

## LA DIDÁCTICA DE LA MODELACIÓN EN FORMADORES DE FORMADORES

Royman Pérez Miranda  
Profesor. Grupo IREC  
Universidad Pedagógica Nacional  
[royman@uni.pedagogica.edu.co](mailto:royman@uni.pedagogica.edu.co)  
[royman2004@hotmail.com](mailto:royman2004@hotmail.com)

### RESUMEN

En esta ponencia se presenta un informe parcial del trabajo de investigación que se viene adelantando en el programa de formación inicial de profesores de química en el Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional, específicamente en los espacios académicos Teorías Químicas I y Teorías Químicas II, bajo la dirección del responsable de esta comunicación y con la colaboración del profesor Rómulo Gallego Badillo. El trabajo didáctico propiamente dicho ha sido asumido por los profesores que cursan la Maestría en docencia de la Química como parte fundamental de sus tesis de grado.

**Palabras Clave.** Modelo Científico; modelación; didáctica de la modelación; formación inicial de profesores.

### ABSTRACT

This communication presents a preliminary inform about the research work within chemistry teachers' initial training program of National Pedagogical University Chemistry Department, particularly the subjects of Chemical Theories I and II, under the guidance of the author of this paper, and collaboration of the teacher Rómulo Gallego Badillo. The didactical work itself has been assumed with teachers from the Chemistry Teaching postgraduate program, as a main activity in their thesis research

**Keywords:** Scientific Models, Modeling; Modeling Didactic, Teachers initial Formation

### INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los estudios histórico-epistemológicos ha concluido en la necesidad de establecer diferencias entre las ciencias de la naturaleza. Así, por ejemplo, la construcción histórica tanto como el lenguaje, los objetos de saber y de investigación y las intencionalidades de las respectivas comunidades de especialistas muestra que la física es distinta de la química y esta a su vez de la biología, por lo que no se puede agrupar indistintamente dentro de la categoría de ciencia (Greca y dos Santos, 2004), idea que ha implicado la existencia de una ciencia y consecuentemente de un método científico aplicable a todas; concepción esta que sufrió fuertes críticas (Zahar, 1982).

Como es conocido por los investigadores en la nueva didáctica de las ciencias, las distinciones señaladas obligaron a tomar distancia de los principales epistemólogos de la primera mitad del s. XX, cuyas propuestas se basaron en el desarrollo histórico y en los cambios ocurridos en la física de finales del s. XIX y comienzos del s. XX. Al

respecto hay que anotar que ellos tomaron como fundamento de sus análisis la categoría epistemológica de teoría (Popper, 1962; Kuhn, 1972; Lakatos, 1983); categoría esta referida a la Principia y a la Óptica de Newton, que es desplegada en definiciones, postulados, demostraciones y cororarios (Torres Assis, 1998). Si se estudian las elaboraciones científicas de la química y de la biología se encuentra que no siguen esta estructuración propia de la física.

Reconocida esta diferenciación, los estudiosos han propuesto la categoría epistemológica de modelo científico, con la consecuente estipulación de las características de los modelos de la física, de la química y de la biología. Al respecto cabe señalar que hasta el momento cada especialista hace su propia clasificación de los diferentes modelos que proponen y trabajan los científicos (Lombardi, 1997).

La admisión de la categoría de modelo ha generado un campo de investigación en la nueva didáctica de las ciencias en el que la idea directriz es la de trabajar la enseñanza de las ciencias en la perspectiva de la modelación o de, en otras palabras, la construcción de modelos científicos en el aula. En este sentido se han realizado trabajos tanto con estudiantes de secundaria como con profesores en ejercicio y en formación avanzada (Grosslight, Unger, Jay and Smith, 1991; Justi, 2002).

