

Algunas consideraciones metodológicas en torno a la didáctica de la modelación

A. Gallego Torres¹ - R. Gallego Badillo² y R. Pérez Miranda²

¹ Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Bogotá, D. C. Colombia.

apgallegot@udistrital.edu.co

² Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, D.C. Colombia.

Grupo de Investigación Representaciones y Conceptos Científicos – IREC

rgallego@pedagogica.edu.co - royman@pedagogica.edu.co

En este artículo se presentan las consideraciones metodológicas iniciales surgidas de los fundamentos conceptuales de una investigación en el aula, planteada para el espacio académico “Sistemas Físicoquímicos I” del programa de formación inicial de profesores de química, del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Para estas consideraciones se hizo una revisión de lo sostenido por los especialistas en relación con la categoría epistemológica de modelo científico y de algunas de las investigaciones relacionadas con la reconstrucción en el aula de los modelos consensuados, a lo que denominamos didáctica de la modelación.

Palabras clave: Modelo científico, modelación, didáctica de la modelación, metodología.

In this article the initial methodological considerations arisen from the conceptual foundations of an investigation in the classroom, raised for the academic space appear “Sistemas Físicoquímicos I” of the program of initial formation of chemistry professors, of the Department of Chemistry of the National Pedagogical University. For these considerations a revision became of the sharp by the specialists in relation to the science philosophy category of scientific model, like also some of the investigations related to the reconstruction in the classroom of the consensual models to which didactics of the modeling is called here.

Keywords: scientific model, modeling, didactics of modeling, methodology.

Fundamentaciones histórico-epistemológicas

Los estudios sobre historia y filosofía de las ciencias de finales del siglo XX, condujeron a afianzar las historias regionales (Estany, 2005), de tal manera que se concluyó en la necesidad de historias y epistemologías regionales. I

Las historias regionales mostraron que la biología (Mayr, 2006) y la química (Scerri, 1997), por ejemplo, han sido escritas en un lenguaje conceptual y metodológico diferente del que impuso Newton en su “Principia” y en su Óptica (Assis, 1998), lo que suscitó discusiones acerca del estatuto epistemológico de estas dos ciencias.

Se retoma entonces la categoría epistemológica de modelo científico, el papel de los modelos y de la modelación en la actividad

científica (Giere, 1990), categoría formulada por los científicos sociales, ya empleada por M. Scheler (1926) y N. R. Hanson (1958). Esta categoría es la que viene siendo utilizada por los integrantes del grupo HYLE, en Alemania para explicar la construcción histórica de la química como ciencia (Tomasi, 1999; Del Re, 2000; Caldin, 2002). Se agrega que la formulación de modelos científicos, sus transformaciones, cambios, sustituciones y abandonos, se debe a la actividad productiva de conocimiento de la categoría denominada colectivos de especialistas.

A comienzos del siglo XX, M. Scheler (1926) desde una perspectiva kantiana, acudió a la categoría de modelo mecánico. Afirmó que surgía de la necesidad de percibir y pensar la naturaleza en términos de explicaciones mecánico-formales. Dicha necesidad emerge cuando

la explicación exige un ordenamiento legal que es establecido por el proceso de conocer y por la experiencia que dicho proceso genera. Especifica que no se trata de un orden oculto en la naturaleza que, por principio, no es determinable por observación alguna. La ordenación mediante un modelo lógico-mecánico es una exigencia de la actividad de conocer y de actuar sobre la naturaleza; naturaleza que como objeto de conocimiento existe como tal, precisamente porque se ha propuesto un modelo para la misma. N. R. Hanson (1958), por su parte, puntualiza que la estructura de un modelo científico ha de ser diferente de las descripciones de los hechos o fenómenos que el modelo enlaza inferencialmente.

Tomasi (1999), sostiene que los modelos son usados 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 divide estos últimos en icónicos, analógicos y simbólicos. Puntualiza en la jerarquía 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 suponen existen en el mundo físico. Habla de modelos matemáticos y de modelos físicos. Estos últimos son las herramientas del pensamiento científico para no sólo describir sino también para conocer aquello que no es directamente accesible por los sentidos. 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.

