

Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales

Rómulo Gallego Badillo

Grupo de Investigación Representaciones y Conceptos Científicos, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia. E-mail: rgallego@uni.pedagogica.edu.co.

Resumen: Desde una revisión de lo que el concepto de modelo científico ha significado, en este artículo se somete a consideración de la comunidad de especialistas en didáctica de las ciencias, una propuesta iconográfica e integradora de modelo para dicha didáctica, con miras a fundamentar su estatuto científico. Se dice que es un modelo integral en razón de que en él se relacionan lógicamente la mayoría de los campos de investigación que hasta el presente han delimitado los didactas de las ciencias de la naturaleza.

Palabras clave: didáctica, campos de investigación, modelo científico y modelo didáctico.

Title: An epistemological concept of model for Didactics of experimental science teaching.

Abstract: From a review of what the concept of scientific model has meant, this article is submitted to the community of specialists in science education as an iconographic and integrative proposal to the Didactics aimed at supporting its scientific statute. It is said that, it is an integral model, due to most of the research fields that up to now have been identified by the nature science analysts are logically related to it.

Keywords: teaching, research fields, scientific and didactic model.

Introducción

Un punto de partida es el consenso que parece haber en torno a la constitución de la nueva didáctica de las ciencias como una disciplina teóricamente fundamentada (Gil Pérez, Guisasola, Moreno, et al. , 2002). Se aduce, que además de otras razones, los especialistas han delimitado sus campos de saber y de investigación (Gil Pérez, Carrascosa Alis y Martínez-Terrades, 1999). Se puede sostener que estos especialistas han precisado para cada uno de esos campos los correspondientes objetos de conocimiento como un conjunto de problemas por resolver; soluciones que reformularán los marcos conceptuales y metodológicos en que se sustentan esos objetos, dando paso a otros problemas de conocimiento (Bachelard, 1979).

En este proceso de conformación hay que mencionar la primera propuesta que se hizo y que asumió la didáctica de las ciencias como una empresa racional (Aliberas, Gutiérrez e Izquierdo, 1989) desde la epistemología evolucionista de S. Toulmin (1977). Recientemente se ha

establecido, que se cuenta con un cuerpo de conocimiento que habla en favor de la didáctica como una disciplina que poseería el estatuto de una ciencia (Hodson, 1992); esto es, se cuenta ya con una ciencia de enseñar ciencias (Sanmartí e Izquierdo, 2001).

Dos planteamientos problemáticos son indispensables. El primero, referido a las estructuras conceptuales y metodológicas propias del discurso didáctico actual, en el que cada una de estas dos categorías epistemológicas habría de imbricarse para conformar una unidad de carácter hipotético deductiva. Señálense al respecto las críticas que hablan en favor de que esa relación no ha sido aún consolidada (Moreira, 1994; Solano, Jiménez-Gómez y Marín, 2000). En este mismo contexto, se requiere la indispensable depuración de las nociones generales que aún son frecuentes en el discurso didáctico, tales como capacidad, profundidad, rendimiento, entre otras.

El segundo, tiene que ver con una discusión que es menester suscitar en torno al mismo estatuto de cientificidad o estatuto científico alcanzado por la didáctica de las ciencias experimentales (Adúris-Bravo e Izquierdo Aymerich, 2002). Para alimentar el debate hay que preguntar por la existencia de teorías (Popper, 1962), paradigmas (Kuhn, 1972), programas de investigación (Lakatos, 1983) o modelos científicos propios de esta nueva didáctica. Anótese que los conceptos de teoría, de paradigma y de programa de investigación conformaron los ejes de los análisis epistemológicos realizados en la primera mitad del siglo veinte.

Aceptado que esos conceptos de teoría, de paradigma y de programa de investigación no podrían aplicarse a la nueva didáctica de las ciencias, los responsables de este artículo decidieron acudir al concepto epistemológico de modelo científico (Izquierdo, 2000). Hubo el convencimiento preliminar de que era desde donde se podría intentar proponer un fundamento que diera cuenta del estatuto científico de esta nueva didáctica. La tarea intelectual siguiente fue la de revisar e interpretar aquello que los especialistas han propuesto acerca de dicho concepto epistemológico. Para tal efecto, se estudió un trabajo anterior que tuvo como base la teoría de sistemas (Cañal y Porlán, 1987).

El concepto de modelo

En la actualidad el concepto de modelo está adquiriendo mayor importancia en la interpretación del carácter del pensamiento y de la actividad científicos (Gieryn, 1999). De conformidad con los anteriores, a continuación se examinan algunas conceptualizaciones que se han elaborado sobre el concepto de modelo. La primera de estas fue la que lo restringió a modelo mecánico o modelo mecánico formal. Se estipuló que tal restricción obedecía a la necesidad de comprender y de actuar sobre la naturaleza; naturaleza que adquiere existencia en virtud de que para ella se ha propuesto un modelo (Scheler, 1926).

M. Scheler (1926) precisa que un modelo lógico mecánico para dar cuenta de los fenómenos de la naturaleza, surge de la necesidad de pensar y percibir esos fenómenos en términos de explicaciones mecánicas formales. Agrega que un modelo de estas características ha de ser siempre factible, a partir de la elaboración previa de un pensamiento relacionante que posibilita

el ordenamiento de dichos fenómenos. Es el proceso de conocimiento el que determina ese ordenamiento y no un orden que se supone se halla en la naturaleza. La ley de ordenamiento perdurará sea cual fuere la manera como se encuentre conformada en sí la naturaleza, pues se trata de la ordenación de los hechos, no de la naturaleza en sí, sino de ella entendida como objeto de experiencias posibles. Puesto que la estructuración se hace mediante ecuaciones diferenciales, un modelo didáctico no podría ser lógico mecánico.

Se ha propuesto, igualmente, que un modelo es una estructura conceptual que sugiere un marco de ideas para un conjunto de descripciones que de otra manera no podrían ser sistematizadas. El modelo cumple esta función en virtud de que une de manera inferencial, las proposiciones que afirman algo sobre los fenómenos que en él se integran. De esta manera, su estructura es diferente de la que se supone existe en el conjunto de fenómenos de la naturaleza. El modelo concebido en esta forma, impulsa la inteligibilidad y ayuda a la comprensión de los fenómenos, ya que proporciona los canales de interconexión entre hechos que sin la existencia de los lazos inferenciales, podrían permanecer aislados e independientes unos de otros. El modelo es un espacio para explicaciones posibles y direcciones que conducen a lo no sorprendente (Hanson, 1958).