La didáctica de la modelación en las ciencias de la naturaleza, además de tomar distancia del paradigma habitual de la transmisión verbal y repetición de contenidos curriculares, implica, en primer lugar, el replantear las investigaciones restringidas a los conceptos científicos ya que todo modelo que se hace objeto de trabajo en el aula comprende una estructura conceptual y metodológica de mayor cobertura explicativa. Por otro lado, exige una versión distinta de los textos de enseñanza pues sus capítulos obedecerían a la recontextualización (Chevallard, 1991) de esos modelos y de las relaciones histórico epistemológicas y didácticas entre tales capítulos.

Con el profesor Rómulo Gallego Badillo y los tesisas, quien firma esta ponencia, se vienen realizando conversatorios centrados en las consecuencias que la diferenciación trae. En efecto, a partir de ella y de la nueva didáctica de las ciencias, parece emerger la diversificación que puntualiza en la necesidad de pensar, investigar y trabajar las denominadas didácticas particulares como disciplinas específicas de esa nueva didáctica. Esta problemática no se hace aparecer cuando la versión epistemológica que predomina, acude a la ciencia, con un método único. Mucho menos si esa versión se socializa a través de un esquema tecnicista, fundado en definiciones, fórmulas matemáticas, para resolver ejercicios de lápiz y papel.

Lo anotado implica, igualmente, que en los procesos de modelación en el aula desempeña un papel crucial la historia de la construcción de los modelos, lo que exige a su vez que los profesores en formación y los estudiantes examinen esa construcción utilizando los artículos originales en los que fueron propuestos y desarrollados por la comunidad de especialistas esos modelos objeto de trabajo en el aula. Uno de los objetivos es que los estudiantes elaboren una versión que se apróxime a esa historia.

Inscritos en este nuevo campo los directores del Grupo IREC decidieron formular una investigación didáctica dentro de la línea de la formación inicial y continua de profesores de ciencias que examinara el problema de la modelación tanto con estudiantes de formación avanzada (maestría en docencia de la química) como con

estudiantes del programa de licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional, de Bogotá, Colombia, en los espacios Teorías químicas I y teorías química II.

Se es del parecer de que el problema didáctico de la modelación es una alternativa, como ya se sugirió, al paradigma habitual de la transmisión verbal de contenidos curriculares y de la repetición memorística de dichos contenidos cambiando el desempeño del profesor de ciencias en el aula. Los resultados obtenidos hablan a favor de que esta alternativa sea viable.

## **VERSIONES SOBRE LA CATEGORÍA DE MODELO**

En la actualidad, esta categoría es considerada como otro punto de vista para comprender la dinámica histórica, en este caso de la química y examinar su estatuto científico. J. Tomasi (1999), sostiene que los modelos son utilizados en todas las disciplinas científicas, anotando que todo modelo, es por definición incompleto con respecto a su referente empírico. Los clasifica en materiales y abstractos y los divide en icónicos, analógicos y simbólicos. Puntualiza en la posibilidad de una jerarquización de modelos, esto es, en la existencia de modelos de modelos. G. Del Re (2000), alude al uso extensivo que los científicos, desde Galileo, han hecho de la categoría de modelo; estableciendo que son simplificaciones o idealizaciones de los sistemas que se supone existen en el mundo físico. Habla de modelos matemáticos y de modelos para los fenómenos de la naturaleza. Estos últimos son las herramientas del pensamiento científico, para no solo describir sino también conocer aquello que no es directamente accesible por los sentidos. Este sería el caso de los modelos de la química.

E. F. Caldin (2002), refiriéndose a la relación modelos teóricos-naturaleza, afirma que los modelos son analogías de los sistemas reales. Establece que si las analogías son un conjunto de opiniones, entonces no pertenecen al campo del conocimiento científico. H. L. Kretzenbacher (2003), desde una distinción entre modelos científicos y metáforas, deriva que, por un lado, los modelos son maneras de enlazar teorías con observaciones empíricas, para aplicar esas teorías a clases específicas de objetos o de fenómenos. Por otro, tales modelos representan entidades y, de ese modo, hacen válidas las proposiciones acerca de la realidad empírica. La particular forma de cómo un modelo cumple su función representativa, es solo posible empleando un concepto de representación que vaya más allá de ser únicamente una proposición, algo que no se resuelve automáticamente con el empleo de una metáfora.

