intencionalidad? ¿Qué lectura hay que hacer, más allá de lo aparentemente explícito, para interpretar tales intencionalidades? Es claro que esta problemática trasciende la de los campos de la nueva didáctica de las ciencias, particularmente en lo que concierne a la

enseñabilidad y la enseñanza de las teorías o modelos científicos que se hacen objeto de trabajo en el aula. Había que preguntar, además, en un país pluriétnico y pluricultural, que se reconoce como tal, y por fuera de la supuesta universalidad del conocimiento científico, que también es una opción histórico-epistemológica, ontológica e ideológica, si para todos los educandos de las diferentes regiones esa educación en ciencias ha de adquirir o no connotaciones particulares, sobre todo si de la consideración de las Ideas alternativas se trata.

El problema de lo educativo de las ciencias se inscribe en la misma problemática explicitada. Como tal, se circunscribe con los siguientes interrogantes ¿Son educativas las ciencias? ¿Cómo emplear cada una de las teorías o modelos científicos que se hacen objeto de trabajo en el aula, para educar a las nuevas generaciones? ¿Hasta dónde, en este sentido, es perverso trabajar las ciencias para responder los exámenes oficial y obligatoriamente instituidos? Posibles respuestas a los primeros se han de elaborar a partir de aproximaciones histórico-epistemológicas no empiropositivistas y por fuera de la práctica habitual de la transmisión de contenidos curriculares, reducidos a definiciones y a la aplicación de fórmulas matemáticas en ejercicios de lápiz y papel.

Puesto que estos problemas se encuentran relacionados mediante la categoría de pertenencia, podría decirse que lo educativo de las teorías o modelos científicos, que se hacen objeto de trabajo en el aula, requerirían una presentación a los estudiantes, de tal manera que contribuyeran a su vinculación crítica a la sociedad a la que pertenecen, dándoles la oportunidad de examinar problemas propios y concepciones ideológicas establecidas. El problema de la educabilidad tiene que ver con los anteriores, por cuanto cada modelo o teoría científica que se hace objeto de trabajo en el aula, ha de perseguir, en primer lugar, que los estudiantes generen una pertenencia crítica a un mundo afectado por los productos de las investigaciones científicas y tecnológicas convertidos en mercancía. En segundo lugar, que generen actitudes positivas hacia una de las ciencias de la naturaleza, con el fin de opten algunos de ellos, por hacerse practicantes profesionales y miembros de la correspondiente comunidad de especialistas.

EL PROBLEMA DE LOS CONTEXTOS

Las ciencias de la naturaleza, tal cual como hoy se conocen, surgen en el ambiente propicio creado en Europa Occidental por el Renacimiento; es decir, un contexto con unas características culturales, sociales, económicas y políticas que los historiadores han delimitado con precisión. Destáquese en especial, que con el paulatino dominio de la libertad de pensamiento y expresión, por lo menos después del caso de Galileo, se hizo posible el desarrollo de esas ciencias, primero la física, después la química y la biología, entre otras. Por otro lado, y en la actualidad, existe la denominada cultura científica, en los países desarrollados y en las instituciones académicas, principalmente; cultura esta que a través de la educación en ciencias, lo educativo de las ciencias y la educabilidad que con ellas se propicia, afecta la cultura de los estudiantes y de nuestras sociedades, sobre todo si se trabajan con dichos estudiantes, las relaciones ciencia, tecnología y sociedad que han generado la formulación y consecuencias de cada modelo o teoría científica.

Es en el interior de esta problemática que emerge el también problema didáctico y pedagógico de la multiculturalidad y la diversidad étnica de nuestras naciones. Es así, por cuanto la aproximación escolar a la cultura científica no puede ser planteada en términos de una sustitución y pérdida de esa riqueza cultural que viene desde antes del encuentro de Europa con América ¿De qué manera transponer los modelos y teorías de las ciencias de la naturaleza, para enriquecer nuestras culturas ancestrales? ¿Hasta dónde generar experiencias educativas que se puedan compartir entre los especialistas de nuestro subcontinente? ¿Es necesario primero identificar, caracterizar y valorar esa cultura ancestral en lo que ella tiene que ver con los modelos y teorías que se recontextualizan? ¿Hay que valorizar en su justa medida el conocimiento científico? Hay que salir de la idea positivista de que las ciencias son las únicas formas de conocimiento absolutamente verdadero del mundo.