N. R. Hanson (1958) establece que la construcción de modelos es algo inherente al proceso de conocimiento; proceso este que se caracteriza por una sucesión de elaboraciones y sustituciones de modelos. Advierte que los científicos han de permanecer alerta, ya que sus ideas pueden estar inspiradas en las propiedades lógicas del modelo en sí, sin ninguna relación con los fenómenos de la naturaleza que se investigan. Pueden caer exclusivamente en el estudio del modelo y no de la relación de este con el ámbito de explicaciones del cual el modelo da cuenta. Esta concepción podría ser útil para formular un modelo didáctico, sobre todo si se busca unir mediante lazos inferenciales los distintos campos de saber y de investigación delimitados por los didactas de las ciencias de la naturaleza.

Otra versión del concepto de modelo es aquella que lo define como una serie de realizaciones que sirven durante una época de ciencia normal para definir problemas y métodos legítimos en un campo específico de investigación. Es en estas realizaciones en las que se forman generaciones sucesivas de futuros practicantes. Los modelos son siempre incompletos, ya que no abarcan todos problemas que se espera han de ser resueltos (Kuhn, 1972). T. S. Kuhn apunta que los paradigmas compartidos proporcionan modelos de los que surgen tradiciones coherentes de investigación científica. Los cambios paradigmáticos podrían ser asumidos como cambios de esos modelos científicos. Si bien el concepto de paradigma se descartó, no es atrevido afirmar que el modelo didáctico que se persigue formular cumpliría estas funciones.

También se ha afirmado que la elaboración de modelos es indispensable para probar la heurística positiva de un programa de investigación. Para este cometido se requiere la especificación del conjunto de condiciones iniciales que, a través de las leyes que las exigen y las relacionan en términos de proporcionalidad, permite la formulación de predicciones, que de cumplirse, apoyarían empíricamente el programa (Lakatos, 1983). Un

modelo es sustituido por otro, en la medida del desenvolvimiento progresivo del programa objeto de contrastación. Se reitera que para los propósitos de este artículo el concepto de programa de investigación no se considera. Sin embargo ¿Podrían asumirse las ideas alternativas de los estudiantes como condiciones previas?

Se admite igualmente, que un modelo es una construcción imaginaria y arbitraria de un conjunto de objetos o fenómenos. El modelo se formula conceptual y metodológicamente con el propósito de estudiar el comportamiento, provocado o no, de esos objetos o fenómenos. Se hace referencia al campo de trabajo denominado "modelística". Se dice que si el referente del modelo es un sistema dinámico complejo, entonces el modelo que de él se construya es necesariamente incompleto (Castro, 1992). Aquello que constituye el espacio de referencia del modelo didáctico que aquí se propone, es una organización y unas realizaciones humanas que son intrínsecamente complejas que no admitirían reducciones mecanicistas.

En la actualidad se sostiene que los modelos, de conformidad con lo que este concepto ha significado en ciencias, son por definición incompletos con respecto a los correspondientes referentes empíricos para los cuales se construyen (Tomasi 1999). Este tratadista los clasifica en materiales y abstractos, estipulando que pueden ser a su vez, icónicos, analógicos o simbólicos. Da cuenta de que en la praxis científica es frecuente encontrar jerarquías de modelos, es decir, modelos que subsumen modelos o que se construyen a partir de otros modelos. Si se tiene en cuenta esta última puntualización, el modelo didáctico que se quiere proponer tendría que ser, necesariamente, un modelo en el que se relacionarían inferencialmente los modelos que conformarían en sí cada uno de los campos de saber y de investigación de la nueva didáctica de las ciencias de la naturaleza.

Parece haber acuerdos alrededor del convencimiento de que desde Galileo las comunidades científicas han hecho uso extensivo de la categoría de modelo. En este sentido, los modelos son simplificaciones o representaciones idealizadas de los sistemas que se supone existen en la naturaleza (Del Re 2000). G. Del Re (2000) señala que los modelos son las herramientas del pensamiento científico y pueden ser de dos tipos: matemáticos o físicos, siendo los modelos físicos esenciales, no solo para describir sino también para conocer aquello que para los investigadores no es directamente accesible a los sentidos ¿Podría el modelo didáctico que aquí se propone identificar y caracterizar fenómenos que de otra manera no serían directamente observables?

Un problema es el de la relación modelos teóricos – naturaleza. Para aproximarse a una respuesta admisible se postula que los modelos son analogías de los sistemas reales; analogías que no tienen porque ser necesariamente un simple conjunto de afirmaciones. La solución ha de desprenderse del análisis del estatuto lógico de cada modelo y de sus relaciones con las evidencias observacionales que constituyen su soporte (Caldin 2002). Desde esta perspectiva el autor propone que habría que diferenciar entre modelos científicos y aquellos que no lo son. Plantea igualmente el problema de la incompletitud ya que tales evidencias observacionales no son siempre definitivas. No se puede contar con el número suficiente de datos para tomar decisiones acerca de la admisibilidad

o no de un modelo. Se introduce aquí una especie de incertidumbre. Si el referente de un modelo didáctico como el que aquí se propone hace referencia a algo complejo, entonces se introduce el problema epistemológico de su contrastación.

Al hablar de analogías, se hace menester establecer distinciones entre modelos y metáforas. Como se sabe, toda analogía establece relaciones de semejanza entre dos o más cosas y metáfora es transportar algo a un sentido figurado para comprenderlo. Son estos los fundamentos que se encuentran detrás de la formulación de modelos, por cuanto son formas de enlazar teorías con observaciones ya que de otra manera los modelos no podrían ser aplicados a las clases específicas de objetos o de fenómenos de los que se quiere dar cuenta explicativa y descriptivamente (Kretzenbacher, 2003). Para este autor, los modelos se elaboran para representar entidades, con miras a hacer válidas las proposiciones mediante las cuales se representan. Así, el problema de cómo un modelo cumple su función representativa, no se resuelve automáticamente con la aplicación de una metáfora científica. Es necesario especificar aquello que se entiende con el concepto de representación, acudiendo al de proposición ¿Hasta dónde el modelo didáctico puede acudir a analogías y metáforas? ¿Ha de ser de carácter propositivo?