Además de ser clasificados en icónicos o gráficos, analógicos y simbólicos, los científicos formulan modelos de modelos que son de carácter hipotético-deductivo. A partir de esta cualidad se pueden hacer predicciones sobre el comportamiento futuro del sistema que representa el modelo, especificando las condiciones iniciales, esto es, dando valores a los parámetros o funciones implicadas en la transformación que se quiere realizar.

En los sistemas lineales las predicciones suelen cumplirse, ya que obedecen a una relación de proporcionalidad simple entre causa y efecto. En los no lineales el efecto esperado puede que se presente, o que no se dé, o que resulte totalmente diferente, en virtud de que no siguen la relación de proporcionalidad referida.

De los icónicos o gráficos hay que decir que son construidos en la actividad científica para representar objetos de saber y de investigación que de otra manera no sería posible actuar cognoscitivamente sobre ellos.

En cuanto a los analógicos vale la pena recordar aquí, por ejemplo, que detrás del modelo cinético molecular de los gases está la representación de una mesa de billar ideal, con sus esferas duras y sus choques elásticos; para la termodinámica clásica, la máquina térmica ideal de Carnot; en mecánica cuántica, el oscilador armónico simple; y, así sucesivamente. Es factible, entonces, sostener que los científicos cuando construyen sus modelos, emplean analogías adecuadas, todas ellas casi siempre tomadas de un constructo tecnológico determinado. Este hecho puede ser argumento para sostener esa relación anunciada entre las ciencias y las tecnologías, relación conceptual y metodológica de apoyo mutuo entre los colectivos de científicos y los colectivos de tecnólogos.

En lo referente a los modelos simbólicos, se afirma de ellos que se basan en la axiomática de los modelos matemáticos, para lo cual sus formuladores introducen simplificaciones drásticas de los fenómenos de la naturaleza, convertidos en objetos de investigación. Estas simplificaciones son las que hacen que las representaciones que se recogen en dichos modelos, sean idealizaciones de los sistemas que se da por sentado que existen en el mundo de la naturaleza (Lombardi, 1998). Sin embargo, hay que subrayar que en la construcción de muchos modelos simbólicos, los colectivos de especialistas suelen acudir igualmente, a analogías tomadas de los constructos de los tecnólogos como, por ejemplo, el oscilador armónico simple de la mecánica cuántica que no es otra cosa que una cuerda de cualquier instrumento musical, idealizada. Aparece de

nuevo el papel de los artefactos o tecnofactos en los modelos científicos (Gallego Badillo, 1998).

En general, un modelo científico de un sistema dado, es una estructura conceptual y metodológica que guía el trabajo de producción de conocimiento. Esta estructura es conceptual debido a que es construida empleando, ya sea conceptos clasificatorios o cualitativos, comparativos o métricos (Mosterín, 1978). Estos últimos denominados también magnitudes escalares o vectoriales, son precisamente los que requieren de la construcción de instrumentos especializados para determinar las relaciones entre las variables que expresan las hipótesis de las investigaciones, tanto científicas como tecnológicas. Si bien cada una de las clases de conceptos anteriores lleva implícitos los procesos para hacer la correspondencia con los componentes y comportamientos del sistema, es la lógica de las relaciones que se les impone en el modelo la que le confiere a éste su carácter metodológico.

En resumen, los especialistas proponen que:

- la construcción de modelos, es decir la modelación o modelado identificaría histórica y epistemológicamente la actividad de producción de conocimiento en las comunidades científicas;
- todo modelo científico, icónico o gráfico, analógico o simbólico, es una representación abstracta del conjunto de interacciones que cada colectivo de investigadores delimita como objeto de conocimiento;
- cada modelo en su estructura conceptual y metodológica, hipotético- deductivo, da cuenta del desarrollo de las ciencias de la naturaleza a través de sus modificaciones y sustituciones, desde un análisis de los historiadores internalistas;
- para los profesores de ciencias, se recalca que cada modelo científico no puede ser tomado como verdadero, porque es una representación del mundo de la naturaleza explicable a través de sus consecuencias tecnológicas, es decir, de la conversión de los resultados en mercancía (Lom-

bardi, 1998; Tomasi, 1999; Del Re, 2000; Caldin 2002).