En lo tocante a las relaciones CTS y por fuera de una versión meramente tecnicista de las ciencias de la naturaleza, es indispensable recordar, por ejemplo, el impacto que tuvieron el paso del modelo geocéntrico al heliocéntrico, el de la mecánica clásica a las mecánicas relativistas y cuánticas, la formulación de la teoría de la evolución de las especies, la deriva de los continentes, la síntesis de la urea, entre otros. El planeta tierra dejó de ser ese sitio especial creado por Dios para que reinara el ser humano; las representaciones propias del saber común y cotidiano perdieron validez en las nuevas mecánicas; la especie humana es otra, cuyo origen y evolución obedecían a las mismas leyes de las otras que vivieron y desaparecieron; la deriva de los continentes cambiará el ecosistema que permitió el surgimiento de la especie humana; y, así, sucesivamente.

CONCLUSIONES

Los suramericanos nos unen problemas educativos en ciencias que nos son comunes. Nos relacionan positivamente, así se expresen en las lenguas nativas, en portugués o en castellano. Se trata de una cultura ancestral que es preciso valorar desde la didáctica y la pedagogía de esas ciencias. Es urgente, por tanto, empezar a formular y desarrollar sistemáticamente una línea de investigación en la que se aboque esta problemática y los resultados de las investigaciones nacionales y locales han de ponerse a circular en las revistas especializadas, *Ciência & Educação*, *Tecné*, *Episteme* y *Didaxis* y *Revista de Enseñanza de la Física*, que aquí se han señalado; por supuesto, siguiendo las exigencias de los comités editoriales y las de los evaluadores o pares académicos.

Más allá de la circulación de la información, se hace indispensable que las respectivas comunidades de especialistas en la didáctica y la pedagogía de las ciencias, presionen a las directivas de nuestras universidades, para el establecimiento de convenios efectivos que posibiliten la movilidad de estudiantes y de profesores de nuestros programas de formación de profesores de ciencias. Si la integración ha sido casi siempre una intencionalidad fallida en muchos casos, comencemos nosotros por llevarla a cabo. Compartimos concepciones didácticas y pedagógicas en un mismo lenguaje especializado, con las diferencias significativas que son de esperarse en una comunidad de especialistas, que nos enriquece mutuamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo M. (2001). La didáctica de las ciencias experimentales como disciplina tecnocientífica autónoma. En F. J. Perales et al. (Eds.), *Las didácticas de las áreas curriculares en el siglo XXI* (Vol. 1, 291 – 302). Granada: Grupo Editorial Universitario.

Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1, No. 3, Art. 1. En línea <http://www.saum.uvigo.es/reec>

Aliberas, J., Gutiérrez, R. e Izquierdo, M. (1989). La didáctica de las ciencias: Una empresa racional. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(3), 227 – 280.

Caldin, E. F. (1002). The Structure of Chemistry In Relation of the Philosophy of Science. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 8, No. 2, 103 – 121. <http://hyle.org/journal/issues/8-2/caldin.html>

De la Gándara, M., Gil, M. J. y Sanmartí, N. (2002). Del modelo científico de < Adaptación Biológica> al modelo de <Adaptación Biológica> en los libros de texto de enseñanza obligatoria (ESO). Tesis Doctoral. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(2), 303 – 314.

Del Re, G. (2000). Models and analogies in science. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 6, No. 1, 5 – 15. <http://hyle.org/journal/issues/6-1/delre.html>

Esteban, S. (2003). La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 2, No. 3, Art. 11. En Línea <http://www.saum.uvigo.es/reec>

Fouréz, G. (1994). *Alfabetización científica y tecnológica*. Buenos Aires: Calihue.

Furió, C. (1996). Las concepciones alternativas del alumnado. Dos décadas de Investigación. Resultados y tendencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, No. 17, 7 – 17.

Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231 – 242.

Gallego Badillo, R. (2004). Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 3, No. 3, Art. 4. En línea <http://www.saum.uvigo.es/reec.htm>

Gallego Badillo, R. y Pérez Miranda, R. (2002). El problema del cambio en estudiantes de formación avanzada. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 401 – 414.

Gallego Badillo, R., Pérez Miranda, R. y Torres de Gallego, L. N. (2004). Formación inicial de profesores de ciencias en Colombia: un estudio a partir de programas acreditados. *Ciência & Educação*, Vol. 10, No. 2, 219 – 234.

Gallego Badillo, R., Pérez Miranda, R., Torres de Gallego, L. N. y Amador Rodríguez, R. Y. (2004). *La formación inicial de profesores de ciencias en Colombia. Contrastación de fundamentos*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Gallego, A. P. (2002). *Contribución del comic a la imagen de la ciencia*. (Tesis Doctoral). Valencia: Universidad de Valencia.

Giere, R. N. (1990). *Explaining Science*. Chicago: University of Chicago Press.

Gilbert, J., Boulter, C., Rutherford, M. (1998). Models in explanations. Part 1: Horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20(1), 83 – 97.