Como ya se sostuvo, un modelo científico es una estructura conceptual y metodológica en la que los que los diferentes conceptos científicos, sean estos clasificatorios, comparativos o métricos (Mosterín, 1978) se relacionan de una manera lógica para cumplir la función explicativa y descriptiva del sistema empírico que se quiere intervenir, dominar y transformar. Es en el interior de esa estructura que cada uno de los conceptos implicados adquieren su propio significado. Esto es, por fuera podrían ser solo definiciones. Agréguese que, por lo general, detrás de cada modelo, de manera tácita o explícita, hay una concepción epistemológica. Además, algunos modelos tienen como referentes metáforas o analogías.

Respecto del párrafo anterior, piénsese por ejemplo, que el modelo cinético molecular de los gases emplea la analogía de la mesa del billar; toda la termodinámica clásica se sustenta en la analogía de la máquina térmica; la mecánica cuántica en el oscilador

armónico simple. Es a partir de tales analogías que se matematizan los sistemas empíricos de referencia, matematización que lleva a una independencia posterior de las analogías.

En lo tocante a la química, los estudios históricos adelantados por los directores del Grupo IREC los han llevado a concluir que el objeto central de saber y de investigación elaborado por los químicos es de carácter icónico. Basta para ello revisar la propuesta de Dalton sobre su modelo de átomo representado por esferas que para distinguir las diversas sustancias emplea puntos, cruces y otros símbolos. Piénsese igualmente en las estructuras de esferas y varitas que son de uso habitual entre los químicos; estas varitas, sugeridas por Couper, representan los enlaces entre átomos; sugerencia que acogió Kekulé

De la misma manera, los directores del grupo IREC, con la intencionalidad de revisar la construcción de modelos centrales del objeto de saber y de investigación en química han establecido que la pregunta habitual acerca de ¿qué es la química? no conduce a una comprensión sostenible de su construcción histórica. Como una alternativa rigurosa son del parecer de que el interrogante sería ¿de qué se han ocupado y se ocupan los químicos? Es desde aquí que se puede, con base en la categoría epistemológica de modelo, precisar la diferencia con la física, por ejemplo. Para tal efecto se ha discutido la propuesta de Hoffman (1997). Una primera aproximación es la que afirma que los químicos se han ocupado y se ocupan de la composición de los materiales, de la estructura de las moléculas que los conforman y de la fabricación de nuevos materiales y por tanto de nuevas moléculas. La atomicidad es tan solo un referente necesario. Es este convencimiento el que fundamenta, en la actualidad, la investigación que el Grupo desarrolla en didáctica de la modelación con profesores en formación avanzada y en formación inicial.

## **DE LA DIDÁCTICA DE LA MODELACIÓN**

Antes de precisar como se desarrolló el proceso didáctico de la modelación que se adelantó, es indispensable anotar que dentro del Grupo IREC existe el convencimiento de que la didáctica de las ciencias de la naturaleza es hoy una disciplina conceptual y metodológicamente fundamentada. En este sentido hay que recordar que un primer intento en esta dirección partió de la aproximación evolucionista de S. Toulmin (1977), proponiéndose que esta didáctica se había constituido como una empresa racional (Alíberas, Gutiérrez e Izquierdo, 1989). Recientemente, a partir de un análisis de las investigaciones adelantadas por los didactas, D. Hodson (1988) sostuvo que se había alcanzado el estadio conceptual y metodológico para establecer una mirada integradora. Con base en esta afirmación y otras de las mismas características, se postuló que esa comunidad de didactas trabaja en unos campos de saber y de investigación delimitados claramente (Gil Pérez, Carrascosa Alis y Martínez Terrades, 1999).