Una síntesis es reclamada

a) El examen histórico epistemológico del desarrollo de las ciencias, permite concluir que la construcción de modelos o "modelización" por parte de las diferentes comunidades de especialistas, ha sido una necesidad preponderante.

b) Hay una pluralidad en torno a lo que cada epistemólogo conceptualiza en relación con la categoría de modelo.

c) Hay consenso en torno a la idea de que todo modelo es una representación abstracta del conjunto de interacciones que conceptual y metodológicamente se delimitan como objeto de conocimiento.

d) La estructura de un modelo científico ha de ser diferente de las descripciones de los hechos o fenómenos que enlaza de manera inferencial.

e) Se han establecido clasificaciones de los modelos que van desde taxones tales como los matemáticos y físicos, hasta aquellas que los ubican como icónicos, simbólicos y analógicos.

f) Algunos pensadores los conceptualizan como intermediarios entre los presupuestos teóricos y el ámbito de la praxis científica propiamente dicha, en el sentido de que para diseñar y realizar experimentos con miras a las indispensables contrastaciones empíricas, se requiere la elaboración de modelos apropiados.

g) Es habitual en los estudios de esta temática, concluir que muchos modelos los son de modelos, entre los cuales es factible establecer jerarquías.

Los campos de conocimiento en didáctica de las ciencias

Si como se afirmó el modelo didáctico que se desea construir ha de ser un modelo de modelos que enlace de manera inferencial algunos de los campos de saber y de investigación delimitados por los didactas de las ciencias de la naturaleza (Gil, Carrascosa y Martínez-Terrades, 1999) se entra entonces a hacer una presentación de dichos campos. El modelo se organiza a lo largo de las relaciones entre los campos de "Formación inicial y continua de profesores de ciencias", "Concepciones de los profesores de ciencias", "Estrategias de enseñanza e "Ideas alternativas del estudiantado"

La formación inicial y continua de profesores de ciencias

Mientras en el contexto académico domine el paradigma de que basta con conocer una ciencia para enseñarla, que la enseñanza procede principalmente por transmisión verbal de contenidos y el aprendizaje del oficio de profesor se limite a la observación e imitación, emergerá el problema de la formación inicial y continua de profesores de ciencias. Por el contrario, la formación inicial y continua de profesores de ciencias, como campo sistemático de investigación (Mellado, 1999), ha permitido identificar una problemática, cuyos componentes se identifican a continuación.

Se ha destacado, por ejemplo, la poca influencia que tienen los cursos de didáctica específica en la formación del profesorado de ciencias (Pérez y Gimeno, 1992); la necesidad de reformular la formación en términos de una transformación de las concepciones con las que los profesores ingresan al proceso; transformación que se hace necesaria, dados los cambios e innovaciones que al respecto se han propuesto (Mellado, 1996). Enfrentar la formación desde esta perspectiva, se afirma cuando los resultados de las investigaciones hablan en favor de que el profesorado de los futuros docentes posee una visión espontánea sobre la enseñanza de las ciencias. Esa visión es tomada de los cursos específicos de las disciplinas de futura docencia cuando ese profesorado fue alumno en sus respectivas universidades. (Mellado y González, 2000). Algunas de estas investigaciones destacan que tales profesores, sin formación pedagógica y didáctica, tienden a adoptar modelos tradicionales o tradicionales / técnicos (Freitas, 1999). En consecuencia, y por tratarse de aspirantes a profesores de ciencias experimentales es importante identificar las concepciones dentro de las cuales son formados, debido a que ellas influirán directamente en sus futuras prácticas de aula.

En el grupo de investigación (Grupo IREC) se ha venido discutiendo un núcleo de problemáticas que podría orientar la formación inicial y continua de profesores de ciencias, como se muestra en la figura 1.

Si se puede afirmar que este campo conforma un modelo, entonces los componentes anotados H-E, Mc, D y P, como concepciones y actividades, constituirían los elementos centrales de dicho modelo. En él las relaciones inferenciales serían múltiples e identificarían y caracterizarían aquellas con las cuales ingresan al proceso quienes inician su formación como profesores de ciencias. Al mismo tiempo, determinarían aquellas concepciones hacia las cuales se espera que muden.

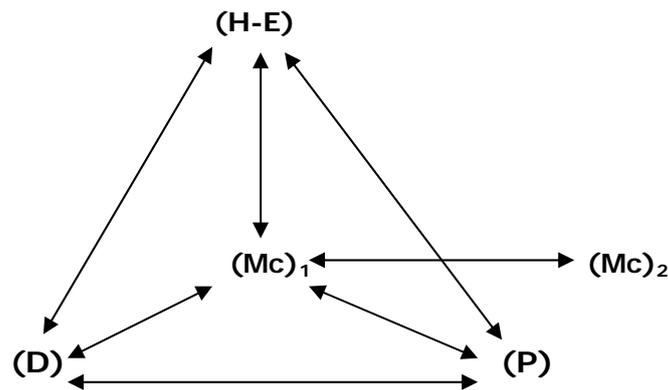


Figura 1.- Núcleo problemático para un diseño curricular. H-E, Análisis histórico epistemológico; Mc, Modelo Científico; D, Campos de la didáctica de las ciencias, P, los problemas pedagógicos de la educación en ciencias, lo educativo de ellas y la educabilidad que se propicia con cada modelo científico didactizado. (Gallego Badillo y Gallego Torres, 2003)

Las concepciones de los profesores de ciencias

La investigación en este campo didáctico posee una larga trayectoria. Señálense, en particular, los trabajos acerca de las ideas epistemológicas, pedagógicas y didácticas (Gallego Badillo y Pérez Miranda, 2002), precedidos por trabajos de mayor alcance (Porlán, 1989), que dieron lugar al campo general identificado como "el pensamiento del profesor" (Gallego Arrufat, 1991). Estas concepciones, de conformidad con lo afirmado en el párrafo anterior, serían las histórico epistemológicas, las didácticas y las pedagógicas, en específica relación con cada modelo científico.

Aquí es indispensable identificar y caracterizar la concepción de historia y de epistemología general y específica. La de historia por cuanto puede existir una idea lineal y acumulativa del desarrollo del pensamiento y de la actividad científica en relación con la concepción de ciencia que el profesor ha elaborado. Epistemología específica, en el sentido del dominio de la lógica interna de la estructura conceptual y metodológica de cada modelo científico. Los problemas que resolvió y aquel o aquellos cuyas soluciones no fueron satisfactorias y que condujo a la respectiva comunidad de especialistas a formular el modelo que lo sustituyó. Las diversas relaciones que se pueden establecer con estos elementos dan pie para pensar que las concepciones de los profesores configuran igualmente un modelo.