Basamentos didácticos

Desde lo estipulado por T. S. Kuhn (1972), acerca de que los profesores de ciencias enseñan modelos científicos del pasado y hacen historia sin tener cuenta los métodos de los historiadores, a los efectos de este trabajo se admite la propuesta de que los profesores de ciencia se desempeñan en el aula con modelos consensuados (Gilbert et al., 1998). Por tanto, las consideraciones metodológicas que se discuten en este artículo, constituyen un primer informe de una investigación con profesores en formación inicial que cursan la asignatura "Sistemas Físicoquímicos I" del programa académico de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá, Colombia, basada en modelos analógicos consensuados de la termodinámica clásica.

Se puntualiza en la didáctica de la modelación. Es preciso especificar que la actual didáctica de las ciencias está siendo fortalecida como una disciplina conceptual y metodológicamente fundamentada (Gil Pérez et al., 2002). Este es el convencimiento de D. Hodson (1992). Cuenta esta nueva ciencia con unos campos de saber y de investigación (Gil Pérez et al., 1999) formulados y adelantados por una comunidad internacional de didactas, que publican sus resultados en revistas especializadas. Uno de esos campos es el de la formación inicial y continua de profesores de ciencias (Mellado y Jiménez González, 2000). Como lo demuestran algunas de las referencias bibliográficas, este campo está mudando hacia el problema de la modelación o modelado.

Las investigaciones con esta última especificación, en cuanto a las concepciones que sobre modelo científico y modelación han elaborado los profesores de ciencias, son relativamente recientes (Grosslight et al., 1991; Van Driel y Verloop, 1999; Justi y Gilbert, 2002; Justi, 2002; Crawford y Cullin, 2004). Hay que señalar igualmente los trabajos realizados por Galagovsky y Adúriz-Bravo (2001), Oliva et al., (2003) e Islas y Pesa (2003; 2004), la

mayoría de estos últimos encaminados a identificar la concepción de modelo y de modelado 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 del uso generalizado de la categoría de modelo en didáctica de las ciencias, hacen Greca y Dos Santos (2005). Ellos son del parecer que se está empleando de manera indistinta, sin considerar las peculiaridades de cada una de las ciencias, como lo demuestran revisiones históricas para la física y la química.

Se planeó el trabajo en el aula con miras a identificar y caracterizar las ideas que los profesores de química en formación inicial habían elaborado acerca de la categoría epistemológica de modelo científico ya que habían cursado y aprobado las asignaturas “Teorías Químicas I, II, III y IV” del programa académico referido. En estas asignaturas habían trabajado el modelo cinético molecular de los gases, sus conceptos científicos estructurantes, el modelo de la termodinámica y los conceptos de entalpía, entropía y las funciones de trabajo de Helmholtz y Gibbs. Se decidió entonces, entrar directamente al tratamiento en el aula del modelo cinético molecular, MCM, de los gases, sus conceptos y leyes, y el modelo de la termodinámica clásica, MTC, también con sus conceptos y leyes. Las preguntas iniciales fueron:

- ¿qué instrumentos diseñar y validar para identificar y caracterizar la categoría de modelo científico que habían construido como consecuencia de las experiencias académicas anteriores?
- ¿qué MCM y MTC habían elaborado?
- ¿cómo identificar y caracterizar las concepciones sobre los conceptos científicos, sus relaciones lógicas y las leyes propias de cada uno de dichos modelos? y
- ¿qué estrategias didácticas diseñar para aproximarlos a los modelos consensuados por la comunidad científica, desde una perspectiva histórico-epistemológica?

Consideraciones metodológicas

Se exponen aquí las consideraciones epistemológicas y didácticas surgidas de las discusiones en el Grupo IREC. En principio, se resaltó la necesidad de identificar, caracterizar y hacer un tratamiento didáctico de las experiencias anteriores de los profesores de química en formación inicial en torno a los sistemas termodinámicos vinculados al MCM ¿Se pueden asumir las elaboraciones previas como modelos científicos alternativos? ¿Desde qué presupuestos epistemológicos y didácticos juzgarlos como científicos?

Desde las anotaciones críticas precedentes, la intención didáctica fue que los profesores en formación inicial se aproximaran críticamente, por construcción y reconstrucción conceptual y metodológica, desde sus modelos de partida a cada uno de los modelos científicos consensuados sobre el MCM y el MTC. Para ello se estableció que era necesario fijar los criterios que permitieran calificar esas elaboraciones previas identificadas y caracterizadas como modelos, aún cuando no se aproximaran a las características de los modelos científicos consensuados (Gilbert et al., 1998) ¿Se tendría que tomar estos modelos consensuados como referentes necesarios para juzgar los modelos que habían elaborado previamente tales profesores? ¿Los reconstruidos como consecuencia del proceso didáctico han de ser idénticos, equivalentes o distintos a los consensuados?