El estadio de desarrollo que ha alcanzado la comunidad de especialistas en didáctica de las ciencias de la naturaleza ha sido punto de partida para que se inicien las reflexiones epistemológicas acerca de su estatuto científico (Aduriz-Bravo e Izquierdo Aymerich, 2002). Anótese, además, que desde referencias relacionadas con las discusiones en torno a la categoría de modelo científico se ha propuesto a la comunidad de especialistas que dicha categoría podría ser referente para centrar la discusión sobre dicho estatuto

científico (Gallego Badillo, 2004). Se es del parecer de que estas reflexiones son propias de una disciplina en permanente construcción.

## ASPECTOS METODOLÓGICOS

Desde la nueva didáctica de las ciencias y con base en la revisión de las investigaciones ya referenciadas sobre la actividad de modelación en el colectivo aula, se entró a discutir y a delinear el marco metodológico del trabajo que se adelantó. Así, como se anotó, con los profesores de química en formación avanzada (maestría) se llevó a cabo una revisión bibliográfica de las distintas concepciones acerca de modelo científico y de las investigaciones didácticas en torno a la modelación en el campo de la ciencia, para generar una discusión y consecuentemente un posicionamiento en relación con las propuestas acerca de modelos científicos y los resultados de las investigaciones didácticas en este campo específico.

Luego, apoyado el Grupo en textos sobre la historia de la construcción de la química como una de las ciencias de la naturaleza (Leidler, 1995, Idhe, 1984-; Schnee, 1975; Bachelard, 1976; Lockemann, 1960), se precisaron los modelos químicos propiamente dichos, puntualizándose en la diferencia con los de la física y los de la biología. Desde esta perspectiva se pasó a examinar la propuesta curricular para los espacios académicos de Teorías Químicas I y Teorías Químicas II que se reestructuraron en colaboración con los tesisistas para introducir a los profesores de química en formación inicial (licenciatura) en la construcción de una versión distinta de la habitual fundada en una reconstrucción histórica desde la perspectiva deductivista constructivista y bajo el convencimiento de que la construcción histórica de los modelos científicos en química ha sido obra de una comunidad de especialistas.

El examen histórico epistemológico siguió, hasta cierto punto, lo propuesto por T. S. Kuhn (1972) e I. Lakatos (1983), en el sentido de que no podría ser una narración lineal de acumulación de descubrimientos o de la habitual alusión que suele comenzar con los alquimistas, Leucipo y Demócrito, sin considerar el cambio epistemológico que se inicia con R. Boyle.

En este orden de ideas se planificó el trabajo didáctico con los profesores de química en formación inicial de los espacios académicos referidos, suministrándoles, en la medida de lo posible, artículos originales de los científicos que contribuyeron a estructurar los modelos que se hicieron objeto de trabajo en el aula. Las interpretaciones individuales argumentadas de tales originales y consignadas en composiciones escritas se sometieron, por parte de los autores de tales interpretaciones, a discusión, en grupos pequeños permitiendo el intercambio de versiones y para una consecuente reelaboración colectiva. Posteriormente las reelaboraciones de los grupos pequeños se sometieron a la confrontación frente al colectivo aula con el fin de que cada uno de esos grupos corroborara positiva o negativamente sus elaboraciones.

Anótese que frente al trabajo didáctico con cada modelo los tesisistas diseñaron y aplicaron, previa revisión de los responsables del Grupo IREC, pruebas para identificar y caracterizar los modelos que habían elaborado estos estudiantes sobre las temáticas trabajadas. En este sentido se retomó la propuesta de las concepciones alternativas del estudiantado (Furió, 1996; Pozo, 1996). como consecuencia de sus experiencias anteriores. En la primera prueba se les suministró a los profesores en formación inicial

los conceptos científicos (Mosterín, 1978) centrales de la estructura del modelo correspondiente, solicitándoles que de cada uno de ellos expresaran lo que al respecto habían construido.

La segunda prueba les pidió que con los mismos conceptos de la primera redactaran una composición a la que además, debían titular. Es con base en esta que se examinó, en cada caso, la elaboración previa de un modelo científico. Al respecto, el análisis se ocupó de las relaciones lógicas aceptables entre los conceptos, por parte de los profesores en formación inicial, de tal manera que la composición se aproximara o no al correspondiente modelo científico objeto de trabajo en el aula.