La enseñabilidad y la enseñanza como problemas didácticos

Aún cuando se hicieron intentos de conceptualización anteriores (Gallego Badillo y Pérez Miranda, 1999), las reelaboraciones logradas en el interior del Grupo IREC, proponen que el problema de la enseñabilidad de una ciencia en general, y específicamente de sus modelos científicos se formularía y resolvería desde lo que un grupo de especialistas franceses en educación matemática han denominado transposición (Chevallard, 1985) o los ingleses recontextualización didáctica; propuestas estas que han sido recientemente retomadas en las investigaciones dentro de la ciencia de enseñar ciencias (Cajas, 2001; Jiménez y Perales, 2001).

Toda transposición o recontextualización didáctica transforma la ciencia practicada por los científicos en ciencia escolar o escolarizada o, de otra manera, en ciencia didactizada. Transposición o recontextualización que depende de las interpretaciones que el didacta hace de las intencionalidades curriculares del grado y nivel del sistema educativo del que se trate. Esas intencionalidades obedecen a y son justificadas dentro del proyecto cultural, social, político y económico que establece qué concepción de ciencia y para qué se pretende socializarla entre los futuros ciudadanos y ciudadanas. Dentro de esta puntualización se retoma el discurso de que toda transposición, en principio, elabora un modelo didáctico de cada modelo científico (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001). Este retomar cabe dentro de lo estipulado de que el modelo didáctico que se quiere someter a discusión de la comunidad de especialistas es un modelo de modelos. Incorporaría, por supuesto, la idea de que los modelos didácticos producto de la transposición de cada uno de los modelos científicos que se hacen contenido curricular, serían tantos cuantos fueran posibles de conformidad con la interpretación de las intencionalidades curriculares que hiciese cada didacta.

La multiplicidad de transposiciones para cada interpretación de las intencionalidades curriculares, se encuentra determinada por las concepciones epistemológicas, didácticas y pedagógicas de quien o quienes profesionalmente ejercen como didactas de las ciencias. Es así, por cuanto es desde ellas que interpretan los originales en los que se propusieron y se desarrollaron, fueron aceptados y abandonados dichos modelos científicos por la respectiva comunidad de especialistas. En cuanto a los originales se hace alusión a los artículos publicados en las revistas especializadas en las que se sometieron esos modelos a la consideración crítica de la respectiva comunidad de especialistas. Así, por ejemplo, podría traerse a cuento la historia del desarrollo de la construcción, admisión y sustitución de los modelos atómicos, desde J. J. Thomsom, pasando por Rutherford, hasta Bohr, si se quiere. Se es conciente de que el punto de vista que se toma es restringido al caso de la física. Sin embargo en las otras ciencias de la naturaleza la idea de originales podría extenderse a libros en los que los nuevos modelos cumplieron históricamente el mismo cometido.

Se propone que cualquier transposición parte de unos supuestos didácticos para hacer de cada modelo científico objeto de trabajo en el aula. El reordenamiento que la transposición introduce lleva consigo los lineamientos de aquello que se espera ha de producirse en el trabajo con los estudiantes. Los supuestos especificados para cada población estudiantil son los que han de ser contrastados en el aula. Dicha contrastación se realiza a través de la formulación y práctica de las estrategias de enseñanza correspondientes. De esta manera, el desempeño profesional del didacta de las ciencias se convierte en investigativo. Las estrategias de enseñanza dejan de ser meros algoritmos, puesto que han sido transformadas en el componente metodológico del proceso.

Subráyese que en la actualidad y como consecuencia del desarrollo del conocimiento en didáctica de las ciencias, la enseñanza como problema didáctico parece haber superado los propósitos habituales referidos a la criticada transmisión verbal de contenidos curriculares. Desde las elaboraciones acerca del concepto epistemológico de modelo científico, dicho problema se está centrando en la intencionalidad de que los

estudiantes se sumerjan en la dinámica de esta problemática didáctica (Islas y Pesa, 2003; Justi, 2002). La nueva didáctica de las ciencias se halla elaborando otro sentido de la enseñanza.

Las ideas alternativas de los estudiantes

Como campo de conocimiento e investigación, dentro de la nueva didáctica de las ciencias (Furió, 1996; Pozo, 1996) puede decirse de ellas que de acuerdo con los resultados arrojados por la investigación didáctica, son ya una especie de saber básico (Kuhn, 1972; Lakatos, 1983). Su reconocimiento introduce críticas a los paradigmas habituales y su desconocimiento es propio del de la transmisión repetición de contenidos curriculares. En este campo se han llevado a cabo muchas investigaciones puntuales en cuanto a que se han ocupado de teorías, modelos o conceptos específicos. El lector interesado puede remitirse a las revistas especializadas.

La identificación y caracterización de las ideas alternativas de los estudiantes ha de hacerse también con base en cada modelo científico que se hace objeto de trabajo en el aula. Esa identificación y caracterización ha de apuntar a los aspectos históricos y a los relacionados con la epistemología general y específica. En el caso de los estudiantes que inician su formación como profesores de ciencias (Profesores en formación) la identificación y la caracterización hay que extenderlas a las concepciones didácticas y pedagógicas, particularmente a la imagen de profesor de ciencias y de la enseñanza que han elaborado. Concebidas de esta manera, las ideas alternativas conforman igualmente un modelo. Ese modelo integra la imagen de ciencia, de actividad científica, del desarrollo histórico, de la enseñanza y del papel del profesor de ciencias.

La confiabilidad de los textos de enseñanza

Unos interrogantes de partida ¿Existe correspondencia entre el desarrollo histórico de cada ciencia y la estructura en capítulos o unidades temáticas que presentan los textos de enseñanza? ¿Es factible que el didacta elabore otra organización? ¿Desde dónde entrar a formular el problema de la confiabilidad de tales textos? ¿Qué clase de ciencia ponen en circulación y para qué contextos sociales, culturales, políticos y económicos?

El análisis de tales textos es de vieja data. Sin embargo, con la introducción del problema de la transposición o recontextualización didáctica dicho análisis sufrió, sobre todo en el campo de las ciencias experimentales, una reconceptualización (Gándara, Gil, y Sanmartí. 2002; Jiménez y Perales. 2001; Perales y Jiménez. 2002; Cajas, 2001; González, García y Martínez, 2003). La problemática central es ¿Qué imagen de cada ciencia transmiten los textos? ¿De qué manera la organización de los capítulos obedece o no a una reconstrucción histórica? ¿Qué concepción didáctica y de la enseñanza impone a estudiantes y profesores?