Se acordó que cualquiera fuese el punto de vista que se adoptara, implicaba justificar el posicionamiento histórico-epistemológico y didáctico elegido. En consecuencia, se admitió que los modelos científicos poseen una historia y que ella depende de la aproximación epistemológica asumida y, en cuanto a los modelos que los científicos poseen para un mismo espacio de saber y de investigación, hay diferentes representaciones y, por tanto, distintos modelos o modelos de modelos.

En este sentido, ¿desde qué razones negar que una construcción propia del saber común y cotidiano referida a este campo es un modelo? ¿Qué elaboraciones han de esperarse, por ejemplo, con respecto al MCM y de los con-

ceptos y leyes alrededor de los cuales se ha estructurado históricamente, para admitir que los estudiantes se aproximan a dicho modelo?, ¿Cuáles, con el mismo propósito, acerca del MTC y sus conceptos de energía, energía interna, temperatura, calor, trabajo termodinámico, entalpía, capacidad calorífica, entropía, equilibrio mecánico y equilibrio térmico? ¿Hasta dónde se acercan a la imposibilidad teórica y tecnológica de una máquina de movimiento perpetuo? ¿De qué manera dan cuenta de las consecuencias teóricas y tecnológicas de la primera y segunda ley de la termodinámica? ¿Son los modelos elaborados por los profesores en formación inicial de carácter hipotético-deductivo?

La lógica para el diseño y confiabilidad de las pruebas

Fue desde los fundamentos anteriores que emergió la problemática de las consideraciones metodológicas de las pruebas. Es así, por cuanto el diseño de las mismas debería permitir identificar y caracterizar, inicialmente las leyes propias del MCM y del MTC y en el mismo orden de ideas, los construidos en cada caso por efecto del proceso didáctico puesto en práctica en el espacio académico de Sistemas Físicoquímicos I. Dada la complejidad de esa identificación y caracterización, la emisión de juicios en torno a las elaboraciones de los profesores de química en formación inicial requería del diseño de varias pruebas estructuralmente complementarias. Así, se acordó que:

- La primera, prueba semántica (PS), tendría que ver con las ideas que los profesores de ciencias en formación inicial habían elaborado previamente en relación con los conceptos científicos mediante los cuales la comunidad de especialistas delimitó históricamente el MCM y el MTC que estableció que esta prueba sería objeto de trabajo en el aula y estaría constituida por un listado de los conceptos propios de cada modelo científico, solicitándole a los profesores en formación inicial que expresaran por escrito las ideas que habían elabo-

borado con respecto a dichos conceptos.

- La segunda, prueba de composición (PC), estaría encaminada a pedirles que con esos conceptos redactaran una composición en la que los relacionaran desde su propia lógica, de tal forma que la composición resultante se aproximara a las características de un texto científico. Se les sugeriría que si les fuera indispensable para representar tales relaciones, podían acudir a las representaciones pictóricas o a las analogías que consideraran convenientes e indispensables.

Con las dos pruebas anteriores se pretendía identificar y caracterizar las ideas que los profesores de química en formación inicial habían construido con respecto a los conceptos que conforman las estructuras conceptuales y metodológicas de cada uno de los modelos científicos objeto de trabajo en el aula y, también, la posible existencia de un modelo en ellos.

- La tercera prueba, denominada de ejercicios de lápiz y papel, (ELyP), debía inscribirse en el campo didáctico de la resolución de ejercicios de lápiz y papel. En consecuencia, a estos profesores habría que suministrarles las fórmulas matemáticas de las leyes y las representaciones cartesianas, (RC), de las mismas, invitándolos a elaborar una interpretación acudiendo a representaciones pictóricas o analogías, de tal manera que explicitaran el esquema dentro del cual habían estructurado un discurso sobre el MCM y el MTC.
- La cuarta se centraría en la propuesta de situaciones problemáticas, (PSP), en las que con base en una concepción de los conceptos científicos como funciones, variables o parámetros termodinámicos, fijaran los valores iniciales de los mismos, para definir el estado inicial de un sistema y para predecir el estado final, desde la manipulación teórica de esas variables.