El análisis de los resultados de estas pruebas fue el punto de partida para la formulación y desarrollo de las estrategias didácticas que persiguieron que los profesores de química en formación inicial se introdujeran en la actividad de construcción de modelos químicos; estrategia didáctica, como ya se dijo, que se centró en la lectura de los originales, en el trabajo en grupo, en las discusiones en el colectivo aula y en la presentación de ensayos. La evaluación siguió la propuesta de la regulación y autorregulación (Jorba y Sanmartí, 1996). Como “examen final” se les propuso convocarse a un mini congreso en el que presentaran ponencias sobre los modelos trabajados.

Cada tesista volvió a aplicar estas pruebas al finalizar el trabajo con el modelo científico que seleccionó para comparar e interpretar los resultados específicos logrados en su aproximación a la didáctica de la modelación y de la introducción de los profesores en formación inicial en la actividad de construcción de modelos científicos en química.

Aun cuando sea reiterativo, la investigación toda persiguió, en primer lugar, aproximar a los futuros profesores de química a una visión diferente de profesor de esta ciencia y, en segundo lugar, ese desempeño fundado en la reconstrucción de las competencias cognitivas Interpretar, Argumentar y Proponer (IAP) con base en el leer, escribir y hablar desde el lenguaje conceptual y metodológico (Pérez Miranda, Gallego Badillo, Torres de Gallego y Cuellar Fernández, 2004), de los modelos químicos que se hicieron objeto de trabajo en el aula.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos con los profesores de química en formación avanzada que a continuación se presentan son parciales en virtud de que cursan por la tabulación y análisis de las pruebas, sus proyectos de tesis. No obstante las apreciaciones derivadas de las lecturas de los borradores de esos proyectos de tesis, por parte de los directores del Grupo IREC, permiten sostener que:

- Se aproximaron a las discusiones actuales en torno a la categoría de modelo científico. Sin embargo, es preciso anotar que esa aproximación tendrá que continuar desarrollándose en la perspectiva de que dichos tesistas elaboran un discurso crítico y sostenible en relación con esta categoría, que esta direccionado el trabajo en el aula, en lo tocante a la enseñanza de cada una de las ciencias de la naturaleza. Se sabe que esta aproximación se enfrenta al obstáculo de un examen histórico epistemológico en el que se concrete la distinción con respecto a la categoría epistemológica de teoría, derivada de la

física y de quienes respondieron a la pregunta por el carácter de lo científico desde la revolución acaecida en la física a finales del s. XIX y comienzos del s. XX.

- Hubo un cambio parcial en cuanto a la práctica habitual de la enseñanza como transmisión verbal de contenidos. Se habla de un cambio parcial, como consecuencia de lo anotado en el párrafo anterior y al parecer por el difícil abandono de esa práctica habitual en la que estos tesisistas fueron formados como profesores de ciencias y a partir de la cual elaboraron la imagen de profesor, particularmente de química. Se es también del parecer que en dicho cambio parcial ha incidido el hecho de que dentro de la comunidad de químicos y en los textos de enseñanza la pregunta acerca de ¿de qué se ocupan los químicos? no ha sido considerada.
- Asumieron a los estudiantes como colegas en formación. Si bien esta afirmación es taxativa, al respecto hay que puntualizar que no lo fue en toda la extensión y que los tesisistas recurrieron, con cierta frecuencia, a considerar que estos profesores en formación inicial eran alumnos del programa de licenciatura en química del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional.