El problema de la evaluación

El concepto de evaluación en didáctica de las ciencias ha dejado en claro que no se refiere al acto habitual de calificar. Esta práctica se halla ligada a las concepciones epistemológicas, didácticas y pedagógicas de profesores,

directivos académico-administrativos y de las autoridades que en los ministerios de educación toman decisiones al respecto. En este sentido y en la delimitación de los efectos no lineales de las estrategias de enseñanza, se exige precisar rigurosamente qué es lo que se persigue con la evaluación dentro de una concepción específica de aprendizaje y cuál es el parámetro de calidad que sirve de base para un juicio de ese aprendizaje.

En el interior de la constitución de la nueva didáctica de las ciencias, la evaluación ha sido objeto de reflexión y de trabajo investigativo, hasta el punto de que se ha puesto en claro que evaluar no es calificar (Alonso, Gil y Martínez-Terrades, 1996), dado que cualquier propuesta de evaluación ha de desprenderse conceptual y metodológicamente de las estrategias de enseñanza, por lo que carece de justificación una enseñanza que no contemple los resultados de este proceso como contrastación empírica de las mismas. En este orden de ideas, se ha sostenido que la evaluación es una oportunidad que se le ofrece a cada estudiante para continuar su proceso de cambio conceptual, metodológico, actitudinal y axiológico (Gallego Badillo y Pérez Miranda, 1997); esto es, para revisarse a sí mismo en relación con los desarrollos del colectivo aula y en comparación con lo admitido por la comunidad de especialistas. En la actualidad está tomando fuerza la idea de evaluación como regulación y auto regulación (Jorba y Sanmartí, 1996).

Cuando se habla de evaluación, la primera imagen que surge es la referida al aprendizaje. Esto constituye una mirada estrecha. La evaluación ha de abarcar todos los elementos que se hacen concurrir en el proceso de socializar entre las nuevas generaciones las ciencias de la naturaleza. De ser así, la evaluación configura también un modelo. En este sentido y en cuanto a la evaluación de los desempeños de los docentes, tiene que apuntar a los programas de formación inicial y continua de los que proceden los profesores o a los que se hallan vinculados.

Relaciones CTSA

El origen de este movimiento, como ya se anunció, se halla en Inglaterra desde 1976, cuando un grupo de profesores introduce en sus clases de ciencias un examen crítico de la tecnología, que se llamó, por sus siglas en inglés, STS, Science, Technology and Society. Se afirma que este movimiento estimula la enseñanza y el estudio de las ciencias, sobre todo en alumnos que no se preocupan por estos saberes al relacionarlos con las discusiones sobre aspectos humanos, éticos y políticos (Solomon, 1995).

En la enseñanza de las ciencias es manifiesta la desconexión de estas relaciones con los problemas reales del mundo. La ausencia de las relaciones CTSA es protuberante en la mayor parte de los textos de enseñanza. Se es del parecer que en algunos casos el rechazo del alumnado hacia la física y hacia la química, se debe a la imagen descontextualizada socialmente con la que se les presentan las ciencias y que hace que no sea interesante su estudio (Solbes y Vilches, 1995).

El movimiento CTSA constituye una de las orientaciones curriculares que está recibiendo mayor atención dentro de la enseñanza de las ciencias experimentales en todos y cada uno los niveles educativos de los países en que ha sido acogido. Como se anotó, su desarrollo se concreta

especialmente en la formulación de diversos proyectos curriculares y ha adquirido tal importancia, que se reconoce como un punto de partida para la reforma de la educación en ciencias en los diversas naciones del mundo. En todos se reitera que la intencionalidad específica es la de formar ciudadanos científica y tecnológicamente alfabetizados (Membiela, 1995). Se puntualiza que la historia de las ciencias constituye una fuente de gran ayuda (Esteban, 2003).

Cuando se analizan los conceptos que los especialistas en este campo han construido, resulta indiscutible que tales conceptos se pueden relacionar unos con otros para estipular que se trata también de un modelo. Incluso, los diferentes puntos de vista que sostienen a partir de conceptos compartidos. Compartir conceptos no implica que no sea sostenible un punto de vista contrario.

De las intencionalidades curriculares

Estas son fijadas por los sistemas educativos de cada uno de los países. Esos sistemas se encuentran en relación dialéctica con el proyecto social, cultural, político y económico que cada nación ha sabido darse. Para el caso que se trata en este artículo, las intencionalidades curriculares determinan qué imagen de ciencia y de actividad científica se debe socializar entre las nuevas generaciones. Esa imagen es producto de construcciones históricas y culturales. Es esta la lectura que tiene que realizar el didacta para llevar a cabo la correspondiente transposición o recontextualización didáctica.

Como consecuencia de la globalización, los sistemas educativos están imponiendo una enseñanza dirigida a la construcción de competencias cognoscitivas (Gallego Badillo, 1999), en los niveles básicos y medios. En el caso de las ciencias de la naturaleza, las definiciones que parecen estar imperando se afinan en aproximaciones empiropositivistas que privilegian las actitudes científicas; actitudes científicas derivadas de la admisión de que existe un método científico. En el interior de dicha globalización se persigue regular y someter a un mismo patrón la educación toda, a través de los denominados estándares curriculares. Sobre ellos hay críticas por parte de los especialistas (Bianchini y Kelly, 2003; Pushkin, 2002). Esas críticas señalan, entre otros aspectos, que están diseñados para que los estudiantes respondan a las pruebas estandarizadas que se pretenden universalizar. Además, que no puntualizan en esa aventura del pensamiento humano que es la formulación y construcción del pensamiento y de la actividad científicos.

Aún cuando dé origen a controversias, un examen hermenéutico de las intencionalidades curriculares que orientan los sistemas educativos para los niveles básico y medio, puede concluir que se pueden ser expresadas en términos de un modelo.

La comunidad de especialistas

Se entiende por comunidad de especialistas, primero, la conformada por quienes se ocupan profesionalmente de la producción de saberes en las diferentes ciencias de la naturaleza. Segundo, la integrada por los grupos que trabajan en la construcción de conocimiento en la didáctica de esas ciencias. Estos últimos se encuentran relacionados con los anteriores debido

a que son también científicos en su área. Igualmente porque persiguen mejorar la enseñanza de las ciencias en los niveles básicos y medios del sistema educativo. Este mejoramiento ha de contribuir a que un número de jóvenes de ambos géneros opten por hacerse practicantes en un campo de las ciencias, alimentando la continuidad de esas comunidades de especialistas. Inclusive, la de los didactas.