Las preguntas que devienen de las consideraciones anteriores, tienen que ver con la aceptación que la comunidad de especialistas en didáctica de las ciencias, sobre todo la que trabaja en el problema de la modelación o de

la reconstrucción en el aula de los modelos científicos consensuados, tendrían que precisar ¿Son estas pruebas suficientes para los propósitos de la identificación y caracterización de la elaboración admisible de un modelo por parte de los profesores en formación inicial? ¿Podría analizarse la confiabilidad? ¿Es preciso recurrir al juicio de pares? (Raftcliffe, 1983). En todo caso, estas pruebas, su intencionalidad y la manera como se diseñaron fueron sometidas a la lectura crítica de pares académicos y sus recomendaciones acogidas para los propósitos de la construcción en el aula del MCM y del MTC.

Se decidió que cada una de las pruebas debía estar relacionada con las otras con el fin de que los resultados obtenidos permitiesen contrastar los fundamentos de la investigación, desde la perspectiva de la validez de las mismas.

Crterios de análisis

Dentro de este contexto histórico-epistemológico y didáctico y de conformidad con los acuerdos a los que se llegaron, fue de esperar que el diseño de las pruebas permitiera resultados que condujeran a juicios como los siguientes:

No hay un modelo

Se estaría frente al caso en que los resultados de las pruebas diseñadas para identificar y caracterizar las elaboraciones, con respecto a los conceptos científicos del modelo que se hace objeto de trabajo en el aula, no correspondan a los consensuados por la comunidad de especialistas en la actualidad; que las composiciones estén conformadas por frases que constituyan una especie de compartimentos estancos; que frente a la interpretación de las leyes, se limiten a manipulaciones puramente algebraicas y que la interpretación de las gráficas de esas leyes no propongan un modelo para el comportamiento del sistema; que cuando se les enfrente a una situación problemática, fijando las condiciones iniciales, no predigan el comportamiento futuro del sistema y que, cuando se les suministren ejercicios

de lápiz y papel, se ocupen exclusivamente de la manipulación de las fórmulas, sin el modelado previo que se espera.

Hay un modelo meramente descriptivo.

- El modelo es propio del saber común y cotidiano. Las ideas que expresa sobre los conceptos científicos son eminentemente cualitativas; en la redacción de las composiciones las frases y los párrafos están relacionados con sentido, aún cuando no se refieren con precisión a los objetos de conocimiento delimitados por los modelos consensuados. En cuanto a las fórmulas matemáticas, se limitan al manejo algebraico y no se hace una interpretación admisible de las gráficas cartesianas de las leyes. Frente a las situaciones problemáticas en la que se fijan las condiciones iniciales de los parámetros, no se predice el comportamiento futuro del sistema. En las resoluciones de los ejercicios de lápiz y papel no se deduce la existencia de un modelo en las que se sustenten tales resoluciones.
- La conclusión de que los modelos pueden ser científicamente admisibles implicaría aceptar que la mayoría de los significados expresados de los conceptos son cualitativamente aceptables y que en las composiciones se enlazan lógicamente con sentido para una aproximación a una descripción de carácter científico. Desde lo cualitativo significaría que estos profesores de química en formación inicial no habrían tenido la oportunidad de construir los conceptos a partir de una geometrización y metrización de ellos y de sus interacciones, esto es, desconocerían su carácter matemático e instrumental como estructurantes de los modelos MCM y MTC.

Los modelos deducidos de las pruebas tienen un carácter explicativo-descriptivo.

Si bien en los anteriores análisis no es excusable, en este caso se requiere un discurso epistemológico y didáctico con finura en la precisión conceptual y metodológica. Cabrían en este caso varias posibilidades:

- Elaboran modelos icónicos o gráficos. Los

profesores de ciencia en formación inicial han elaborado ideas sobre los conceptos científicos del modelo objeto de trabajo en el aula, que se aproximan a las consensuadas por la respectiva comunidad de especialistas. Las composiciones poseen una estructura lógica que acuden a representaciones pictóricas de aquello de lo que se da cuenta descriptiva y explicativamente. Estas representaciones pictóricas son empleadas para sustentar el empleo de las fórmulas matemáticas en la solución de los ejercicios de lápiz y papel y para la interpretación de las gráficas cartesianas de las leyes. Es posible que en esta prueba no aludan al carácter hipotético deductivo de ese modelo.