En lo tocante a quienes iniciaban su formación como profesores de química, debidamente matriculados en los espacios Teorías químicas I y Teorías químicas II es preciso anotar que:

- En un comienzo, las estrategias didácticas, centradas en la construcción de modelos en el aula, constituyó para ellos una novedad que iba en contra vía de la idea que se habían formado acerca de la enseñanza de la química, como consecuencias de sus experiencias escolares en la educación básica y media. Ello significó explicitarles las razones y las intencionalidades perseguidas con dichas estrategias.
- El compromiso con la lectura, interpretación y discusión de los artículos originales en los que se basaron las estrategias en un principio tuvo resistencia, sobre todo porque las versiones que se les presentaron estaban publicadas en inglés. No obstante, paulatinamente esa resistencia fue siendo superada, ya que terminaron por convencerse que se encontraban frente a un discurso químico distinto al de los textos de enseñanza que habían trabajado y desde los cuales se habían aproximado a la comprensión de la química como una de las ciencias de la naturaleza.
- En relación con el trabajo en grupo, las discusiones de lo interpretado por cada uno de los respectivos integrantes y la puesta en común en el colectivo aula, les permitió poco a poco comprender y respetar las elaboraciones de los otros hasta el punto de que al final accedieron a la intencionalidad de esta investigación, de que el conocimiento químico ha sido producto de una construcción colectiva.
- Se destaca el cambio actitudinal que, en cierta medida estos profesores en formación inicial elaboraron, en relación con la construcción histórica de los modelos científicos que se hicieron objeto de trabajo en el aula y de la imagen de profesor de química con la que ingresaron al proceso.
- La mirada parcial de los resultados que se recoge en el párrafo anterior parece sustentar el cambio sugerido por los directores de esta investigación, en cuanto al examen final establecido por la reglamentación de la Universidad Pedagógica Nacional. Es así, por cuanto convocados a que este “examen final” fuera la organización de un mini congreso, en el que esos profesores en formación inicial

- elaboraran ponencias en grupo, alrededor de temáticas seleccionadas por los integrantes de dichos grupos, no solo respondieron a la organización de tal congreso, sino que se atrevieron a presentar ante la comunidad académica del Departamento de Química las elaboraciones que habían logrado.
- Como consecuencia de este evento, los profesores en formación inicial se “enamoraron” esto es, construyeron actitudes positivas alrededor del carácter de la química como ciencia y fundamentalmente, al del desempeño de un profesor de química.
  - La percepción es la de que los profesores en formación, en su primer y segundo semestre, se han identificados con su profesión hasta el punto de que ya hicieron presencia en un evento Distrital como fue el “Primer Encuentro de experiencias Significativas en el Aprendizaje de las Ciencias” organizado por Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia y el Liceo Hermano Miguel la Salle en Julio de 2005.
  - Ese cambio actitudinal puede ser valorado, además, a partir del hecho de que los diferentes grupos han presentado al “Segundo Encuentro Sobre la Enseñanza Aprendizaje de las Ciencias y las Tecnologías” en Barrancabermeja, Santander, Colombia, sus ponencias en la perspectiva de establecer con los profesores en formación inicial del programa de la Universidad de la Paz, sede del evento, un intercambio académico referido a su formación inicial.

## **A MODO DE CONCLUSIONES**

Como ya se anotó, esta ponencia está basada en versiones parciales de los resultados obtenidos, sin embargo, se puede anotar que con las problemáticas anotadas, una didáctica de la modelación puede producir los efectos esperados, en sustitución del paradigma habitual de la transmisión y la repetición memorística de contenidos curriculares. Se piensa que introducir a los profesores en formación inicial en la actividad de construir modelos los aproxima a una versión de la actividad científica y de cómo la comunidad de especialistas respectiva construyó los correspondientes modelos químicos. De hecho, son concientes los tesisistas que participaron en la investigación del peso que ha significado para ellos, en primer lugar, no haberse introducido antes en el problema de la reconstrucción histórica-epistemológica de la química y, en segundo lugar, el posicionamiento en una versión lineal de esa historia.

Se destaca la tendencia a recurrir a la didáctica de la transmisión verbal de contenidos curriculares por parte de los tesisistas aludidos, en la perspectiva de demostrarles a los profesores en formación inicial, el dominio que piensan tienen, de los modelos que trabajaron en el aula.

Se insiste, de nuevo, en la construcción de actitudes positivas por parte de estos profesores en formación inicial y del cambio que manifestaron en torno al papel que ha de desempeñar en el aula un profesor de química.