Un modelo para la didáctica de las ciencias

Hecha la revisión de distintas conceptualizaciones sobre modelo científico y descritos de manera sucinta algunos campos de saber y de investigación, se procede a caracterizar epistemológicamente el modelo que se propone para la didáctica de las ciencias de la naturaleza:

- Es abstracto porque no hace referencia a cosas u objetos tangibles e integra en su configuración conceptualizaciones propias de los campos de conocimiento en didáctica de las ciencias seleccionados.. Hace interactuar, mediante las estrategias de enseñanza, las concepciones (epistemológicas, didácticas y pedagógicas) del profesor de ciencias con las ideas alternativas del estudiantado.

- Se considera que cada campo es en sí un modelo, de manera que el modelo que aquí se propone es un modelo de modelos. En él se podrían establecer jerarquías.

- Es icónico ya que introduce una representación en la que se recoge la problemática de la que se ocupan los didactas de las ciencias de la naturaleza.

- Enlaza de manera inferencial y sin obediencia estricta a la ley simple de causalidad cada uno de los campos que integra.

Cabe recordar que en este artículo se descartaron los conceptos de teoría (Popper, 1962), de paradigma (Kuhn, 1972) y de programa de investigación (Lakatos, 1983). Si se toma como ejemplo de teoría el libro de la *Principia* de Newton, se tiene que está escrito siguiendo a Euclides; está elaborado con definiciones, axiomas y corolarios. Por su parte, el concepto de paradigma se afirma que viene después de aceptada una nueva teoría científica. I. Lakatos por su parte, pone como ejemplo de núcleo firme las tres leyes de Newton y la de la gravitación universal. En la nueva didáctica de las ciencias esto no sería posible.

Dentro de esta mirada es al concepto de modelo, de modelo didáctico al que se acude para darle un estatuto científico a la nueva didáctica de las ciencias de la naturaleza. En esto se ha de ser claro. Tal como se representa en el grafo siguiente el modelo es en sí un discurso didáctico. Enlaza inferencialmente las estructuras conceptuales y metodológicas de los campos o modelos que en él se relacionan. Cuales quiera de esos campos puede tomarse como punto de partida para construir un discurso admisible. Los diferentes campos por los que se opte, podrían generar variaciones admisibles sobre el discurso. En esto radicaría la heurística de este modelo.

En todo caso, aquello que se considera punto de partida necesario para un examen del estatuto científico de la nueva didáctica de las ciencias experimentales, es el de permitirles a quienes de ella se ocupan, que construyan un discurso en el que se dé cuenta de la totalidad que el modelo

recoge, dejando de lado compartimentos estancos, para los cuales las elaboraciones teóricas sean acusadas de carencia de unificación conceptual y metodológica.

Como puede observarse en el grafo, las conexiones entre modelos poseen una doble dirección. Ello significa que todos los componentes del modelo son implicados mutuamente. Están en el mismo nivel de significación conceptual y metodológica. Esto eliminaría en principio, las jerarquizaciones. No obstante, cualquier didacta podría introducirlas.

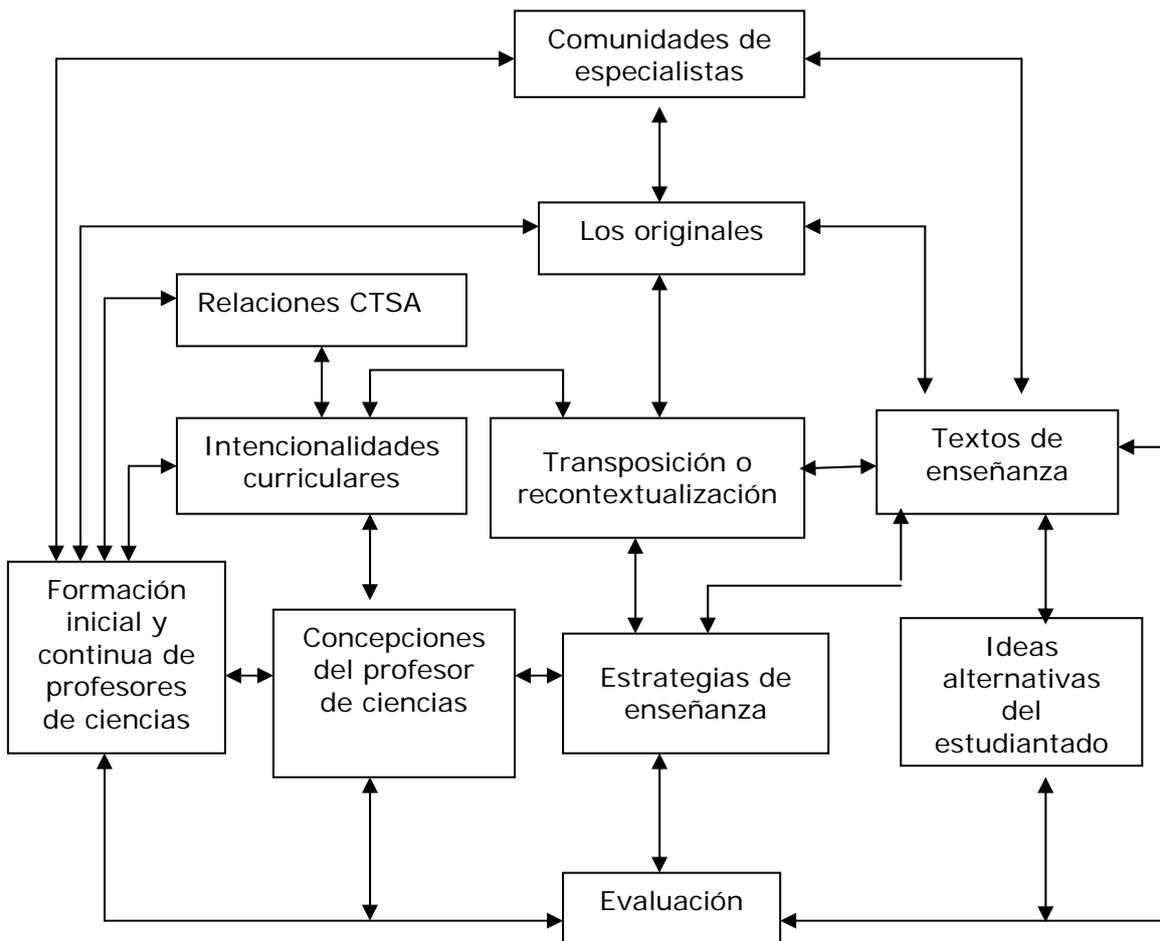


Figura 2.- Representación del modelo que se propone.