González, E., Arena, L., Budde, C., De Longhi, A. Ferreira, A. y Re, M. (1996). Cinco ejes para la discusión sobre la formación inicial y la capacitación de los docentes de ciencias. Aportes a un tratamiento interdisciplinario. *Revista de Enseñanza de la Física*, 9(2), 75 – 83.

Greca, I. M. y Dos Santos, F. M. T. (2005). Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em ciências: O caso da física e da química. *Investigações em Ensino de Ciências*. Em línea http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol10/n1/v10_n1_a2.htm

Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. and Smith, C. (1991). Understanding models and their use in science conceptions of middle and high school teachers and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799 – 882.

Hodson, D. (1985). Philosophy of Science, Science and Science Education. *Studies in Science Education*, 12(1), 25 – 27.

Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, Vol. 14, NO. 5, 541 – 566.

Islas, S. M. y Pesa, M. A. (2004). Concepciones de los profesores sobre el rol de los modelos científicos en clases de física. *Revista de Enseñanza de la Física*, Vol. 17, No. 1, 43 – 50.

Justi, R. S. (2002). Modelling Teachers' views on the Nature of modeling and implications for the Education of modelers. *International Journal of Science Education*, Vol. 24, No. 4, 369 – 387.

Justi, R. S. and Gilbert, J. K. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modeling in learning science. *The International Journal of Science education*, 24, 1273 – 1294.

Kawasaki, K. and Herrenkohl, L. R. (2004). Theory building and modeling in a sinking and floating unit: a case study of third and fourth grade students' developing epistemologies of science. *International Journal of Science Education*, Vol. 26, No. 11, 1299 – 1324.

Krtzenbacher, H. L. (2003). The Aesthetics and Heuristics of Analogy. Model and Metaphor in Chemical Communication. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 9, No. 2, 191 – 218. <http://hyle.org/journal/issues/9-2/kretzenbacher.html>

Kuhn, T. S. (1972). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.

Lakatos, I. (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid. Alianza.

Mellado, V. (1999). La investigación sobre la formación del profesorado de ciencias experimentales. En C. Martínez y S. García (Ed.), *La didáctica de las ciencias. Tendencias Actuales* (pp. 45 – 76). La Coruña: Universidad de la Coruña.

Mellado, V. y González, T. (2000). La formación inicial del profesorado de ciencias. En F. J. Perales y P. Cañal (Ed.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 535 – 556). Alcoy(España): Marfil.

Membiola, P. (1995). Ciencia-Tecnología-Sociedad en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 3, 7 – 11.

Niaz, M. (1998). From cathode rays to alpha particles to quantum of action: A rational reconstruction of structure of the atom and its implications for chemistry books. *Science Education*, Vol. 82, No. 5, 527 – 552.

Oliva, J. M., Aragón, M. M., Bonat, M, y Mateo, J. (2003). Un estudio sobre el papel de las analogías en la construcción del modelo cinético-molecular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 429 – 444.

Perales, F. J. y Jiménez, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 369 – 386.

Popper, K. (1962). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.

Porlán, R. (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional. Las concepciones epistemológicas de los profesores*. (Tesis Doctoral). Sevilla: Universidad de Sevilla.

Pozo, J. I. (1996). Las ideas del alumno sobre ciencias ¿De dónde vienen, a dónde van y... mientras tanto, qué hacemos con ellas? *Alambique. Didáctica de las ciencias Experimentales*, No. 17, 18 – 26.

Solano, L., Jiménez- Gómez, E. y Marín, N. (2000) Análisis de la metodología utilizada en la búsqueda de “lo que el alumnota sabe” sobre fuerza. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 171 – 188.

Solomon, J. (1995). El estudio de la tecnología en la educación. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, No. 3, 30 – 38.

Tomasi, J. (1999). Towards “chemical congruence” of the models in theoretical Chemistry. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 5, No. 2, 79 – 115. <http://hyle.org/journal/issues/5-2/tomasi.html>

Torres Assis, A. K. (1998). Newton e suas grandes obras: o Principia e o Óptica. En: *Linguagens, leituras e ensino da ciência*. De Almeida, M. J. P. M. e da Silva, H. C. (Orgs); pp. 37 – 52. Campinas: Unicamp.

Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana. Vol. 1. El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza.

Van Driel, R. S. and Verloop, N. (1999). Teachers’ knowledge of models and modeling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141- 1153.

Zahar, E. (1982). Experimentos cruciales: estudio de un ejemplo. En G. Radnizky, G. Anderson y otros (Eds.), *Progreso y racionalidad en la ciencia*, (pp. 70 – 94). Madrid: Alianza.