- Los profesores de química en formación inicial elaboran modelos analógicos. Se clasificarían como tales, si en las composiciones explicitan con el tramado lógico de los conceptos un modelo de estas características, es decir, acuden a analogías de artefactos o tecnofactos. Es posible que en este caso las ideas acerca de los conceptos métricos o magnitudes estén en el nivel cualitativo de la sola delimitación de las interacciones a las que hacen referencia, sin ocuparse de su carácter matemático e instrumental. En lo referente a las fórmulas y a la interpretación de las gráficas, es de esperar que en las pruebas acudan a tales analogías. Sería admisible que frente a las situaciones problemáticas no puedan representar de manera icónica cuál sería el estado futuro del sistema.

Consideraciones finales

El espacio académico en el que se plantean estas consideraciones, es el de Sistemas Físico-químicos I, del proyecto curricular para la formación inicial de Licenciados en Química (Profesores para secundaria) del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá (UPNB). En este espacio académico se trabaja el modelo cinético molecular de los gases (MCM) y el modelo correspondiente a la termodinámica clásica (MTC). Dado que el

primero se suele representar empleando una mesa de billar idealizada y el segundo con la máquina ideal de Carnot, se asumen que son analógicos a la vez que simbólicos.

Si los criterios de análisis para los resultados del conjunto de pruebas aquí propuesto permiten identificar y caracterizar las construcciones previas de los profesores de química en formación inicial, entonces, a partir de ellos se diseñarán las estrategias didácticas correspondientes. Dicha estrategia tendría que desarrollarse desde los contenidos de esas pruebas, con miras a que los estudiantes reconstruyan sus ideas sobre los conceptos métricos o magnitudes y sobre los modelos alternativos con los cuales ingresan al proceso. La estrategia tendría necesariamente que hacer objeto de trabajo en el aula una reconstrucción histórica de carácter no lineal y complejo de los problemas conceptuales, metodológicos y tecnológicos que condujeron a la formulación de del MCM y del MTC. De conformidad con los resultados de las investigaciones llevadas a cabo en el campo de la modelación, aquí referenciadas, es probable que la mayoría de los profesores aludidos no posea un modelo o que el modelo que sustentan sea propio del saber cotidiano para cada una de estas temáticas que se hacen objeto de trabajo en el aula.

La reconstrucción histórica que aquí se presenta y que se refiere a las relaciones entre ciencia y tecnología, serán la base para aproximar a los profesores de química en formación inicial, a una comprensión de los orígenes del MCM y del MTC desde una versión histórica, atendiendo a las recomendaciones de M. Matthews (1994). Esta atención se inscribirá en las relaciones polémicas entre filosofía e historia de las ciencias (Nickles, 2005). De la misma manera, para propiciar una discusión en el colectivo aula en torno a las relaciones de dependencia que estableció entre 1830 y 1840 A. Comte (1984) de las tecnologías con respecto a la física, en términos de aplicación de las leyes descubiertas por los científicos al sistema de producción. Esta discusión se apoyará también en las conclusiones de que Comte nunca basó su propuesta en un estudio de la historia de la ciencias y de las tecnológí-

as (Barona, 1994). Las discusiones de la referencia se apoyarán en las lecturas de los originales compilados en <http://web.lemoyne.edu/~giunta/paperabc.html>

Después de trabajada en el aula cada temática, se aplicarán de nuevo las mismas pruebas. Si los resultados obtenidos hablan a favor de que los estudiantes han podido elaborar los modelos que conforman a la termodinámica clásica, con base en una representación icónico-tecnológica de cada uno de esos modelos, delimitándolos analíticamente como sistemas, empleando y desarrollando matemáticamente las leyes a que dan lugar los conceptos métricos específicos, se podría considerar que el trabajo didáctico produjo resultados positivos

para esta asignatura, en un programa de formación inicial de profesores de química. Más allá estaría alcanzar la reelaboración de modelos para que sean de carácter hipotético-deductivos.

Se desea destacar que las consideraciones metodológicas expuestas, poseen una unidad estructural de carácter histórico-epistemológico y didáctico; esto es, las pruebas, a la vez que son maneras de identificar y caracterizar las concepciones con las cuales los profesores de ciencias en formación inicial ingresan al proceso, lo son también de evaluación y constituyen el eje del desarrollo de la estrategia didáctica; en este sentido, nada es extraño, ni se trae desde fundamentos distintos.