El modelo conserva la autonomía relativa de cada campo de saber y de investigación, pero deja sentado que no es independiente de los demás. Por tanto, un trabajo posterior que se adelante, podría ocuparse de uno cualquiera de los campos con los que se encuentra imbricado de manera inferencial. Incluso, las conexiones serían el fundamento para la formulación de un programa didáctico de investigación a mediano y largo plazo. Ese programa establecería y contrastaría relaciones no sospechadas hasta el presente.

La estructura que se le ha conferido al modelo da pie para la construcción de nuevos campos de saber y de investigación. La introducción de estos nuevos campos podría producir distintas relaciones y modificaciones

sustantivas en el modelo. Estas modificaciones harían necesario el abandono de este modelo y su sustitución por otro de mejor heurística.

Por otro lado, el modelo permite estudiar de manera sistemática un sistema educativo dado y cualquier institución escolar, en cuanto a las ciencias de la naturaleza y desde los presupuestos de la nueva didáctica. La holística del modelo destaca que la formación inicial y continua de profesores de estas ciencias, se encuentra inmersa en cada sistema educativo. Que se desprende de las intencionalidades curriculares generales que el sistema establece. Esas intencionalidades, como se anotó, están ligadas dialécticamente con el proyecto social, cultural, político y económico. Todo en cuanto a la imagen de ciencia y de actividad científica que se persigue socializar entre las nuevas generaciones.

Subráyese que cuando aquí se puntualiza en programas de formación inicial y continua de profesores de ciencias, se hace referencia a aquellos profesionales que se desempeñarán en los niveles de la educación básica y media de los sistemas educativos o si se prefiere en la educación anterior a la universitaria, preferentemente. El modelo que se somete a discusión de la comunidad de especialistas en didáctica de las ciencias crea un nuevo modelo para esos programas académicos. Introduce a los futuros docentes en una fundamentación científica de su profesión. Los involucra críticamente en una elaboración que los saca de la concepción habitual que los reduce a ser simples operarios de un sistema educativo.

Se trata de un profesional en didáctica de las ciencias de la naturaleza al que se le ha brindado la oportunidad de conocer los originales en los que se propusieron y desarrollaron los diferentes modelos científicos que con sus estudiantes ha de hacer objeto de trabajo en el aula. Desde este contexto, ha examinado críticamente la transposición o recontextualización didáctica que proponen los textos de enseñanza. Da cuenta del desarrollo histórico de los saberes científicos y ha elaborado una versión de ellos que no obedece a una simple acumulación lineal de descubrimientos, de conformidad con la lógica inductiva. Posee un discurso en torno a los impactos causados por la concepción de mundo y las relaciones entre los seres humanos, por las sustituciones históricas de los modelos científicos.

No posee una imagen ingenua de dicho impacto social, cultural, político y económico. Por fuera de la imagen que vendió Julio Verne, es consciente de que las ciencias de la naturaleza, por su identidad y los propósitos de los grupos que producen saber en cada una de ellas, no persiguen resolver todos los problemas de la humanidad. Los científicos tan solo intentan resolver los problemas conceptuales y metodológicos de los cuales se ocupan. Además de la construcción de que las ciencias han obedecido a una elaboración comunitaria (Hodson, 1985), desde sus compromisos profesionales sabe que las distintas ciencias de la naturaleza son sistemas de producción de saber y de mercancía; constitución ésta dentro de la cual el saber científico posee la misma valoración. No se diga que en la competencia por lograr financiaciones, los científicos mienten (Di Trocchio, 1995).

A manera de conclusión

Se desea dejar sentado que se trata de una propuesta que ha sido elaborada y discutida en el seno del Grupo de Investigación Representaciones y Conceptos Científicos (Grupo IREC), que es dirigido por el autor del presente artículo. Sin embargo, no compromete en sus puntualizaciones a los demás integrantes de dicho grupo. Se ha partido de una reconstrucción de la lectura de un artículo acerca de la constitución de la didáctica de las ciencias como un campo de conocimientos (Gil, Carrascosa y Martínez-Terrades, 1999), por lo que la responsabilidad es, como se subrayó, del autor.

Existe el convencimiento de que el modelo recoge un discurso que integra todos aquellos que dan cuenta descriptiva y explicativamente de cada uno de los campos de saber y de investigación en los que trabajan los diferentes grupos de especialistas en didáctica de las ciencias de la naturaleza. Es heurístico. Miradas del modelo desde otros esquemas pueden introducir reorganizaciones que serán variaciones sobre el mismo tema. Desde él se pueden proponer otros componentes que establecerían otras relaciones de doble vía, una estructura análoga u otra totalmente distinta.

A partir del modelo son dables estudios acerca de cómo se lleva a cabo en los niveles básicos y medios de los sistemas educativos la socialización del desarrollo histórico del pensamiento y la actividad científica entre las nuevas generaciones. Esta misma intencionalidad investigativa se puede llevar a cabo en cualquier institución escolar. Recoge el problema de la confiabilidad de los textos de enseñanza y su uso indiscriminado y estandarizado (Sanmartí, 2000) Examinado con detenimiento, sugiere un fundamento diferente al habitual, en lo concerniente a la manera como se planean y llevan a la práctica los contenidos curriculares de ciencias en esas instituciones.

De ser admitido, podría tomarse como base para reformular los proyectos curriculares de formación inicial y continua de profesores de ciencias. En relación con estos, habría que introducir una nueva versión acerca de la pedagogía de las ciencias de la naturaleza. Al respecto, se es del parecer que esa pedagogía de las ciencias se ocuparía de estudiar problemas como los siguientes: La educación en ciencias de las nuevas generaciones que buscan las intencionalidades curriculares de los niveles básico y medio (educación secundaria). Educación en ciencias y educación científica son en este contexto conceptual y metodológicamente diferentes. Educación en ciencias que no es una traducción al castellano de la expresión inglesa "Science education". Lo educativo de las ciencias, que es un problema de los pedagogos y que se halla estrechamente relacionado con la transposición didáctica que hace de cada modelo científico objeto de trabajo en el aula. La educabilidad que se busca propiciar al convertir dichos modelos en contenidos curriculares. Los tres problemas como fundamento en el marco de la intencionalidad de hacer que las nuevas generaciones pertenezcan a una sociedad afectada por los productos de la investigación científica y tecnológica.