No obstante lo anterior, se piensa que es indispensable continuar con un trabajo investigativo en una dirección análoga, en particular con los profesores de ciencias en formación, en la perspectiva de un cambio de la misión tecnicista con la que se socializa una mirada empiro positivista de las ciencias de la naturaleza, entre la población estudiantil colombiana.

La didáctica de la modelación científica en el aula , además de revisar la manera como la transposición o recontextualización didáctica del modelo central del objeto de saber y de investigación de los químicos, introduce a los estudiantes en una mirada distinta y productiva, desde el interrogante ¿de qué se han ocupado y se ocupan los químicos? Este interrogante, con el de ¿De qué se han ocupado y se ocupan los didactas de la química? configuran un conjunto de respuestas fundamentadas en referencias a revistas especializadas que darían pie para el reclamo de reconocimiento social, cultural, político y económico de su profesionalidad. Por supuesto que este reconocimiento está ligado al proyecto político y económico de una nación determinada y, por tanto, a su inscripción desde la enseñanza de una versión particular de las ciencias.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo Aymerich, 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://ww.saum.uvigo.es/reec>

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

**Bachelard, G.** (1976). *El materialismo racional*. Buenos Aires: Paidós.

**Caldin, E. F.** (2002). The Structure of Chemistry in Relation of the Philosophy of Science. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 8, No. 2, 103 – 121. En línea <http://hyle.org/journal/issues/8-2/caldin.html>

**Chevallard, Y.** (1991). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensée Sauvage

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

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

**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://ww.saum.uvigo.es/reec>

**Gil Pérez, D., Carrascosa Alis, J. y Martínez-Terrades, F.** (1999). El surgimiento de la didáctica de las ciencias como campo específico de conocimientos. *Revista de Educación y Pedagogía*, Vol. XI, No. 25, 13 – 65.

**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*. En línea [http://ww.if.ufrgs.br/public/ensino/vol10/n1/v10\\_n1\\_a2.htm](http://ww.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.** (1988). Toward a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*, 73(1), 19 – 40.

**Hoffmann, R.** (1997). *Lo mismo y no lo mismo*. México: Fondo de Cultura Económica. <http://hyle.org/journal/issues/5/tomasi.html>

**Idhe, A. J.** (1984). *Development of modern chemistry*. New York: Dover Publications.

**Jorba, J. y Sanmartí, N.** (1996) *Enseñar, aprender y evaluar: Un proceso de evaluación continua. Propuestas didácticas para las áreas de las ciencias de la naturaleza y matemáticas*. Madrid: MEC.

**Justi, R. S.** (2002). Modelling teachers' views on the nature of modelling and implications for modelers. *International Journal of Science education*, Vol. 24, No. 4, 369 – 387.

**Kretzenbacher, 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. En línea <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 Editorial.

**Leidler, K. J.** (1995). *The world of Physical Chemistry*. New York: Oxford University Press.

**Lockemann, G.** (1960). *Historia de la Química*. México: Uthea.

**Lombardi, O.** (1997). La noción de Modelo en Ciencias. En *Educación en Ciencias*, 2(4), pp 5 -13.

**Mosterín, J.** (1978). La estructura de los conceptos científicos. *Investigación y Ciencia*, No. 16, 82-93

**Pérez Miranda, R., Gallego Badillo, R., Torres de Gallego, L. N. y Cuellar Fernández, L. H.** (2004). *Las competencias interpretar, argumentar y proponer en química. Un problema pedagógico y didáctico*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

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

**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. 7, 18 – 26.

**Schneer, C. J.** (1975). *Mente y Mateia*. Barcelona: Bruguera.

**Tomasi, J.** (1999). Towards “chemical congruence” of the models in theoretical chemistry. *HYLE-International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 5, No. 2, 79 – 115.

**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.

**Zahar, E.** Experimentos cruciales. Estudio de un ejemplo. En G. Radnitzky y G. Anderson (Ed.) *Progreso y racionalidad en la ciencia*. (pp. 70 – 94) Madrid, Alianza, 1980.