Referencias

- Assis, A. K. T. (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.
- Barona, J. L. (1994). *Ciencia e historia. Debates y tendencias en la historiografía de la ciencia*. Valencia: Guada.
- Caldin, E. F. (2002). The Structure of Chemistry in Relation of the Philosophy of Science. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 8, N° 2, pp. 103 – 121. <http://hyle.org/journal/issues/8-2/caldin.html>
- Comte, A. (1984). *Curso de filosofía positivista (lecciones 1 y 2). Discurso sobre el espíritu positivo*. Barcelona: Orbis.
- Crawford, B. A. y Cullin, M. (2004). Supporting prospective teachers' conceptions of modeling in science. *International Journal of Science Education*, Vol. 26, N° 11, pp. 1379 – 1401.
- Del Re, G. (2000). Models and analogies in science. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 6, N° 1, pp. 5 – 15. <http://hyle.org/journal/issues/6-1/delre.html>
- Estany, A. (2005). El papel de la historia de la ciencia en los estudios interdisciplinarios de la ciencia. En: *Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia*, S. F. Martínez y G. Guillaumin (Comp.), pp. 291 – 303. México: UNAM.
- 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), pp. 231 – 242.
- Gallego Badillo, R. (1998). *Discurso constructivista sobre las tecnologías*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Giere, R. N. (1990). *Explaining Science*. Chicago: University of Chicago Press.
- 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, N° 25, pp. 13 – 65.
- Gil Pérez, D., Guisasaola, J., Moreno, A., Cachapuz, A. (2002). Defending Constructivism in Science Education. *Science & Education*, N° 11, pp. 557 – 571.
- Gilbert, J., Boulter, C. y Rutherford, M. (1998). Models in explanations. Part 1: Horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20(1), pp. 83 – 97.
- 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*. http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol10/n1/v10_n1_a2.htm

- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. y 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), pp. 799 – 882.
- Hanson, N. R. (1958). *Observation and Explanation: A Guide to Philosophy of Science Patterns of Discovery. An Inquiry into the Conceptual Foundations of Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hodson, D. (1992). In search of meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, Vol. 14, N° 5, pp. 541 – 566.
- Islas, S. M. y Pesa, M. A. (2003). ¿Qué rol asignan los profesores de física de nivel medio a los modelos científicos y a las actividades de modelado? *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, pp. 57 – 66.
- 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, N° 1, pp. 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, N° 4, pp. 369 – 387.
- Justi, R. S. y Gilbert, J. K. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of Models and modeling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24, pp. 1273 – 1294.
- Kuhn, T. S. (1972). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lombardi, O. (1998). La noción de modelo en ciencias. *Educación en Ciencias*, Vol. II, N° 4, pp. 5 – 13.
- Mattews, M. (1994). *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
- Mayr, E. (2006). *Por qué es única la biología. Consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica*. Buenos Aires: Katz.
- Mellado Jiménez, 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 - 555). Alcoy, España: Marfil.
- Mosterín, J. (1978). La estructura de los conceptos científicos. *Investigación y Ciencia*, N° 16, pp. 82 – 93.
- Nickles, T. (2005). ¿Cuál es la relación entre la filosofía de la ciencia y la historia de la ciencia? En: *Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia*, S. F. Martínez y G. Guillaumin (Comp.), pp. 195 – 224. (Traducción de L. E. Manríquez). México: UNAM.
- 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), pp. 429 – 444.
- Raftcliffe, J. S. (1983). Notions of validity in qualitative research methodology. *Knowledge: Creation, Diffusion, Utilization*, Vol. 5., N° 2, pp. 147 – 167.
- Scerri, E. R. (1997). Has the periodic table successfully axiomatized. *Erkenntnis*, 47, pp. 229 – 343.
- Scheler, M. (1926). *Erkenntnis und Arbeit*. Leipzig: Der neue Geist.
- Tomasi, J. (1999). Towards “chemical congruence” of the models in theoretical chemistry. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 5, N° 2, pp. 79 – 115. <http://hyle.org/journal/issues/5-2/tomasi.html>
- Van Driel, R. S. y Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modeling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), pp. 1141- 1153.