Se esperan las críticas de los integrantes de la comunidad de especialistas en didáctica de las ciencias; mecanismo este que ha sido una constancia en el desarrollo histórico de las ciencias.

Agradecimientos

El autor pone de presente el apoyo financiero recibido por el sistema de investigación Universidad Pedagógica Nacional – CIUP.

Referencias bibliográficas

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

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

Alonso, M., Gil Pérez, D. y J. Martínez-Torregrosa (1996). Evaluar no es calificar. La evaluación y la calificación en la enseñanza constructivista de las Ciencias. *Investigación en la Escuela*, 30, 15–26.

Bachelard, G. (1979). *El racionalismo aplicado*. Buenos Aires: Paidós.

Bianchini, J.A. y G.J. Kelly (2003). Challenges of standards-Based reform: The example of California's science content standards and textbook adoption process. *Science Education*, 86(3), 378–389.

Cajas F. (2001). Alfabetización Científica y Tecnológica: La Transposición Didáctica del conocimiento tecnológico. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 243-254.

Caldin, E.F. (2002). The Structure of Chemistry In Relation to the Philosophy of Science. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, 8, 2, 103–121. En: <http://.hyle.org/journal/issues/8-2/caldin.html>

Cañal, P. y R. Porlán (1987). Investigando la realidad próxima: Un modelo didáctico alternativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(2), 89-96.

Castro, E. A.(1992). El empleo de modelos en la enseñanza de la química. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 73–79.

Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensée Sauvage.

Di Trocchio, F. (1995). *Las mentiras de la ciencia ¿Por qué y cómo engañan los científicos*. Madrid: Alianza.

Del Re, G. (2000). Models and analogies in science. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, 6, 1, 5–15. En: <http://www.hyle.org/journal/issues/6/delre.htm>

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*, 2, 3. En: <http://www.saum.uvigo.es/rec>.

Freitas, I. (1999). *El papel de la resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias: Concepciones y prácticas de profesores con y sin experiencia en la docencia*. (Tesis Doctoral). Huelva: Universidad de Huelva.

Furió, C. (1996). Las concepciones alternativas del alumnado. Dos décadas de Investigación. Resultados y tendencias. Alambique. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 7, 7–17.

Galagovsky, L. y A. Adúris-Bravo (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 Arrufat, (1991). Investigaciones sobre los pensamientos del profesor. Aproximaciones al estudio de las teorías y creencias de los profesores. *Revista Española de Pedagogía*, 189, 287–325.

Gallego Badillo, R. y R. Pérez Miranda 1997. *La enseñanza de las ciencias experimentales*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.

Gallego Badillo, R. (1999). *Competencias cognoscitivas. Un punto de vista epistemológico, pedagógico y didáctico*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.

Gallego Badillo, R. y R. Pérez Miranda (1999). Aprendibilidad, enseñabilidad y educabilidad en las ciencias experimentales. *Revista de Educación y Pedagogía*, XI, 25, 87–118.

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

Gallego Baillo R. y A.P. Gallego Torres (2003). La formación inicial de profesores de ciencias: un problema didáctico y curricular. *Tecné, Episteme y Didaxis*, Número Extra, 66 – 74.

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

Giere, R. (1999). Del realismo constructivo al realismo perspectivo. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, 9 - 13.

Gil Pérez, D.; Carrascosa Alis, J. y F. Martínez-Terrades (1999). El surgimiento de la didáctica de las ciencias como campo específico de conocimientos. *Revista de Educación y Pedagogía*, XI, 25, 13–65.

Gil Pérez, D.; Guisasola, J.; Moreno, A. et. al. (2002). Defending Constructivism in Science Education. *Science & Education*, 11, 557–571.

González, C.; García, S. y C. Martínez (2003). ¿A qué contenidos relacionados con la fotosíntesis dan más importancia los textos escolares de secundaria?. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, 77-88.

Hanson, R.H. (1958). *Observation and Explanation: A guide to Philosophy of Science. Patterns of Discovery. And Inquiry into the Conceptual Foundation of Science*. Cambridge: University Press.

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*, 14, 5, 541–566.

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

Islas, S.M. y M.A. Pesa, (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, 57–66.

Izquierdo, M. (2000). Fundamentos epistemológicos. En F. J. Perales y P. Cañal (Ed.), *Didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 35-64). Alcoy (España): Marfil.

Jiménez, J. y F.J. Perales (2001). Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de texto de Física y Química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 3-19.

Jorba, J. y N. Sanmartí (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 the education of modelers. *International Journal of Science Education*, 24, 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*, 9, 2, 191–218. En: <http://www.hyle.org/journal/issues/9-2/kretzenbacher.htm>

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. y T. González (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.

Mellado, V. (1996). Concepciones y prácticas del aula de profesores de ciencias en formación inicial de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 289–302.

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.

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

Moreira, M.A. (1994). Diez años de la revista Enseñanza de las Ciencias: De una ilusión a una realidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 147–153.

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

Pérez, A. y J. Gimeno (1992). El pensamiento pedagógico de los profesores: Un estudio empírico sobre la incidencia de los cursos de aptitud pedagógica (CAP) y de la experiencia profesional en el pensamiento de los profesores. *Investigación en la Escuela*, 39, 51–73.

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*, 7, 18–26.

Pushkin, D. (2002). Atheoretical nature of the national science education standars: There's more theory than we think-A response to Thomas Shiland. *Science Education*, 86(2), 161 – 166.

Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En F.J. Perales y P. Cañal (Eds.), *Didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 239-266). Alcoy (España): Marfil.

Sanmartí, N. y M. Izquierdo (2001). Cambio y conservación en la enseñanza de las ciencias ante las TIC. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 29, 71–83.

Scheler, R. (1926). *Erkenntnis und Arbeit*. Leipzig: Der Neue Geist.

Solano, I.; Jiménez-Gómez, E. y N. Marín (2000). Análisis de la metodología utilizada en la búsqueda de "lo que el alumno ya sabe" sobre fuerza. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 171–188.

Solbes, J. y A. Vilches (1995). El profesorado y las actividades CTS. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, No. 3, 30–38.

Solomon, J. (1995). El estudio de la tecnología en la educación. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 3, 13 – 18.

Tomasi, J. (1999). Towards "chemical congruence" of the models in theoretical chemistry. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, 5, 2, 79–115. En: <http://.hyle.org/journal/issues/5/tomasi.html>

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

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